

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». Издаётся 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)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Тамахина А. Я. – д-р с.-х. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айсанов З. М. – д-р с.-х. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Анахаев К. Н. – д-р техн. наук, проф.,
Институт прикладной математики и автоматизации
Кабардино-Балкарского научного центра РАН
(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)
Гварамя 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)
Караева Ф. Е. – д-р экон. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

Кожиков М. К. – д-р биол. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Курасов В. С. – д-р техн. наук, доц.,
Кубанский ГАУ (Краснодар, 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)
Мукаиллов М. Д. – д-р с.-х. наук, проф.,
Дагестанский ГАУ (Махачкала, Россия)
Назранов Х. М. – д-р с.-х. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Несмианов 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)
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)

ASSISTANT CHIEF EDITOR:

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

EXECUTIVE EDITOR:

Tamakhina A. Ya. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EDITORIAL BOARD:

Aisanov Z.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Anakhaev K.Kh. – Prof., Dr. Sci.,
Institute of Applied Mathematics and Automation
Kabardino-Balkarian Scientific Center of the
Russian Academy of Sciences (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)
Karaeva F. E. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

Kozhokov M. K. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Kurasov V.S. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kuban SAU (Krasnodar, 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)
Mukailov M. D. – Prof., Dr. Sci., Dagestan State Agrarian
University (Makhachkala, Russia)
Nazranov Kh.M. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Nesmiyanov I.A. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Vologograd SAU (Vologograd, 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)
Shevkhezhev 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****Юсова О. А., Шулико Н. Н., Николаев П. Н.**

Биопрепараты как фактор изменения индексов гиперспектрального имиджинга (MRESRI, CPHL) зернофуражных культур в условиях Западной Сибири

7

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства****Горелик О. В., Харлап С. Ю., Горелик А. С.**

Особенности лактационной деятельности коров с разным уровнем продуктивности по первой лактации

15

Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Никонова Е. А., Калякина Р. Г.

Пищевая ценность мясной продукции молодняка цыгайской породы и ее помесей с эдильбаевской породой

24

Малородов В. В.

Выращивание бройлеров на глубокой подстилке при различной интенсивности циркуляции воздуха в птичниках в переходный климатический период года

31

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

Взаимосвязь индекса племенной ценности по удою и экстерьерной оценки дочерей канадских голштинов

40

Басонов О. А., Борисанова Д. В., Кулаткова А. С.

Селекционно-генетические параметры коров голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3)

49

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса****Абаев А. Х., Качмазова Э. К., Умирзоков А. М.**

Система инерционно-электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания

62

Алиев Р. К., Уртаев Т. А., Алиев К. Р.

Теоретические аспекты влияния режимов транспортирования молока в поточных линиях на процесс дестабилизации жировой фазы

71

Кудзиев К. Д., Кубалов М. А., Агузаров А. М.

Динамика поворота колесного трактора на склоне

79

Узденова Б. Л., Шекихачев Ю. А.

Повышение эффективности транспортно-технологического обслуживания процесса уборки зерновых культур

88

Шекихачева Л. З., Апшацева Д. С.

Научное обоснование мероприятий по повышению эффективности утилизации отходов животноводства для малых форм хозяйствования

96

Пищевые системы

Влащик Л. Г., Тарасенко А. В., Турбин В. А. Использование вторичных сырьевых ресурсов и растительных ингредиентов в производстве функциональных напитков	103
Жилова Р. М., Ширитова Л. Ж. Определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката	112
Сокол Н. В., Санжаровская Н. С. Комплексная оценка показателей качества и безопасности сахарного печенья, обогащенного талканом овсяным	121
Фрейджан В. Б., Аль-Хамеди М., Аль-Надхари А., Аль-Арнут С., Али Мактари М., Верхотуров В. В. Жирнокислотный состав, свойства и перспективы использования йеменского кунжутного масла	129
Храмова В. Н., Храпова Е. В., Беспалов И. В., Кумышева Ю. А. Сравнительный анализ пищевой ценности овощей, консервированных конвективным и инфракрасным методами сушки на примере лука репчатого, свёклы, моркови и картофеля	140

ЭКОНОМИКА

Региональная и отраслевая экономика

Баккуев Э. С., Энеева М. Н., Газаева М. Ш., Кунжиева Л. Х. Тревожные тенденции экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья	152
Иванова З. М., Гаджиева Н. А. Государственная поддержка как фактор обеспечения продовольственной безопасности: приоритеты и механизмы реализации	165

ЮБИЛЯРЫ

С юбилеем Батукаева А. А.	174
--------------------------------	------------

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

General Farming and Crop Production

Yusova O. A., Shuliko N. N., Nikolaev P. N.

Biologics as a factor of change in hyperspectral image indices (MRESRI, CPHL) of grain crops in Western Siberia

7

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Private Zootechnics, Feeding, Feed Preparation Technologies
and Livestock Production**Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.N.**

Features of lactation activity of cows with different levels of productivity after the first lactation

15

Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Nikonova E.A., Kalyakina R.G.

Nutritional value of meat products of young Tsigai breed and its crossbreeds with Edilbaev breed

24

Malorodov V.V.

Growing of broilers on deep litter with varying air circulation intensity in poultry houses during the transitional climatic period of the year

31

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleynsheva M.G.

The relationship between the breeding value index for milk yield and the exterior assessment of Canadian Holstein daughters

40

Basonov O.A., Borisanova D.V., Kulatkova A.S.

Selection and genetic parameters of Holstein cows depending on the polymorphism of the kappa casein gene (CSN3)

49

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Abaev A.Kh., Kachmazova E.K., Umirzokov A.M.

Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine

62

Aliyev R.K., Urtayev T.A., Aliyev K.R.

Theoretical aspects of the influence of milk transportation modes in flow lines on the process of fat phase destabilization

71

Kudziev K.D., Kubalov M.A., Aguzarov A.M.

Dynamics of turning a wheeled tractor on a slope

79

Uzdenova B.L., Shekikhachev Yu.A.

Improving the efficiency of transport and technological services for the grain harvesting process

88

Shekikhacheva L.Z., Apshatseva D.S.

Scientific substantiation of measures to improve the efficiency of animal waste disposal for small-scale farming

96

Food Systems

Vlaschik L.G., Tarasenko A.V., Turbin V.A.

Use of secondary raw materials and herbal ingredients in the production of functional beverages

103

Zhilova R.M., Shiritova L.Zh. Determination of the optimal parameters of the waffle semi-finished product baking process	112
Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S. Comprehensive assessment of quality and safety indicators of sugar cookies fortified with oat talkan	121
Frejan W.B., Al-Hamadi M., Al-Nadhary A., Al-Arnoot S., Al-Maqtari M., Verkhoturov V.V. Fatty acid composition, properties and prospects for using Yemen sesame oil	129
Khramova V.N., Khrapova E.V., Bepalov I.V., Kumysheva Yu.A. Comparative analysis of the nutritional value of vegetables preserved by convective and infrared drying methods using the example of onions, beetroot, carrots, and potatoes	140

ECONOMY

Regional and Sectoral Economy

Bakkuev E.S., Eneyeva M.N., Gazaeva M.Sh., Kunizheva L.Kh. Alarming trends in the export and import of food products and agricultural raw materials	152
Ivanova Z.M., Hajiyeva N.A. State support as a factor in ensuring food security: priorities and implementation mechanisms	165

ANNIVERSARIES

Congratulations to Batukaev A.A.	174
---------------------------------------	------------

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

Научная статья

УДК 631.847.2126:633.1:631.87

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-7-14

**Биопрепараты как фактор изменения индексов гиперспектрального
имиджинга (MRESRI, CPHL) зернофуражных культур
в условиях Западной Сибири****Оксана Александровна Юсова^{✉1}, Наталья Николаевна Шулико²,
Петр Николаевич Николаев³**

Омский аграрный научный центр, проспект Королева, 26, Омск, Россия, 644012

^{✉1}yusova@anc55.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3679-8985>²shuliko-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5641-434X>³nikolaev@anc55.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5192-2967>

Аннотация. Путем применения метода гиперспектрального имиджинга получают большой объем информации о состоянии растений, выраженной вегетационными индексами, в том числе индексами хлорофилла. Хлорофилл включает два основных компонента: хлорофилл *a*; хлорофилл *b*. Они различаются по своему строению и распределению в природе. Гиперспектральный имиджинг физиологического состояния растений сельскохозяйственных культур позволяет управлять качественными и количественными показателями урожайности. Цель исследования – оценить влияние биопрепаратов на изменение индексов гиперспектрального имиджинга и урожайности зернофуражных культур для условий Омского Прииртышья. Исследования проводили в 2023, 2024 гг. в полевом опыте южной лесостепи Омской области. Объекты исследований: сорт ярового овса Сибирский геркулес; сорт ярового ячменя Омский 101; бактериальный препарат для инокуляции семян Мизорин (действующее начало *Arthrobactermysorens* 7); препарат азотфиксирующих бактерий фунгицидно-стимулирующего действия Флавобактерин (действующее начало *Flavobacterium* sp. L-30). В посевах ярового ячменя на фоне инокуляции семян Мизорином и Флавобактерином отмечено изменение индексов гиперспектрального имиджинга по отношению к контролю: MRESRI (+3,22 и 3,70 у. ед.), CPHLT (+4,13 и 0,74 у. ед.), CPHLA (+4,12 и 2,52 у. ед.); в посевах ярового овса: CPHLT (+2,52 и 1,33 у. ед.); CPHLB (+1,80 и 0,80 у. ед.); только по Флавобактерину MCARI (+3,73 у. ед.). В опытах при обработке семян ярового овса Флавобактерином сопряженность урожайности с индексами CPHLT, CPHLA, CPHLB менялась от средней положительной в 2023 г. ($r=0,332$) до сильной отрицательной в 2024 г. ($r=-0,955$). В опытах при обработке семян ярового ячменя и овса Мизорином отмечена сильная прямая корреляционная связь ($r=0,736-0,932$) урожайности с MRESRI, CPHLT, CPHLA, CPHLB.

Ключевые слова: гиперспектральный имиджинг, вегетационные индексы, биопрепараты, овес, ячмень, урожайность

Для цитирования: Юсова О. А., Шулико Н. Н., Николаев П. Н. Биопрепараты как фактор изменения индексов гиперспектрального имиджинга (MRESRI, CPHL) зернофуражных культур в условиях Западной Сибири // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 7–14. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-7-14

Original article

Biologics as a factor of change in hyperspectral image indices (MRESRI, CPHL) of grain crops in Western Siberia

Oksana A. Yusova^{✉1}, Natalya N. Shuliko², Peter N. Nikolaev³

Omsk Agrarian Scientific Center, 26 Korolev Avenue, Omsk, Russia, 644012

¹yusova@anc55.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3679-8985>

²shuliko-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5641-434X>

³nikolaev@anc55.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5192-2967>

Abstract. A large amount of information about the state of plants is obtained by applying the method of hyperspectral imaging, which is expressed by vegetation indices, including chlorophyll indices. Chlorophyll has two main components: chlorophyll a; chlorophyll b. They differ in their structure and distribution in nature. Hyperspectral imaging of the physiological state of crop plants allows you to manage qualitative and quantitative indicators of yield. The purpose of the studies is to assess the impact of biologics on changes in hyperspectral imaging indices and grain crop yields for the conditions of the Omsk Irtysh region. Studies were carried out in 2023, 2024. in the field experience of the southern forest-steppe of the Omsk region. Research objects: spring oat variety Siberian hercules, spring barley variety Omsky 101; bacterial preparation for inoculation of seeds Mizorin (active principle *Arthrobactermysorens* 7), preparation of nitrogen-fixing fungicide-stimulating bacteria Flavobacterin (active principle *Flavobacterium* sp. L-30). MRESRI (+3.22 and 3.70 units), CPHLT (+4.13 and 0.74 units), CPHLA (+4.12 and 2.52 units) changed in hyperspectral imaging indices in spring barley inoculated with Mizorin and Flavobacterin seeds unit). In spring oat crops: CPHLT (+2.52 and 1.33 units); CPHLB (+1.80 and 0.80 units); Flavobacterin MCARI only (+3.73 units). In experiments when treating spring oat seeds with Flavobacterin, the yield conjugation with the indices CPHLT, CPHLA, CPHLB changed from average positive in 2023 ($r=0.332$) to strong negative in 2024 ($r=-0.955$). In experiments with treatment of spring barley and oat seeds by Mizorin, a strong direct correlation ($r=0.736-0.932$) of yield with MRESRI, CPHLT, CPHLA, CPHLB was noted.

Keywords: hyperspectral image, vegetation index, biological product, oats, barley, yield

For citation: Yusova O.A., Shuliko N.N., Nikolaev P.N. Biologics as a factor of change in hyperspectral image indices (MRESRI, CPHL) of grain crops in Western Siberia. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):7–14. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-7-14

Введение. В настоящее время активно развиваются цифровые технологии сельскохозяйственного производства, которые позволяют осуществлять контроль за развитием растений. Одним из таких методов является спектрометрия [1]. Путем применения метода гиперспектрального имиджинга получают большой объем информации о состоянии растений, которая выражается вегетационными индексами. Они рассчитываются путем проведения различных операций с разными световыми каналами и позволяют классифицировать исследуемые объекты по состоянию биомассы [2, 3].

С помощью листового спектрометра на основе различных спектров отраженного и

поглощенного света определяется количество соединений хлорофилла, антоцианов, каротиноидов [3]. Посредством гиперспектрального имиджинга определяются в том числе индексы хлорофилла. Хлорофилл включает два основных компонента: хлорофилл *a*; хлорофилл *b*. Они различаются по своему строению и распределению в природе.

Хлорофилл *a* встречается повсеместно в организме, способном осуществлять кислородный фотосинтез, производя кислород как побочный продукт. Он обнаруживается в малых концентрациях у определенных видов бактерий, ведущих анаэробный фотосинтез [4, 5].

Второй по распространенности тип – хлорофилл *b*, встречающийся в клетках орга-

низмов, использующих кислородный фотосинтез. От хлорофилла *a* он отличается заменой метильной группы на формильную, возникающую путём окисления. Хлорофилл *b* содержится главным образом в наземных растениях вблизи фотосистемы II и в тенелюбивых хлоропластах. Биосинтез хлорофилла *b* сходен с синтезом хлорофилла *a* и осуществляется с участием фермента хлорофиллсинтазы [6–8].

Гиперспектральный имиджинг физиологического состояния растений сельскохозяйственных культур позволяет управлять качественными и количественными показателями урожайности. Эффективность внесения бактерий в ризосферу зерновых, их воздействие на продукционный процесс, а также урожайность возделываемых растений в условиях Западной Сибири изучены недостаточно [9, 10].

Цель исследования – оценить влияние биопрепаратов на изменение индексов гиперспектрального имиджинга и урожайности зернофуражных культур для условий Омского Прииртышья.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводили в 2023, 2024 гг. в полевом опыте южной лесостепи Омской области.

Объекты исследования: сорт ярового овса Сибирский геркулес; сорт ярового ячменя Омский 101; бактериальный препарат для инокуляции семян Мизорин (действующее начало *Arthrobactermysorens* 7); препарат азотфиксирующих бактерий фунгицидно-стимулирующего действия Флавобактерин (действующее начало *Flavobacterium* sp. L-30).

Норма внесения биопрепаратов 0,3 кг (л) на гектарную норму семян (1,5 кг на 1 т семян). Инокуляцию семян проводили в день посева. Посев культур выполнен в оптимальные сроки с проведением комплекса весенне-полевых работ. Площадь одной делянки 13,5 м² (15×0,9). Повторность вариантов 4-кратная. Площадь под опытом 942 м².

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднemocная среднегумусная тяжелосуглинистая с содержанием в пахотном (0–20 см) слое гумуса 6,5% (по Тюрину), общего азота 0,32% (по Кьельдалю), рН водн. 6,5. Содержание нитратного азота в почве до 10 мг/кг в слое 0–20 см (очень низкое, согласно шкале обеспеченности почвы

нитратным азотом Гамзикова Г.П.), подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 120 и 297 мг/кг (высокое и очень высокое).

Спектрометрия флаговых листьев растений проведена в фазе колошения посредством портативного миниспектрометра CI-710 по вегетационным индексам (рис. 1):

– MRESRI – модифицированный индекс простого соотношения красного края. Данный индекс применяется для оптимизации использования ресурсов, совершенствования стратегий управления растениеводством и улучшения прогнозов урожайности. Учитывая, что оптимальные значения данного индекса варьируются в пределах от 0 до 30, его увеличение явно свидетельствует о благоприятном влиянии биопрепаратов на развитие растений;

- SPHLT – общее количество хлорофилла;
- SPHLB – количество хлорофилла *b*;
- SPHLA – количество хлорофилла *a*.



Рисунок 1. Портативный миниспектрометр CI-710

Figure 1. Portable Mini Spectrometer CI-710

Статистическую обработку проводили в программах Microsoft Excel 2016 и Statistica 10.0.

Годы проведения исследований характеризовались контрастными погодными условиями (рис. 2). По уровню влагообеспеченности 2023 год характеризовался как засушливый (ГТК=0,84). Недостаток увлажнения варьировался от 13,5% в мае до 66,4% в июне; в июле сумма осадков на уровне нормы. В 2024 г. (ГТК=1,63) зафиксировано переув-

лажнение в мае и июле (в 2,5 раза выше нормы); в июне и августе недостаток увлажнения составил 16 и 18%.

Повышенные температуры воздуха в 2023 г. отмечены с мая по июль (превышение среднеголетних данных от +0,2 °C в

мае до +6,6 °C в июне). В 2024 г. повышенные температуры воздуха отмечены только в июле (на 2,0 °C); в мае недобор температур составил 3,0 °C; в июле и августе – на уровне среднеголетних.

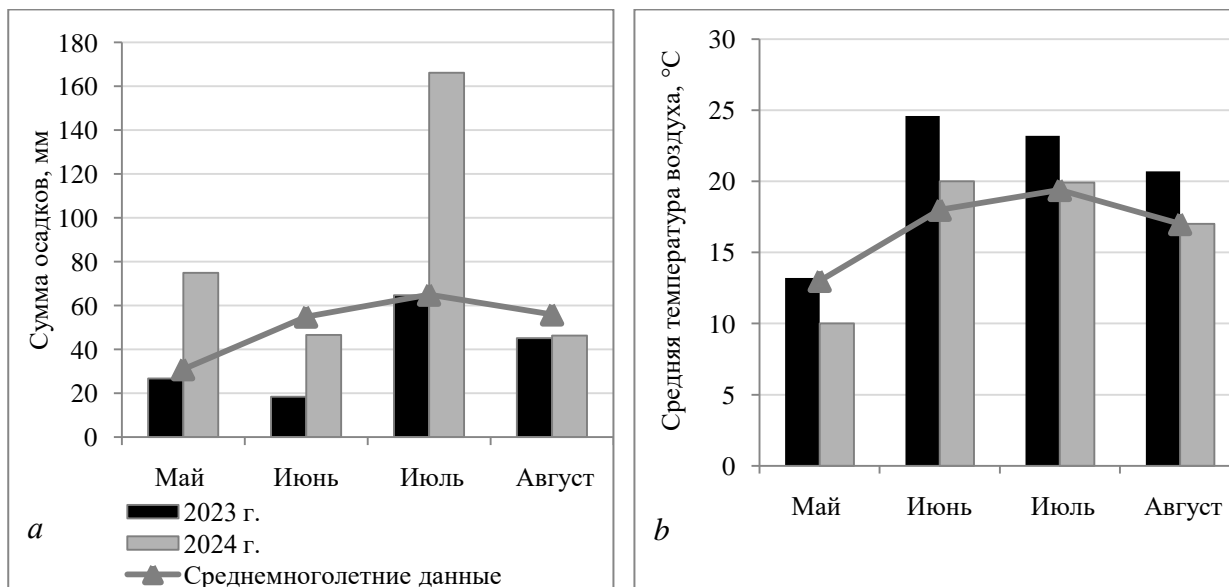


Рисунок 2. Характеристика периодов вегетации по климатическим условиям: *a* – сумма осадков, мм; *b* – средняя температура воздуха, °C

Figure 2. Characteristics of vegetation periods by climatic conditions: *a* – amount of precipitation, mm; *b* – average air temperature, °C

Результаты исследования. Предпосевная обработка семян ячменя препаратом Мизорин оказала влияние на увеличение содержания хлорофилла в растениях ярового ячменя, в частности хлорофилла *b*. Предпосевная обработка препаратами Мизорином и Флабактерином способствовала росту общего хлорофилла и хлорофилла *a*, а также модифицированного индекса простого соотношения красного края (MRESRI) (рис. 3). Изменение перечисленных вегетационных индексов гиперспектрального имиджинга в посевах ячменя отмечено в следующих диапазонах:

– MRESRI составил 5,55 у. ед. на фоне Мизорина и 6,02 у. ед. на фоне Флавобактерина (+3,22 и 3,70 у. ед. к контролю соответственно);

– СРНLT составил 27,85 у. ед. в опыте с Мизорином и 24,45 у. ед. – Флавобактерином (+4,13 и 0,74 у. ед. к контролю соответственно);

– СРНLA составил 10,49 у. ед. при инокуляции Мизорином и 8,88 у. ед. Флавобактерином (+4,12 и 2,52 у. ед. к контролю соот-

ветственно). Повышение индексов СРНLT и СРНLA на фоне применения биопрепаратов позволяет говорить об увеличении в растениях общего хлорофилла и хлорофилла *a*.

Предпосевная обработка биопрепаратами растений овса способствовала повышению значений индексов хлорофилла (общего и *b*), а также коэффициента поглощения хлорофилла.

Изменение перечисленных вегетационных индексов гиперспектрального имиджинга в посевах овса отмечено в следующих диапазонах:

– СРНLT 29,51 у. ед. на фоне Мизорина и 28,32 у. ед. – на фоне Флавобактерина (+2,52 и 1,33 у. ед. к контролю соответственно);

– СРНLB (количество хлорофилла *b*) 18,73 у. ед. с Мизорином и 17,72 у. ед. – с Флавобактерином (+1,80 и 0,80 у. ед. к контролю соответственно).

Урожайность – ключевой признак, определяющий эффективность агрономических приемов, применяемых в течение периода вегетации.

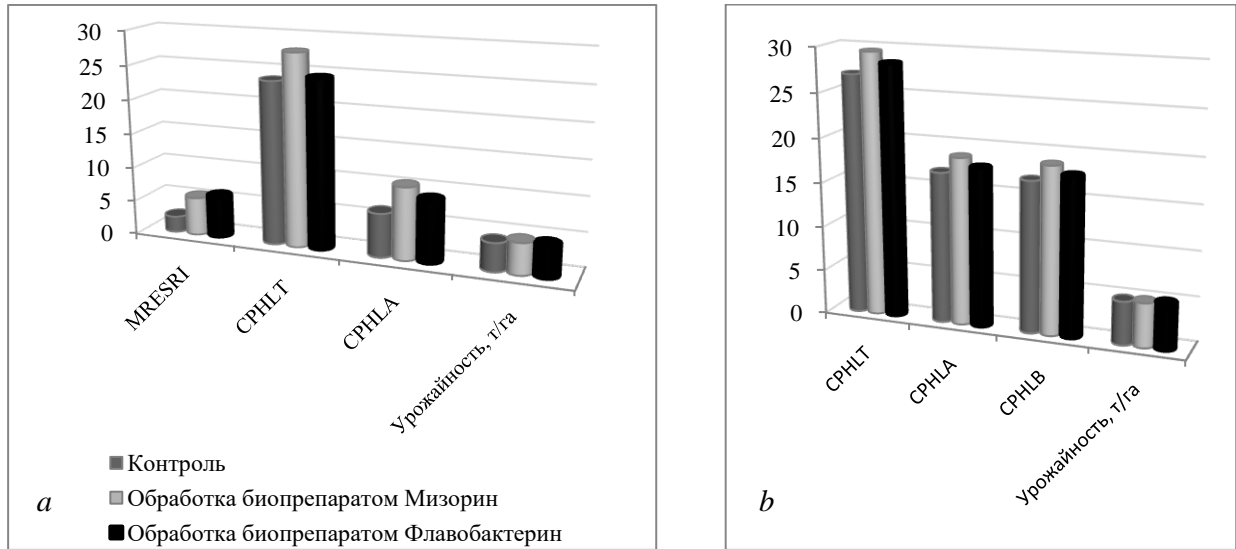


Рисунок 3. Изменение вегетационных индексов MRESRI и CPHLT в зависимости от применения биопрепаратов: *a* – яровой ячмень; *b* – яровой овес
Figure 3. Change in MRESRI and CPHL vegetation indices by biologics application: *a* – spring barley; *b* – spring oats

Достоверная прибавка к контролю по урожайности при инокуляции Мизорином у обеих культур отмечена в засушливом 2023 году (+0,69 и +0,19 т/га у ячменя и овса соответственно); при обработке Флавобактерином – в условиях переувлажненного 2024 года (+0,32 и +0,42 т/га к контролю соответственно).

О сложности взаимодействия биопрепаратов с физиологическими процессами растений и их влиянием на формировании урожайности можно судить по коэффициентам корреляции (рис. 4).

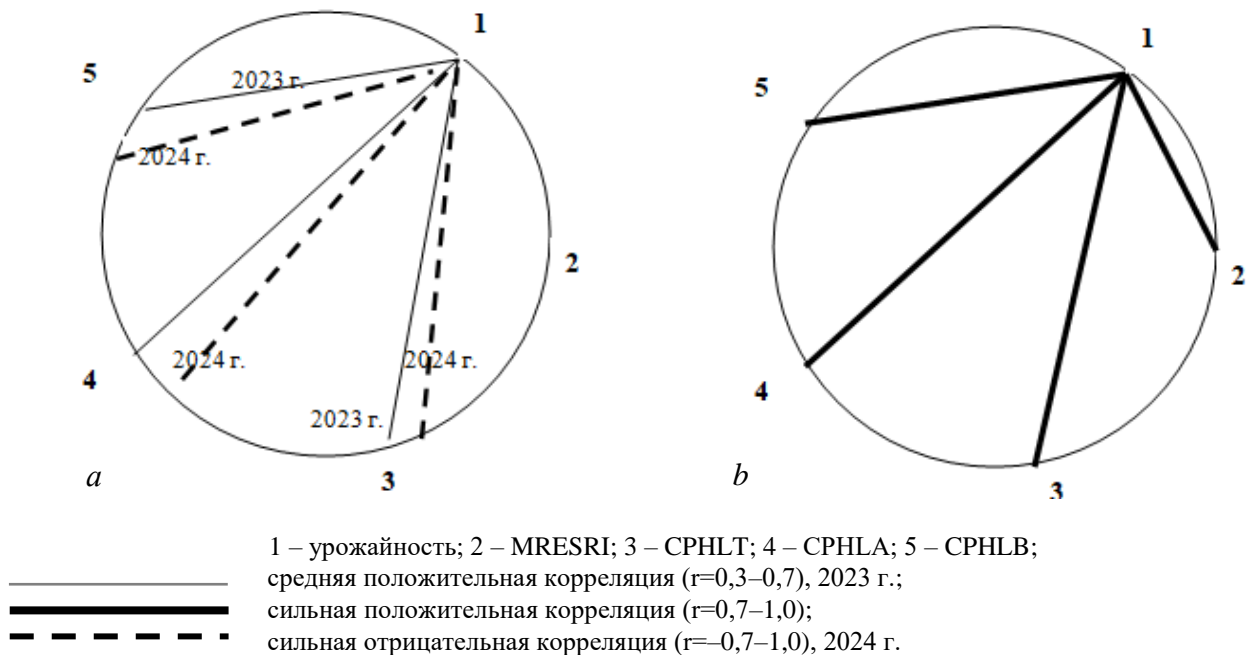


Рисунок 4. Корреляционная зависимость урожайности с индексами гиперспектрального имиджинга: *a* – обработка семян ярового овса Флавобактерином; *b* – обработка семян ярового ячменя и овса Мизорином
Figure 4. Correlation of yield with hyperspectral imaging indices: *a* – treatment of spring oat seeds with Flavobacterin; *b* – treatment of spring barley and oat seeds with Mizorin

В опытах ярового овса по Флавобактерину сопряженность урожайности с индексами CPHLT, CPHLA, CPHLB менялась от средней положительной в 2023 г. ($r=0,332$) до сильной отрицательной в 2024 г. ($r=-0,955$).

В опытах при обработке семян ярового ячменя и овса Мизорином отмечена сильная прямая корреляционная связь ($r=0,736-0,932$) урожайности с индексами гиперспектрального имиджинга MRESRI, CPHLT, CPHLA, CPHLB.

Выводы

1. В среднем за период исследований в посевах ярового ячменя отмечено изменение индексов гиперспектрального имиджинга на фоне инокуляции семян Мизорином и Флавобактерином по отношению к контролю: MRESRI (+3,22 и 3,70 у. ед.), CPHLT (+4,13 и 0,74 у. ед.), CPHLA (+4,12 и 2,52 у. ед.).

2. В среднем за период исследований в посевах ярового овса отмечено изменение индексов гиперспектрального имиджинга на фоне инокуляции семян Мизорином и Флавобактерином по отношению к контролю: CPHLT (+2,52 и 1,33 у. ед.), CPHLB (+1,80 и 0,80 у. ед.), только по Флавобактерину – MCARI (+3,73 у. ед.).

3. В опытах при обработке семян ярового овса Флавобактерином сопряженность урожайности с индексами CPHLT, CPHLA, CPHLB менялась от средней положительной в 2023 г. ($r=0,332$) до сильной отрицательной в 2024 г. ($r=-0,955$). В опытах при обработке семян ярового ячменя и овса Мизорином отмечена сильная прямая корреляционная связь ($r=0,736-0,932$) урожайности с индексами гиперспектрального имиджинга MRESRI, CPHLT, CPHLA, CPHLB.

Список литературы

1. Жаркова С. В. Реализация биологического потенциала сортов ячменя в предлагаемых условиях возделывания // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 8–2(71). С. 18–20. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-8-2-18-20. EDN: FLXYVQ
2. Якушев В. П. Дистанционные методы и средства в информационном обеспечении точного земледелия: состояние и перспективы // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве: сб. тр. второй всероссийской научной конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 26–28 сентября 2018 года. Санкт-Петербург, 2018. С. 3–11. DOI: 10.25695/agrophysica.2018.2.18484. EDN: YOMHJR
3. Кононов А. С. Физиология процесса азотфиксации и фотосинтез в гетерогенном посеве // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2013. № 1(1). С. 42–50. EDN: RCDMNR
4. Экстракционно-флуориметрическое определение хлорофилла «а» в природных водах / З. А. Темердашев, Л. Ф. Павленко, Я. С. Ермакова [и др.] // Аналитика и контроль. 2019. Т. 23. № 3. С. 323–333. DOI: 10.15826/analitika.2019.23.3.001. EDN: NURXRI
5. Fluorescence of Chlorophyll a During Seasonal Water Stratification in the Black Sea / N.A. Moiseeva, T.Ya. Churiliva, T.V. Efimova [et al.] // Physical Oceanography. 2019. № 26(5). Pp. 425–437. DOI:10.22449/1573-160X-2019-5-425-437
6. Тютерева Е. В., Дмитриева В. А., Войцеховская О. В. Хлорофилл b как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений // Сельскохозяйственная биология. 2017. Том 52. № 5. С. 843–855. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.5.843rus. EDN: ZRXNUL
7. Atsushi Kume, Tomoko Akitsu, Kenlo Nishida Nasahara. Why is chlorophyll b only used in light-harvesting systems? // Journal of Plant Research. Journal of Plant Research. 2018. № 131. Pp. 961–972. DOI: 10.1007/s10265-018-1052-7
8. Ryouichi Tanaka and Ayumi Tanaka. Chlorophyll b is not just an accessory pigment but a regulator of the photosynthetic antenna // Porphyrins. 2000. № 9(1). Pp. 240–245.
9. Использование вегетационных индексов для оценки адаптивности генотипов твердой яровой пшеницы / В. С. Юсов, М. Г. Евдокимов, О. А. Юсова, Д. А. Глушаков // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39. № 1. С. 31–38. DOI: 10.53859/02352451_2025_39_1_31. EDN: MLAUHM
10. Ассоциативная азотфиксация в ризосфере зерновых культур при инокуляции стимулирующими рост растений бактериями *Arthrobacter mysorens* 7 и *Flavobacterium* sp. / Н. Н. Шулико, А. А. Киселёва, Е. В. Тукмачева [и др.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16. № 6. С. 361–384. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1016. EDN: NILFDX

References

1. Zharkova S.V. Realization of the biological potential of barley varieties under the proposed cultivation conditions. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2022;8–2(71):18–20. (In Russ). DOI:10.24412/2500-1000-2022-8-2-18-20. EDN: FLXYVQ
2. Yakushev V.P. Remote methods and tools in information support for precision farming: status and prospects. *Primenenie sredstv distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve: sb. tr. vtoroj vserosijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Sankt-Peterburg, 26–28 sentyabrya 2018 goda* [Application of remote sensing tools in agriculture: collection of papers of the second all-Russian scientific conference with international participation. Saint Petersburg, September 26–28, 2018]. Saint Petersburg, 2018. Pp. 3–11. (In Russ). DOI: 10.25695/agrophysica.2018.2.18484. EDN: YOMHJR
3. Kononov A.S. Physiology of the process of nitrogen fixation and photosynthesis in heterogeneous sowing. *Bulletin of the Bryansk branch of the Russian Botanical Society*. 2013;(1):42–50. (In Russ). EDN: RCDMNR
4. Temerdashev Z.A., Pavlenko L.F., Ermakova Y.S. [et al.]. Extraction-fluorimetric determination of chlorophyll "a" in the natural waters. *Analytics and control*. 2019;23(3):323–333. (In Russ). DOI: 10.15826/analitika.2019.23.3.001. EDN: NURXRI
5. Moiseeva N.A., Churiliva T.Ya., Efimova T.V. [et al.]. Fluorescence of Chlorophyll a During Seasonal Water Stratification in the Black Sea. *Physical Oceanography*. 2019;26(5):425–437. (In Russ). DOI:10.22449/1573-160X-2019-5-425-437
6. Tyutereva E.V., Dmitrieva V.A., Wojciechowska O.V. Chlorophyll b as a source of signals regulating the development and productivity of plants. *Agricultural Biology* 2017;52(5):843–855. (In Russ). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.843rus. EDN: ZRXNUL
7. Atsushi Kume, Tomoko Akitsu, Kenlo Nishida Nasahara. Why is chlorophyll b only used in light-harvesting systems? *Journal of Plant Research*. 2018;(131):961–972. DOI: 10.1007/s10265-018-1052-7
8. Ryouichi Tanaka and Ayumi Tanaka. Chlorophyll b is not just an accessory pigment but a regulator of the photosynthetic antenna. *Porphyris*. 2000;9(1):240–245.
9. Yusov V.S., Evdokimov M.G., Yusova O.A., Glushakov D.A. Using vegetation indices to assess the adaptability of hard spring wheat genotypes. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2025;39(1):31–38. (In Russ). DOI: 10.53859/02352451_2025_39_1_31. EDN: MLAUHM
10. Shuliko N.N., Kiseleva A.A., Tukmacheva E.V. [et al.]. Associative Nitrogen Fixation in the Rhizosphere of Cereals During Seed Inoculation by Bacteria *Arthrobacter mysorens* 7 and *Flavobacterium* Sp. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024;16(6):361–384. (In Russ). DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1016. EDN: NILFDX

Сведения об авторах

Юсова Оксана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», SPIN-код: 7096-6529, Scopus ID: 57216487997

Шулико Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», SPIN-код: 7601-1991, Scopus ID: 57969035400, Researcher ID: ABF-6522-2021

Николаев Петр Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», SPIN-код: 5611-8777, Scopus ID: 57216491268

Information about the authors

Oksana A. Yusova – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology, Omsk Agrarian Scientific Center, SPIN-code: 7096-6529, Scopus ID: 57216487997

Natalia N. Shuliko – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Microbiology Laboratory, Omsk Agrarian Sciencefic Center, SPIN-code: 7601-1991, Scopus ID: 57969035400, Researcher ID: ABF-6522-2021

Peter N. Nikolaev – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory for Selection of Grain Crops Omsk Agrarian Research Center, SPIN-code: 5611-8777, Scopus ID: 57216491268

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 06.04.2026;
одобрена после рецензирования 27.04.2026;
принята к публикации 04.05.2026.*

*The article was submitted 06.04.2026;
approved after reviewing 27.04.2026;
accepted for publication 04.05.2026.*

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводстваPrivate Animal Husbandry, Feeding, Feed Preparation
and Livestock Production Technologies

Научная статья

УДК 636.22.84

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-15-23

Особенности лактационной деятельности коров с разным уровнем
продуктивности по первой лактацииОльга Васильевна Горелик^{✉1}, Светлана Юрьевна Харлап²,
Артем Сергеевич Горелик³^{1,2}Уральский государственный аграрный университет, улица Карла-Либкнехта, 42, Екатеринбург,
Российская Федерация, 620000³Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС, улица Мира, 22,
Екатеринбург, Российская Федерация, 620062^{✉1}olgao205en@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>²proffuniver@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>³temae077ex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Аннотация. Современный молочный скот, который представлен высокопродуктивными животными голштинской породы, отличается, наряду с хорошими показателями продуктивности, крепостью конституции, хорошей пригодностью к промышленному производству молока. Однако при этом в стадах молочного скота наблюдается значительное разнообразие молочных признаков с высокой их вариабельностью. Целью работы явилось изучение особенности молочной продуктивности у коров с разным удоем по первой лактации. В результате проведенных исследований установлено, что в стаде наблюдается снижение продуктивного долголетия у коров с увеличением их молочной продуктивности до 9129 кг по первой лактации, что, скорее всего, объясняется интенсивностью использования животных в молодом возрасте. Изменение продуктивности в ходе лактационной деятельности коров продуктивного периода имеет особенности, связанные с удоем по первой лактации. Так, у коров с продуктивностью по 1-й лактации повышение удоя с возрастом происходит более чем на треть вплоть до 4-й лактации, а у коров с удоем 9129 кг наблюдается снижение удоя по второй лактации. У остальных групп наибольший удои установлен по 2-й и 3-й лактациям. Снижение удоя после достижений по максимальной лактации не имеет резкого характера. У коров голштинской породы нет взаимосвязи между удоем и качественными показателями молока. Скорее всего, они определяются наследственными признаками, которые формировались в процессе создания данной породы, и условиями кормления животных.

Ключевые слова: голштинский скот, коровы, удои за 1-ю лактацию, молочные признаки, особенности динамики, продуктивное долголетие

Для цитирования: Горелик О. В., Харлап С. Ю., Горелик А. С. Особенности лактационной деятельности коров с разным уровнем продуктивности по первой лактации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 15–23. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-15-23

Original article

Features of lactation activity of cows with different levels of productivity after the first lactation

Olga V. Gorelik^{✉1}, Svetlana Yu. Kharlap², Artem S. Gorelik³

^{1,2}Ural State Agrarian University, 42 Karl-Liebknecht Street, Yekaterinburg, Russia, 620000

³Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations, 22 Mira Street, Yekaterinburg, Russia, 620062

^{✉1}olgao205en@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

²proffuniver@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

³temae077ex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Abstract. Modern dairy cattle, which are represented by highly productive animals of the Holstein breed, are distinguished by their outfit with good productivity indicators, strong constitution, and good suitability for industrial milk production. However, at the same time, a significant variety of dairy characteristics with high variability is observed in herds of dairy cattle. The aim of the work was to study the characteristics of dairy productivity of cows with different milk yields after the first lactation. As a result of the conducted research, it was found that there is a decrease in productive longevity of cows in the herd with an increase of their milk productivity to 9129 kg after the first lactation, which is most likely due to the intensity of animal use at a young age. Productivity changes during the lactation activity of cows, which is a productive period, have features related to after the first lactation. Thus, cow's milk yield productivity after the 1st lactation, increases in milk yield with age by more than a third up to the 4th lactation, cow's milk yield of 9129 kg, decreases in milk yield after the second lactation. In the remaining groups, the highest milk yield is set for 2–3 lactation periods. The decrease in milk yield after achieving maximum lactation is not drastic. Holstein cows have no relationship between milk yield and milk quality. Most likely, they are determined by hereditary traits that were formed during the creation of this breed, and the conditions of animal feeding.

Keywords: Holstein cattle, cows, milk yield for the 1st lactation, milk characteristics, dynamics, productive longevity

For citation: Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.N. Features of lactation activity of cows with different levels of productivity after the first lactation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):15–23. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-15-23

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности страны в большой мере зависит от итогов работы аграрного комплекса. Уменьшение количества населения, работающего на предприятиях и в организациях, производящих сельскохозяйственную продукцию, снижается, и поэтому единственным направлением увеличения ее производства остается повышение продуктивности сельскохозяйственных животных и урожайности в растениеводстве [1–3]. Одной из приоритетных отраслей животноводства является молочное скотоводство, которое обеспечивает производство таких полноценных продуктов, как молоко и говядина. Для их производства используется высокопродуктивный мо-

лочный скот, основное поголовье которого представлено самой обильномолочной в мире голштинской породой [4–6].

До недавнего времени в стране разводилась отечественная порода черно-пестрого скота, которая длительное время совершенствовалась путем прилития крови голштинских быков мирового генофонда. Скрещивание проводилось более 40 лет повсеместно, что привело к созданию большого массива помесных животных, отличающихся по продуктивным качествам от исходного поголовья отечественного молочного скота и официальной регистрации в начале 2000-х годов новых высокопродуктивных породных типов черно-пестрого скота, а дальнейшее использование

голштинских быков различной генерации повысило кровность молочного скота по данной породе.

В 2021–2022 гг. при проведении породной инвентаризации большинство животных черно-пестрой породы было отнесено к голштинской породе [7–11]. Данные животные обладают высокой продуктивностью, крепостью конституции, хорошей пригодностью к промышленному производству молока. Однако наряду с этим наблюдается снижение воспроизводительной функции и повышенная требовательность к условиям кормления и содержания [12–14].

По данным литературных источников, у коров голштинской породы отечественной селекции наблюдается большое разнообразие по молочной продуктивности внутри породы и отдельно взятого молочного стада [15–18]. В связи с этим вызывает интерес выявление особенностей молочной продуктивности у коров с разным уровнем удоя по первой лактации на их дальнейшую лактационную деятельность.

Целью работы явилось изучение особенности молочной продуктивности у коров с разным удоем по первой лактации.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проведено в условиях типичного сельскохозяйственного предприятия по производству молока – племенного репродуктора по разведению голштинской породы крупного рогатого скота в Свердлов-

ской области. Материалом и данными для сравнения служила база ИАС «СЕЛЭКС-Молочный скот», результаты собственных исследований. Учитывался удой за 305 дней лактации, массовая доля жира (МДЖ) и белка (МДБ) в молоке по лактациям. Молочную продуктивность (удой, содержание жира, белка в молоке) коров контролировали по контрольным дойкам. Содержание жира и белка определяли в средней пробе молока от каждой коровы один раз в месяц. Рассчитывали количество молочного жира и молочного белка, коэффициент молочности.

Объектом исследования явились коровы с разной продуктивностью, материалом – показатели молочной продуктивности. Для проведения исследования все поголовье коров, окончивших лактацию, распределили в группы в зависимости от удоя по первой лактации. Разница между группами составила 1500 кг. Распределение позволило определить пять групп животных в зависимости от их удоя: 1 группа 3404 кг; 2 группа 5502 кг; 3 группа 7851 кг; 4 группа 9129 кг и 5 группа 10447 кг. Были рассчитаны средние показатели по молочным признакам, и исходя из полученных результатов была проведена сравнительная характеристика животных в группах.

Результаты исследования. В результате проведенного исследования были установлены показатели продолжительности продуктивного использования коров с разным уровнем продуктивности по первой лактации (рис. 1).

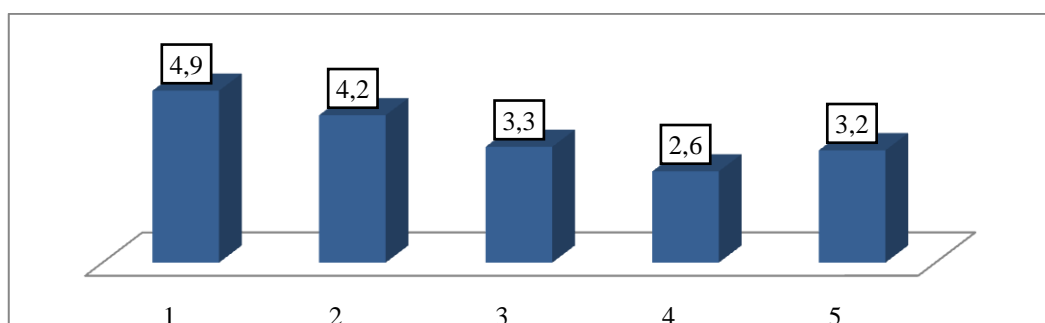


Рисунок 1. Продуктивное долголетие коров с разным уровнем продуктивности по первой лактации
Figure 1. Productive longevity of cows with different levels of productivity after the first lactation

Из представленных данных видно, что в стаде наблюдается снижение продуктивного долголетия у коров с увеличением их молочной продуктивности по первой лактации, что, скорее всего, объясняется интенсивностью использования животных в молодом возрасте.

Для установления закономерности изменений удоя и качественных показателей молока у коров с разным уровнем продуктивности по первой лактации были построены графики соотношения этих показателей между собой по каждой группе коров.

Взаимосвязь удоя с качественными показателями молока у коров первой группы не установлена (рис. 2).

В данной группе коров наблюдается повышение удоя с 1-й по 4-ю лактации практически в 3 раза. При этом установлено постепенное увеличение удоя на 34,9; 59,5 и 38,0% каждой последующей лактации. Снижение удоя после 4-й лактации незначительное и со-

ставляет 28 кг, или 0,3%. Коровы по 6-й лактации также имеют высокий удой. Наблюдалось изменение значений МДЖ и МДБ в молоке с возрастом коров и их соотношения между собой, но закономерных изменений не выявлено.

На рисунке 3 представлены данные об удое и качественных показателях молока коров с удоем за 1-ю лактацию 5502 кг.

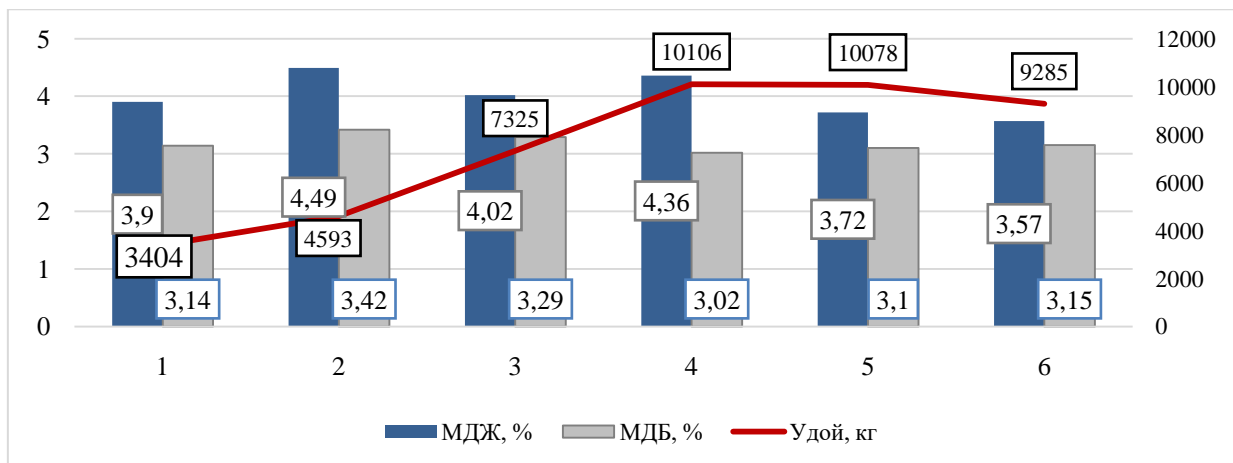


Рисунок 2. Соотношение молочных признаков по лактациям у коров со средним удоем по 1-й лактации 3404 кг в группе
Figure 2. The ratio of milk characteristics by lactation of cows with an average milk yield of 3404 kg in the 1st lactation group

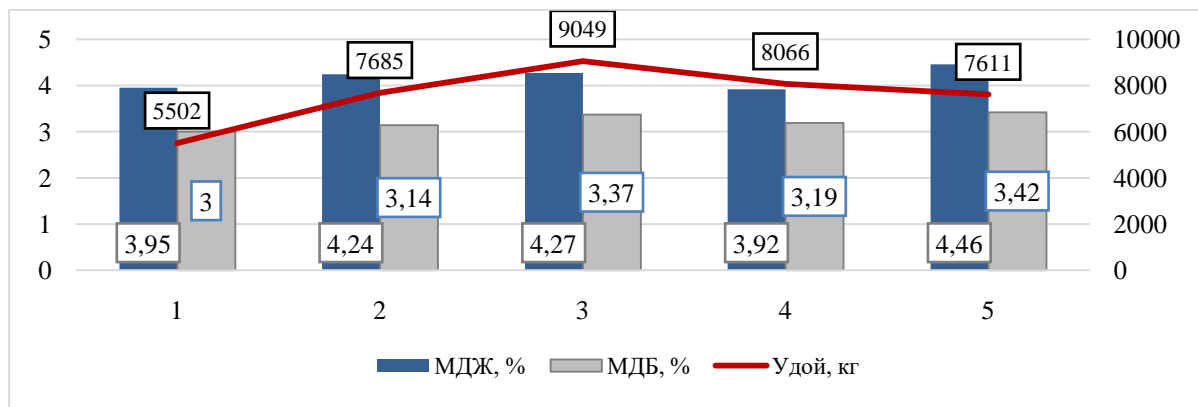


Рисунок 3. Соотношение молочных признаков по лактациям у коров со средним удоем по 1-й лактации 5502 кг в группе
Figure 3. The ratio of milk characteristics by lactation of cows with an average milk yield of 5502 kg in the 1st lactation group

В данной группе коров наблюдается повышение продуктивности до 3-й половозрелой лактации с дальнейшим снижением на 4-й и 5-й. Разница в удое с 1-й по 2-ю и со 2-й по 3-ю лактациям составляет 2183 и 1364 кг, или 39,7 и 17,7%, что ниже, чем у коров

1 группы. В целом их удой по максимальной лактации был ниже, чем у животных первой группы. У коров данной группы не установлено закономерных изменений между удоем и качественными показателями молока, однако выявлена взаимосвязь между качественными

показателями – при повышении жира в молоке наблюдается повышение белка и наоборот.

В группе коров при удое по первой лактации 7851 кг не выявлено закономерных изме-

нений между удоем и качественными показателями молока, хотя есть определенная взаимосвязь между удоем и МДЖ – МДБ в молоке коров по второй лактации (рис. 4).

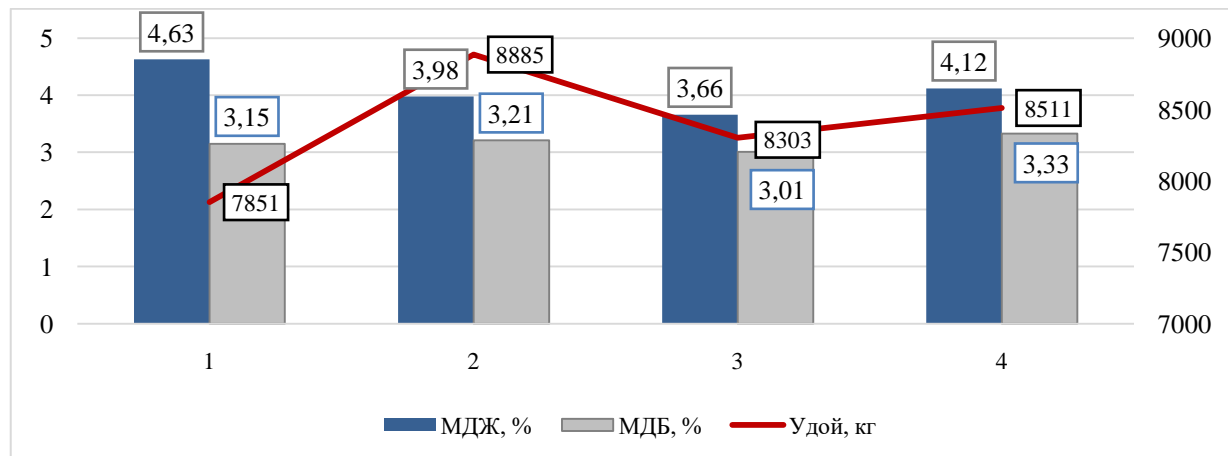


Рисунок 4. Соотношение молочных признаков по лактациям у коров со средним удоем по 1-й лактации 7851 кг в группе

Figure 4. The ratio of milk characteristics by lactation of cows with an average milk yield of 7851 kg in the 1st lactation group

Коровы группы со средней продуктивностью по 1-й лактации 7851 кг самые высокие показатели имели по 2-й лактации. Повышение удоя составило 1034 кг, или 13,2%. Снижение удоя наблюдалось по 3-й полновозрастной лактации с дальнейшим повышением. Данные колебания были менее 10% по удою и были недостоверны. Все животные выбрались из стада после 4-й лактации.

Коровы из группы со средним удоем по группе 9129 кг по первой лактации оказались с самыми низкими показателями продолжительности продуктивного использования. Основная масса коров выбыла из стада после 2-й лактации. Взаимосвязь молочных признаков у коров данной группы представлена на рисунке 5.

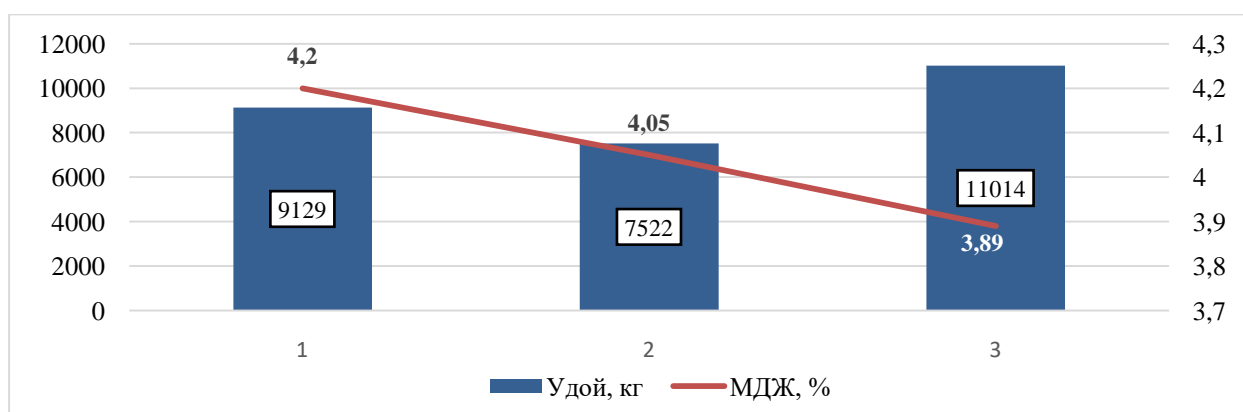


Рисунок 5. Соотношение молочных признаков по лактациям у коров со средним удоем по 1-й лактации 9129 кг в группе

Figure 5. The ratio of milk characteristics by lactation of cows with an average milk yield of 9129 kg in the 1st lactation group

Интенсивное молокообразование у животных данной группы привело к тому, что по второй лактации они имели более низкий

удой из-за невозможности полного восстановления после предыдущей. По МДЖ установлено снижение показателей с возрастом с

4,25 до 3,89% (без взаимосвязи с удоем), хотя по 3-й лактации наблюдается тенденция к снижению МДЖ при повышении удоя. МДБ в молоке коров данной группы изменялась независимо от удоя и МДЖ в молоке, повы-

шаясь к концу продуктивного периода (по третьей лактации) с 3,01 до 3,21%.

На рисунке 6 представлены данные по удою и качественным показателям молока у группы коров с удоем свыше 10000 кг молока.

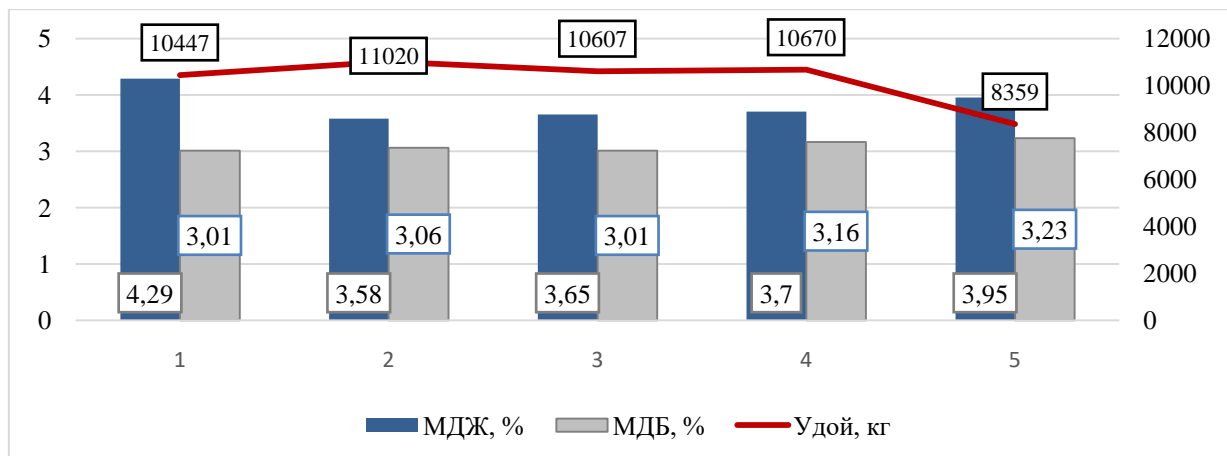


Рисунок 6. Соотношение молочных признаков по лактациям у коров с удоем по 1-й лактации 10447 кг

Figure 6. The ratio of milk characteristics by lactation of cows with an average milk yield of 10447 kg in the 1st lactation group

Животные из данной группы отличались стабильными удоями независимо от возраста (лактации), который изменялся незначительно, то повышаясь, то снижаясь. По нашему мнению, это объясняется устойчивостью наследования продуктивных признаков у данных коров и хорошей резистентностью организма к условиям окружающей среды. Данная группа может служить основой для создания высокопродуктивного молочного стада с повышенными показателями продуктивного долголетия.

В данной группе животных не выявлено закономерных изменений и взаимосвязи между удоем и качественными показателями молока. Значения МДЖ и МДБ в молоке изменялись по лактациям, что в большей степени, по нашему мнению, было связано с кормлением коров.

Выводы. Уровень продуктивности (удой) по первой лактации оказывает влияние на длительность продуктивного использования маточного поголовья коров. При этом необходимо сказать о том, что устойчивое наследование продуктивных признаков и стрессустойчивости коров позволяет добиться селекционных успехов при формировании высокопродуктивного стада. Изменение продуктивности в ходе лактационной деятельности коров (продуктивного периода) имеет особенности, связанные с удоем по первой лактации. У коров голштинской породы нет взаимосвязи между удоем и качественными показателями молока. Скорее всего, они определяются наследственными признаками, которые формировались в процессе создания данной породы, и условиями кормления животных.

Список литературы

1. Склярова Ю. М., Скляров И. Ю., Латышева Л. А. Государственная поддержка сельского хозяйства регионов России: особенности и практика реализации // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 2. С. 2–7. DOI: 10.32651/192-2. EDN: YUINIL
2. Иванова В. Н., Серегин С. Н. Потребительская корзина: новый формат расширения набора товаров и услуг // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 1. С. 7–11. EDN: YVKXDV

3. Алтухов А. И., Семенова Е. И. Молочное скотоводство России: экономические проблемы и пути их решения // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 2. С. 33–38. DOI: 10.32651/192-33. EDN: YYIHJZ
4. Стрекозов Н. И., Дзюба Н. Ф., Чинаров В. И. Молочному скотоводству – современные направления и законодательные инициативы // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 4. С. 7–9. EDN: YNGIGH
5. Лоретц О. Г. Влияние генетических и экологических факторов на продуктивное долголетие // Аграрный вестник Урала. 2014. № 9(127). С. 34–37. EDN: SWEGYF
6. Фирсова Э. В., Карташова А. П. Голштинская порода скота в Российской Федерации: современное состояние и перспективы развития // Генетика и разведение животных. 2019. № 1. С. 62–69. DOI: 10.31043/2410-2733-2019-1-62-69. EDN: EDJMRU
7. Племенные ресурсы голштинской породы скота: состояние и результаты использования / И. М. Дунин, С. Е. Тяпугин, Р. К. Мещеров [и др.] // Зоотехния. 2019. № 5. С. 3. DOI: 10.25708/ZT.2019.10.65.003. EDN: NIADTU
8. Gorelik O.V., Likhodeevskaya E., Zezin N.N. [et al.]. The use of inbreeding in dairy cattle breeding // IOP conference series: earth and environmental science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. Vol. 548. P. 82013. DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082013. EDN: BGPJFD
9. Gridina S.L., Gridin V.F., Leshonok O.L. Characterization of high-producing cows by their immunogenetic status // International scientific and practical conference "Agro-smart – smart solutions for agriculture" (Agro-smart 2018). Tyumen: Atlantis Press, 2018. Vol. 151. Pp. 253–256. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.49. EDN: YTKAUX
10. Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Новый селекционный индекс дифференциации молочного скота по производственным типам // Современные направления развития аграрной науки: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки КБР, профессора М. А. Жабалиева. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2025. С. 12–15. EDN: HBQOKB
11. Влияние паратипических факторов на характер наследования продуктивных качеств голштинского скота / С. Ф. Суханова, Т. Т. Тарчоков, А. Б. Каздохов, А. А. Коготыжев // Вестник Курганской ГСХА. 2025. № 1(53). С. 48–55. EDN: RGKIPR
12. Каздохов А. Б., Тарчоков Т. Т. Потенциал продуктивности интродуцированных голштинских нетелей // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 1(47). С. 24–30. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-24-30. EDN: BSTJXJ
13. Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Особенности лактационной деятельности голштинских коров разного происхождения // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея, профессора Б. Х. Фиашева. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2024. С. 244–247. EDN: OUDEQS
14. Самусенко Л. Д. Лактационная деятельность коров – как фактор продуктивного долголетия // Вестник аграрной науки. 2021. № 2(89). С. 100–104. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.100. EDN: HFJVRG
15. Крючкова Н. Н., Стародумов И. М. Продолжительность хозяйственного использования коров чернопестрой породы разного уровня молочной продуктивности // Зоотехния. 2008. № 2. С. 16. EDN: JWLQUL
16. Шендаков А. И. Влияние генетических и средовых факторов на продуктивные признаки голштинского скота в Орловской области // Вестник аграрной науки. 2020. № 4(85). С. 83–91. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.83. EDN: CDQUOP
17. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности / Д. Ю. Суслов, А. В. Воеводин, С. А. Холев, С. Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 1. С. 9–12. EDN: WABWBV
18. Гавриленко В. П., Бушов А. В., Прокофьев А. Н. Племенная ценность быков-производителей в зависимости от аддитивной и неаддитивной формы наследования удоя их дочерей // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4(48). С. 191–201. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-4-191-201. EDN: UJRKOP

References

1. Sklyarova J.M., Sklyarov I.Yu., Latysheva L.A. State support of agriculture of regions of Russia: peculiarities and practice of implementing. *Economics of Agriculture of Russia*. 2019;(2):2–7. (In Russ.). DOI: 10.32651/192-2. EDN: YYIHIL

2. Ivanova V.N., Seregin S.N. Consumer basket: a new format for expanding the range of goods and services. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2019;(1):7–11. (In Russ.). EDN: YVKXDV
3. Altukhov A.I., Semenova E.I. Dairy cattle breeding of Russia: economic problems and ways of their decision. *Economics of Agriculture of Russia*. 2019;(2):33–38. (In Russ.). DOI: 10.32651/192-33. EDN: YYIHJZ
4. Strekozov N.I., Dziyuba N.F., Chinarov V.I. Trends and legislative initiatives for dairy cattle industry. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2017;(4):7–9. (In Russ.). EDN: YNGIGH
5. Loretts O.G. The influence of genetic and environmental factors on productive longevity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014;9(127):34–37. (In Russ.). EDN: SWEGYF
6. Firsova E., Kartashova A. Holstein breed of the cattle in the Russian Federation, the current state and the prospects of development. *Genetics and breeding of animals*. 2019;(1):62–69. (In Russ.). DOI: 10.31043/2410-2733-2019-1-62-69. EDN: EDJMRY
7. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Mescherov R.K. [et al.]. Breeding resources of the holstein cattle: state and results of use. *Zootechniya*. 2019;(5):3. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2019.10.65.003. EDN: NIADTU
8. Gorelik O.V., Likhodeevskaya E., Zezin N.N. [et al.]. The use of inbreeding in dairy cattle breeding. *IOP conference series: earth and environmental science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies*. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020;548:82013. DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082013. EDN: BGPJFD
9. Gridina S.L., Gridin V.F., Leshonok O.L. Characterization of high-producing cows by their immunogenetic status. *International scientific and practical conference "Agro-smart – smart solutions for agriculture" (Agro-smart 2018)*. Tyumen: Atlantis Press, 2018;151:253–256. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.49. EDN: YTKAUX
10. Aysanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleinsheva M.G. New breeding index of differentiation of dairy cattle by production types. *Sovremennye napravleniya razvitiya agrarnoj nauki: materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati zaslužhennogo deyatelya nauki KBR, professora M.A. Zhabaliev* [Current trends in agricultural science development: Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Kabardino-Balkarian Republic, Professor M. A. Zhabaliev]. Nalchik: Kabardino-Balkarian SAU, 2025. Pp. 12–15. (In Russ.). EDN: HBQOKB
11. Sukhanova S.F., Tarchokov T.T., Kazdohov A.B., Kogotyzhev A.A. Influence of paratypical factors on the inheritance nature of holstein cattle productive qualities. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2025;1(53):48–55. (In Russ.). EDN: RGKIPH
12. Kazdokhov A.B., Tarchokov T.T. Productivity potential of introduced Holstein heifers. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;1(47):24–30. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-24-30. EDN: BSTJXJ
13. Aysanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleinsheva M.G. Peculiarities of lactation activity of holstein cows of different origin. *Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zaslužhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya, professora B. H. Fiapsheva*. [Agricultural land use and food security: Proceedings of the X 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: Kabardino-Balkarian SAU, 2024. Pp. 244–247. (In Russ.). EDN: OUDEQS
14. Samusenko L.D. Lactation activities of cows – as a factor of productive longevity. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2021;2(89):100–104. (In Russ.). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.100. EDN: HFJVRG
15. Kruchkova N.N., Starodumov I.M. The length of economic use of black-and-white cow's with various level of milk productivity. *Zootechniya*. 2008;(2):16. (In Russ.). EDN: JWLQUL
16. Shendakov A.I. The influence of genetic and environmental factors on the productive traits of holstein cattle in the Orel region. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020;4(85):83–91. (In Russ.). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.83. EDN: CDQUOP
17. Suslov D.Y., Voyevodin A.V., Kholev S.A., Tyapugin S.E. Modern assessment of breeding value dairy direction. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2018;(1):9–12. (In Russ.). EDN: WABWBV
18. Gavrilenko V.P., Bushov A.V., Prokofiev A.N. Breeding value of servicing bulls depending on additive and non-additive inheritance form of their daughters' milk yield. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2019;4(48):191–201. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2019-4-191-201. EDN: UJRKOP

Сведения об авторах

Горелик Ольга Васильевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4653-0127

Харлап Светлана Юрьевна – доцент, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой техносферной и экологической безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5033-1278

Горелик Артем Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ (в составе учебно-научного комплекса пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ), Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, SPIN-код: 1355-7900

Information about the authors

Olga V. Gorelik – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Biotechnology, Ural State Agrarian University, SPIN-code: 4653-0127

Svetlana Yu. Kharlap – Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Technosphere and Environmental Safety, Ural State Agrarian University, SPIN-code: 5033-1278

Artem S. Gorelik – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Fire Fighting and Rescue Operations (as part of the educational and scientific complex of Fire Fighting and Rescue Operations), Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, SPIN-code: 1355-7900

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 18.05.2026;
одобрена после рецензирования 01.06.2026;
принята к публикации 08.06.2026.*

*The article was submitted 18.05.2026;
approved after reviewing 01.06.2026;
accepted for publication 08.06.2026.*

Научная статья

УДК 636.32/.38:636.03:637.05

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-24-30

Пищевая ценность мясной продукции молодняка цигайской породы и ее помесей с эдильбаевской породой

Владимир Иванович Косилов^{✉1}, Юсупжан Артыкович Юлдашбаев²,
Елена Анатольевна Никонова³, Раиля Губайдуловна Калякина⁴

^{1,3,4}Оренбургский государственный аграрный университет, улица Челюскинцев, 18, Оренбург,
Россия, 460014

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, улица
Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

^{✉1}Kosilov_vi@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

²yuldashbaev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

³nikonovaEA84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

⁴kalyakina_railya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8892-0669>

Аннотация. В статье представлены материалы изучения влияния генотипа молодняка овец и их кастрации на химический состав съедобной части туши. Актуальность темы обусловлена ее направленностью на выполнение государственной программы по развитию рынка сельскохозяйственной продукции, пищевого сырья и продовольствия, а также на решение задач импортозамещения мяса и мясных продуктов. В этой связи интенсификация овцеводства будет способствовать повышению конкурентоспособности отрасли на основе существенного увеличения производства баранины, которая отличается биологической полноценностью, пищевой и энергетической ценностью. При этом мясо, полученное при убое молодняка овец, является по сути продуктом диетического питания. В результате исследования установлено, что скрещивание цигайской и эдильбаевской пород овец и интенсивное выращивание помесного молодняка способствовало в конце выращивания (в 12 месяцев) повышению массовой доли сухого вещества в съедобной части туши у помесных баранчиков на 1,05%, валушков на 1,20%, экстрагируемого жира соответственно на 0,82 и 0,91% при практически одинаковом содержании протеина. При этом вследствие более интенсивного протекания жирового обмена в организме валушков отмечалось их преимущество над баранчиками как по удельному весу сухого вещества в мякоти, так и по экстрагируемому жиру. В 12-месячном возрасте превосходство чистопородных валушков над баранчиками по величине первого показателя составляло 1,76%, второго 2,21%. По помесным животным превосходство валушков было более существенным и составляло 1,91 и 2,30% соответственно.

Ключевые слова: овцеводство, цигайская порода, помеси с эдильбаевской, баранчики, валушки, мякоть, химический состав

Для цитирования: Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Никонова Е. А., Калякина Р. Г. Пищевая ценность мясной продукции молодняка цигайской породы и ее помесей с эдильбаевской породой // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 24–30. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-24-30

Original article

Nutritional value of meat products of young Tsigai breed and its crossbreeds with Edilbaev breed

Vladimir I. Kosilov^{✉1}, Yusupzhan A. Yuldashbaev²,
Elena A. Nikonova³, Railia G. Kalyakina⁴

^{1,3,4}Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Street, Orenburg, Russia, 460014

²Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Street, Moscow, 127550

^{✉1}Kosilov_vi@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

²yuldashbaev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

³nikonovaEA84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

⁴kalyakina_railya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8892-0669>

Abstract. The article presents materials on the study of the effect of the genotype of young sheep and castration on the chemical composition of the edible part of the carcass. The relevance of the topic is due to its focus on solving the state program for the development of the market of agricultural products, food raw materials and foodstuffs. This will contribute to the import substitution of meat and meat products. In this regard, the intensification of sheep farming will help to increase the competitiveness of the industry by significantly increasing the production of mutton, which is characterized by biological value, nutritional and energy value. At the same time, meat obtained from the slaughter of young sheep is essentially a dietary food product. As a result of the study, it was found that the crossing of the Tsigai and Edilbai sheep breeds and intensive cultivation of mixed young animals contributed to an increase in the mass fraction of dry matter at the end of cultivation at 12 months. In the edible part of the carcass of sheep by 1.05%, boulders by 1.20%, extracted fat by 0.82% and 0.91%, respectively, with almost the same protein content. At the same time, due to the more intensive course of fat metabolism in the body of the rolls, their advantage over the sheep was noted both in terms of the specific gravity of the dry matter in the pulp and the extracted fat. At the age of 12 months, this superiority of purebred sheep over sheep in terms of the first indicator was 1.76%, the second – 2.21%. In terms of crossbreeds, the advantage of boulders was more significant and amounted to 1.91% and 2.30%, respectively.

Keywords: sheep breeding, Tsigai breed, crossbreeds with Edilbaevsky, sheep, boulders, pulp, chemical composition

For citation: Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Nikonova E.A., Kalyakina R.G. Nutritional value of meat products of young Tsigai breed and its crossbreeds with Edilbaev breed. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):24–30. (In Russ). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-24-30

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности выступает в качестве первоочередной задачи отечественного агропромышленного комплекса [1–6]. Правительство Российской Федерации Постановлением от 4 апреля 2025 года № 434 утвердило программу развития сельского хозяйства, а также регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Во главу угла в этой программе ставятся вопросы импортозамещения продовольственных товаров.

Особенно актуальным является решение вопроса увеличения производства высококачественного мяса, в частности баранины. Наличие во многих регионах страны больших площадей пастбищных угодий определяет перспективность развития овцеводства [7–11].

Известно, что овцеводство является малозатратной отраслью, что обусловлено неприхотливостью овец к условиям содержания и кормления, а также адаптационной пластичностью животных при разведении в различных природно-климатических условиях.

В последние годы эдильбаевская порода овец вызывает повышенный интерес среди специалистов в области селекции. Животные данной породы обладают комплексом хозяйственно-полезных качеств, которые стабильно наследуются потомством как при чистопородном разведении, так и при межпородном скрещивании. В настоящее время на Южном Урале наблюдается дефицит данных об эффективности скрещивания овец цигайской породы с эдильбаевскими баранами, что обуславливает актуальность проведения соответствующего исследования.

Цель исследования – изучение влияния межпородного скрещивания на пищевую ценность мясной продукции.

Для реализации цели была поставлена следующая **задача** – определить химический состав съедобной части туши чистопородного и помесного молодняка по возрастным периодам.

Помесный молодняк вследствие проявления эффекта скрещивания при удачном подборе пород отличается большей интенсивностью обменных процессов в организме. Это способствует проявлению более высокого уровня мясной продуктивности и ее пищевой ценности.

Материалы, методы и объекты исследования. Научно-хозяйственный опыт проводили в АО «Колос» Оренбургской области РФ. В ходе эксперимента новорожденный молодняк был разделен на группы баранчиков численностью 30 гол. каждая: группа 1 – чистопородные животные цигайской породы; группа 2 – помесь первого поколения с долей крови $\frac{1}{2}$ цигайская и $\frac{1}{2}$ эдильбаевская. В возрасте трёх недель у 15 баранчиков каждого генотипа была выполнена кастрация открытым способом с полным удалением семенников. После этого были сформированы четыре опытные группы по 15 гол. в каждой: группа 1 – чистопородные баранчики цигайской породы, группа 2 – помесные баранчики первого поколения ($\frac{1}{2}$ цигайская \times $\frac{1}{2}$ эдильбаевская), группа 3 – чистопородные валушки цигайской породы, группа 4 – помесные валушки ($\frac{1}{2}$ цигайская \times $\frac{1}{2}$ эдильбаевская).

Молодняк всех групп содержался под овцематками на подсосе до достижения четырёхмесячного возраста; в период с 4 до 8 мес. животные находились на естественных паст-

бищах, а с 8 до 12 мес. переводились на стойловое содержание.

По методике ВИЖа (1984) был проведен контрольный убой трех голов новорожденных баранчиков каждого генотипа, баранчиков и валушков подопытных групп в возрасте 4, 8, 12 мес.

После убоя и первичной обработки была проведена обвалка туш, жиловка мякоти и измельчение ее на волчке.

Химический состав средних проб мяса-фарша был определён после их отбора согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка собранных данных проводилась с использованием программы Statistica 10.0 (Stat Soft inc., США). Достоверность материалов устанавливали по Стьюденту.

Результаты исследования. Пищевая ценность мясной продукции определяется её химическим составом, который обусловлен в первую очередь генотипом животного, а также условиями кормления, содержания, полом и физиологическим состоянием животного.

Это положение подтверждается и результатами нашего мониторинга химического состава мяса-фарша чистопородных и помесных баранчиков и валушков (табл. 1).

При этом у чистопородных и помесных баранчиков существенных межгрупповых различий по химическому составу мясной продукции не отмечалось.

Анализ показывает, что в 4-месячном возрасте отмечено повышение массовой доли сухого вещества и экстрагируемого жира, снижение влаги при стабильном содержании протеина в мякоти. Удельный вес сухого вещества в средней пробе мяса-фарша у чистопородных баранчиков группы 1 и валушков группы 3 увеличился, причём показатели составили соответственно 1,98 и 4,08%, помесного молодняка групп 3 и 4 2,28 и 4,32%, а экстрагируемого жира 2,02 и 4,27%, 2,42 и 4,52% по всем группам соответственно.

При этом отмечено преимущество помесного молодняка по удельному весу сухого вещества и экстрагируемого жира в анализируемый возрастной период. Чистопородные баранчики (группа 1) демонстрировали более низкие значения изучаемых показателей по сравнению с помесными сверстниками (группа 2) – разница составила 0,52 и 0,43%. Аналогично чистопородные валушки (группа 3) уступали помесным (группа 4) на 0,46 и 0,28%.

Таблица 1. Химический состав средней пробы мяса-фарша молодняка овец, % (M±m)
Table 1. Chemical composition of the average sample of minced meat of young sheep, % (M±m)

Группа	Влага	Сухое вещество			
		всего	в том числе		
			экстрагируемый жир	протеин	зола
Новорожденные					
1	75,20±1,20	22,82±1,14	2,43±0,14	19,20±0,15	1,19±0,11
2	76,96±1,18	23,04±1,18	2,46±0,16	19,38±0,14	1,20±0,12
В возрасте 4 мес.					
1	75,20±1,20	24,80±1,20	4,45±0,24	19,15±0,16	1,20±0,12
2	74,68±1,22	25,32±1,22	4,88±0,27	19,22±0,18	1,22±0,14
3	73,10±1,18	26,90±1,18	6,70±0,20	19,02±0,14	1,18±0,14
4	72,64±1,26	27,36±1,26	6,98±0,28	19,18±0,17	1,20±0,15
В возрасте 8 мес.					
1	72,21±1,30	27,79±1,30	7,76±0,27	18,81±0,18	1,22±0,14
2	71,76±1,38	28,24±1,38	8,02±0,31	18,98±0,20	1,24±0,16
3	70,25±1,28	29,75±1,28	10,38±0,29	18,20±0,19	1,17±0,17
4	68,86±1,42	31,14±1,42	11,23±0,35	18,71±0,22	1,20±0,18
В возрасте 12 мес.					
1	69,86±1,36	30,14±1,36	10,52±0,42	18,42±0,20	1,20±0,16
2	68,81±1,64	31,19±1,64	11,34±0,50	18,63±0,23	1,22±0,17
3	68,10±1,40	31,90±1,40	12,73±0,49	18,01±0,22	1,16±0,17
4	66,90±1,72	33,10±1,72	13,64±0,56	18,28±0,25	1,18±0,19

Установлено преимущество валушков над баранчиками как по массовой доле сухого вещества, так и по экстрагируемому жиру в мясной продукции. У чистопородного молодняка это превосходство по величине первого показателя составляло 2,10% (P<0,01), второго 2,25% (P<0,01), у помесей 2,04% (P<0,01) и 2,10% (P<0,01). Указанная закономерность обусловлена более высокой интенсивностью процессов жирового обмена, протекающих в организме валушков.

С возрастом вследствие его активизации отмечалось повышение удельного веса сухого вещества и экстрагируемого жира и тенденция снижения протеина в средней пробе мяса-фарша. Так, у чистопородного молодняка групп 1 и 3 повышение массовой доли сухого вещества в мякоти к 8-месячному возрасту (по сравнению с 4-месячным) составляло 2,99 и 2,85%, экстрагируемого жира 3,31 и 3,68%, а у помесей групп 2 и 4 2,92 и 3,78%, 3,14 и 4,25% соответственно. При этом снижение удельно-

го веса протеина в мякоти в анализируемый возрастной период у молодняка групп 1, 2, 3 и 4 составляло 0,34, 0,24, 0,82 и 0,47%.

Отмечено влияние генотипа молодняка на химический состав мясной продукции. При этом установлено преимущество помесей по массовой доле сухого вещества и экстрагируемого жира в мясной продукции. Так помесные баранчики группы 2 превосходили чистопородных сверстников по этим показателям соответственно на 0,45 и 0,26%. У валушков разница в пользу помесей была более существенной и составляла 1,39 (P<0,01) и 0,85% (P<0,05).

Установлено, что вследствие более интенсивного протекания жирового обмена в организме валушков они превосходили баранчиков по массовой доле как сухого вещества, так и экстрагируемого жира в мясной продукции. Среди чистопородных животных баранчики (группа 1) уступали валушкам (группа 3) по величине анализируемых показателей соот-

ветственно на 1,96 ($P<0,05$) и 3,04% ($P<0,01$). По помесям разница в пользу валушков составляла 2,90 ($P<0,01$) и 3,21% ($P<0,01$).

По окончании научно-хозяйственного опыта в 12-месячном возрасте отмечена такая же динамика показателей химического состава мякоти, что и в предыдущие возрастные периоды. Так, у чистопородных баранчиков группы 1 повышение массовой доли сухого вещества в средней пробе мяса-фарша к 12 мес. составляла 2,35%, валушков группы 3 2,15%, экстрагируемого жира 2,76 и 2,35%. У помесного молодняка групп 1 и 4 величина анализируемых показателей повысилась соответственно на 2,95 и 1,96, 3,32 и 2,41%. При этом отмечалась тенденция к снижению удельного веса протеина в мясной продукции у молодняка всех подопытных групп без существенных межгрупповых различий.

Характерно, что ранг распределения молодняка подопытных групп по массовой доле сухого вещества и экстрагируемого жира в средней пробе мяса-фарша, установленный в предыдущие возрастные периоды, отмечался и в 12-месячном возрасте. Достаточно отметить, что чистопородные баранчики группы 1 уступали помесным сверстникам группы 2 по этим показателям на 1,05 ($P<0,05$) и 0,82% ($P<0,05$). В свою очередь, валушки группы 4 превосходили чистопородных сверстников по удельному весу сухого вещества в мясной продукции на 1,20% ($P<0,05$), экстрагируемого жира – на 0,91% ($P<0,05$).

При этом валушки отличались большей концентрацией сухого вещества и экстрагируемого жира в средней пробе мяса-фарша, а баранчики – протеина. Чистопородные баранчики группы 1 демонстрировали меньшие

значения по массовой доле сухого вещества (разница 1,76%, $P<0,05$) и содержанию экстрагируемого жира (разница 2,21%, $P<0,01$) относительно чистопородных валушков группы 3. В то же время по показателю удельного веса баранчики опережали валушков на 0,41% ($P<0,05$).

Аналогичные межгрупповые различия отмечались у помесного молодняка. Достаточно отметить, что помесные баранчики группы 2 уступали помесным валушкам группы 4 по содержанию сухого вещества в средней пробе мяса-фарша на 1,91% ($P<0,05$), экстрагируемого жира – на 2,00% ($P<0,01$), но превосходили их по удельному весу протеина на 0,35% ($P>0,05$).

Выводы. Результаты научно-хозяйственного опыта свидетельствуют, что скрещивание цигайской и эдильбаевской пород способствовало повышению пищевой ценности мясной продукции, о чем свидетельствует химический состав средней пробы мяса-фарша. В конце выращивания (в 12 месяцев) помесные баранчики группы 2 превосходили чистопородных сверстников группы 1 по массовой доле сухого вещества в мясной продукции на 1,05%, экстрагируемого жира – на 0,82%. Помесные валушки группы 4 показали статистически значимое превосходство над чистопородными сверстниками группы 3 по анализируемым параметрам: разница составила 1,20 и 0,91% ($P<0,05$) при уровне значимости. Кастрация баранчиков способствовала интенсификации жирового обмена в организме валушков, что нашло выражение в их преимуществе над баранчиками по массовой доле сухого вещества и экстрагируемого жира в мясной продукции.

Список литературы

1. Сеница В. В., Коник Н. В., Улимбашева Р. А. Мясная продуктивность баранчиков, полученных от скрещивания маток ставропольской породы разных типов с баранами маньчский меринос // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 3(49). С. 92–97. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-3-49-92-97. EDN: XRJSWN
2. Хозяйственно-полезные признаки овец породы маньчский меринос маньчского заводского типа разных линий / В. В. Абонеев, Ю. А. Колосов, А. Я. Куликова, Е. В. Абонеева // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 46–54. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-46-54. EDN: EYLUIJ
3. Колосов Ю. А., Абонеев В. В., Засемчук И. В. Уровень взаимосвязей между признаками продуктивности у овец породы советский меринос и их помесей со ставропольской породой // Известия Кабар-

дино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 64–69. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-64-69. EDN: KDBOVY

4. Эколого-генетические аспекты продуктивных качеств овец разного направления: монография / Т. А. Иргашев, В. И. Косилов, Ш. Т. Рахимов [и др.] Душанбе: ЭР-Граф, 2019. 355 с. EDN: BQBSBO

5. Шкилев П. Н., Газеев И. Р., Никонова Е. А. Биологическая ценность мяса овец Цигайской, Южноуральской и Ставропольской пород с учётом возраста, пола и кастрации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 1(29). С. 181–185. EDN: NDRGGT

6. Пищевая ценность мяса овец разных генотипов / В. И. Косилов, Е. А. Никонова, Б. Б. Траисов, Ю. А. Юлдашбаев // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 3. С. 25–26. EDN: YLCCFV

7. Базаев С. О., Юлдашбаев Ю. А., Арилов А. Н. Качественная характеристика мяса калмыцких курдючных овец и их помесей с баранами-производителями породы дорпер // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5(85). С. 223–226. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-223-226. EDN: XLGGFI

8. Эффективность промышленного скрещивания основных пород овец России с производителями разного направления продуктивности / А. И. Ерохин, Т. А. Магоматов, С. А. Ерохин [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 2. С. 7–13. DOI: 10.26897/2074-0840-2023-2-7-13. EDN: JUIDPB

9. Выход питательных веществ и энергетическая ценность мясной продукции валушков разных генотипов / В. И. Косилов, Е. А. Никонова, И. А. Рахимжанова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2026. № 1(117). С. 262–267. EDN: VCUJDH

10. Амирова Р. И., Газеев И. Р., Косилов В. И. Пищевая ценность мышечной ткани молодняка овец романовской породы по возрастным периодам // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2026. № 1(117). С. 267–271. DOI: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-267-271. EDN: DSURPL

11. Пищевая ценность мясной продукции молодняка романовской породы в зависимости от полового диморфизма / Н. М. Губайдуллин, Р. И. Амирова, В. И. Косилов [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2026. № 1. С. 11–14. DOI: 10.26897/2074-0840-2026-1-11-14. EDN: XNLRFL

References

1. Sinitsa V.V., Konik N.V., Ulimbasheva R.A. Reproductive capacity of Stavropol breed sheep when crossed with Manych Merinos. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;49(3):92–97. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-3-49-92-97. EDN: XRJSWN

2. Aboneev V.V., Kolosov Yu.A., Kulikova A.Ya., Aboneeva E.V. Economically useful traits of Manych Merino sheep of the Manych factory type of different lines. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;3(45):46–54. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-46-54. EDN: EYLUIJ

3. Kolosov Yu. A., Aboneev V.V., Zasemchuk I.V. The level of relationships between productivity traits in Soviet Merino sheep and their crossbreeds with the Stavropol breed. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;3(45):64–69. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-64-69. EDN: KDBOVY

4. Irgashev T.A., Kosilov V.I., Rakhimov Sh.T. [et al.]. *Ekologo-geneticheskie aspekty produktivnykh kachestv ovets raznogo napravleniya: monografiya* [Ecological and genetic aspects of productive qualities of sheep of different directions: monograph]. Dushanbe: ER-Graf, 2019. 355 p. (In Russ.). EDN: BQBSBO

5. Shkilev P.N., Gazeev I.R., Nikonova E.A. Biological value of mutton of Tsigay, Yuzhnouralskaya and Stavropolskaya sheep breeds taking into account their age, sex and castration. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2011;1(29):181–185. (In Russ.). EDN: NDRGGT

6. Kosilov V.I., Nikonova E.A., Traisov B.B., Yuldashbaev Yu.A. *Pishchevaya cennost' myasa ovets raznykh genotipov* [Nutritional value of sheep meat of different genotypes]. *Sheep, goats, wool business*. 2018;(3):25–26. (In Russ.). EDN: YLCCFV

7. Bazaev S.O., Yuldashbaev Yu.A., Arilov A.N. Qualitative characteristics of meat of Kalmyk fat-tailed sheep and their hybrids with sheep-producers of the Dorper breed. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;5(85):223–226. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-223-226. EDN: XLGGFI

8. Erokhin A.I., Magomadov T.A., Erokhin S.A. [et al.]. Efficiency of industrial crossing of the main breeds of sheep in Russia with rams of different directions of productivity. *Sheep, goats, wool business*. 2023;(2):7–13. (In Russ.). DOI: 10.26897/2074-0840-2023-2-7-13. EDN: JUIDPB

9. Kosilov V.I., Nikonova E.A., Rakhimzhanova I.A. Nutrient yield and energy value of meat products of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2026;1(117):262–267. (In Russ.). EDN: VCUJDH

10. Amirova R.I., Gazeev I.R., Kosilov V.I. Nutritional value of muscle tissue of young Romanov sheep by age periods. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2026;1(117):267–271. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-267-271. EDN: DSURPL

11. Gubaidullin N.M., Amirova R.I., Kosilov V.I. [et al.]. Nutritional value of meat products of young Romanov breed depending on sexual dimorphism / *Sheep, goats, wool business*. 2026;(1):11–14. (In Russ.). DOI: 10.26897/2074-0840-2026-1-11-14. EDN: XNLRFL

Сведения об авторах

Косилов Владимир Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1802-6176

Юлдашбаев Юсупжан Артыкович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, академик РАН, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева», SPIN-код: 5687-1473

Никонова Елена Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 2666-2600

Калякина Раиля Губайдулловна – кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и лесопаркового хозяйства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3946-5970

Information about the authors

Vladimir I. Kosilov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Orenburg State Agrarian University, SPIN-code: 1802-6176

Yusupzhan A. Yuldashbaev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Private Animal Science, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Agricultural Academy, SPIN-code: 5687-1473

Elena A. Nikonova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Production Technology and Processing of Livestock Products, Orenburg State Agrarian University, SPIN-code: 2666-2600, Scopus ID: 57221966491

Railya G. Kalyakina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Park Management, Orenburg State Agrarian University, SPIN-code: 3946-5970

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 18.05.2026;
одобрена после рецензирования 03.06.2026;
принята к публикации 11.06.2026.*

*The article was submitted 18.05.2026;
approved after reviewing 03.06.2026;
accepted for publication 11.06.2026.*

Научная статья

УДК 636.59.033

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-31-39

Выращивание бройлеров на глубокой подстилке при различной интенсивности циркуляции воздуха в птичниках в переходный климатический период года

Виктор Викторович Малородов

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

malorodov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

Аннотация. Интенсификация производства мяса бройлеров связана с необходимостью дополнительного контроля технологических процессов. Одним из основных условий эффективного выращивания цыплят наряду с генотипом и факторами, определяющими фенотип птицы, является микроклимат в птичниках промышленных предприятий. Как показывает практика, в настоящее время недостаточно контролировать воздухообмен и обогрев птицы, опираясь на показатели контроллера микроклимата. В исследованиях, выполненных в марте-апреле 2024 года на птицефабрике ООО «Челны-Бройлер» (Республика Татарстан) в условиях континентального климата бройлеров кросса «Росс 308» выращивали до 39-суточного возраста. Для опыта сформировали 3 группы суточных цыплят, которых разместили в трёх различных производственных корпусах. Воздухообмен в птичнике обеспечивала приточно-вытяжная вентиляция, работающая по принципу отрицательного давления. В опытных группах 2 и 3 для повышения равномерности воздухообмена применяли дополнительные элементы системы вентиляции – циркуляционные осевые вентиляторы SF-550-02 производительностью 8,5 тыс. м³/ч каждый (во 2-й группе 3 шт., в 3-й группе 5 шт.). Экспериментально установлено, что для повышения зоотехнической и экономической эффективности выращивания бройлеров, снижения амплитуды температуры, относительной влажности воздуха и устранения микроклиматической зональности в птичниках (учитывая расчётные значения индекса равномерности микроклимата) рекомендуется повышать интенсивность циркуляции воздуха в переходный климатический период года за счет дополнительной циркуляции воздуха с интенсивностью 25,5 тыс. м³/ч при помощи 3 циркуляционных вентиляторов производительностью 8,5 тыс. м³/ч в помещении закрытого типа с общей площадью пола 1152 м². Включение циркуляционных вентиляторов производить начиная с 10-суточного возраста бройлеров синхронно с работой газогенераторов открытого горения.

Ключевые слова: бройлеры, микроклимат, индекс равномерности микроклимата, воздухообмен, циркуляция воздуха, зоотехническая и экономическая эффективность

Для цитирования: Малородов В. В. Выращивание бройлеров на глубокой подстилке при различной интенсивности циркуляции воздуха в птичниках в переходный климатический период года // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 31–39. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-31-39

Original article

Growing of broilers on deep litter with varying air circulation intensity in poultry houses during the transitional climatic period of the year

Viktor V. Malorodov

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

malorodov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

Abstract. The intensification of broiler meat production is associated with the need for additional control of technological processes. One of the main conditions for the effective growing of chickens, along with the genotype and factors determining the phenotype of poultry, is the microclimate in the poultry houses of industrial enterprises. As practice shows, it is currently not enough to control the air exchange and heating of poultry based on the indicators of the microclimate controller. In studies performed in March-April 2024 at the poultry farm of Naberezhnye Chelny-Broiler LLC (Republic of Tatarstan) in a continental climate, Ross 308 cross broilers were raised to 39 days of age. For the experiment, 3 groups of day-old chickens were formed, which were placed in three different production buildings. The air exchange in the poultry house was provided by supply and exhaust ventilation, operating on the principle of negative pressure. In experimental groups 2 and 3, additional elements of the ventilation system were used to increase the uniformity of air exchange – SF-550-02 circulating axial fans, each with a capacity of 8,5 thousand m³/h (in group 2 – 3 units, in group 3 – 5 units). It has been experimentally established that in order to increase the zootechnical and economic efficiency of broiler farming, reduce the amplitude of temperature, relative humidity and eliminate microclimatic zonation in poultry houses, taking into account the calculated values of the microclimate uniformity index, it is recommended to increase the intensity of air circulation during the transitional climatic period of the year by applying additional air circulation with an intensity of 25,5 thousand m³/h using 3 circulation fans, each with a capacity of 8,5 thousand m³/h in an enclosed space with a total floor area of 1152 m². The circulation fans should be switched on starting from the age of 10 days of the broilers, synchronously with the operation of open-burning gas generators.

Keywords: broilers, microclimate, microclimate uniformity index, air exchange, air circulation, zootechnical and economic efficiency

For citation: Malorodov V.V. Growing of broilers on deep litter with varying air circulation intensity in poultry houses during the transitional climatic period of the year. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):31–39. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-31-39

Введение. Интенсификация производства мяса бройлеров связана с необходимостью дополнительного контроля технологических процессов. Одним из основных условий эффективного выращивания цыплят наряду с генотипом и факторами, определяющими фенотип птицы, является микроклимат в птичниках промышленных предприятий. Как показывает практика, в настоящее время недостаточно контролировать воздухообмен и обогрев птицы, опираясь на показатели контроллера микроклимата [1]. Применяют также мобильные измерительные системы, позволяющие в режиме реального времени отображать фактические параметры микроклимата в отдельных частях и зонах птичника [2, 3]. На современных птицефабриках применяют высокоэффективные системы вентиляции и рекуперации тепла [4], однако из-за большой площади и объёмов промышленных помещений для выращивания бройлеров существует необходимость создания однородных микроклиматических условий на всей производственной площади [5].

В переходный для центральных регионов Российской Федерации климатический период года (весна и осень) критическим для контроля параметром микроклимата является относительная влажность воздуха, так как увеличивается среднесуточное количество осадков. Переувлажнение воздуха в птичнике влечёт за собой снижение скорости движения воздуха, увеличение концентрации аммиака в воздухе, ухудшение качества подстилочного материала и, как следствие, снижение эффективности выращивания бройлеров [6]. Снизить количество влаги в воздухе возможно за счёт изменения интенсивности воздухообмена и внутренней циркуляции воздуха в птичнике [7]. Дополнительное перемешивание воздушных потоков позволяет также снизить концентрацию вредных газов на отдельных участках производственной площади птичника [8].

Необходимо формировать равномерный микроклимат на всей производственной площади птичников, так как микроклиматическая зональность в помещениях для выращивания цыплят на глубокой подстилке снижает эф-

фективность производства мяса бройлеров [9]. Один из технологических способов формирования равномерного микроклимата в промышленных птичниках – применение циркуляционных вентиляторов, обеспечивающих дополнительное перемешивание воздушных потоков в помещении [10]. Дополнительная циркуляция воздуха в птичнике способствует увеличению скорости роста бройлеров при выращивании на глубокой подстилке и улучшает здоровье вентральной поверхности стоп ног [11].

Цель исследования – научно обосновать необходимость повышения интенсивности циркуляции воздуха в птичнике для эффективного выращивания бройлеров на глубокой подстилке в переходный климатический период года.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования выполнены в марте-апреле 2024 года на птицефабрике ООО «Челны-Бройлер» (Республика Татарстан) в условиях континентального климата. Бройлеров кросса «Росс 308» выращивали до 39-суточного возраста на глубокой подстилке с плотностью посадки 18,5 гол./м² производственной площади, идентичной во всех группах. Схема опыта представлена в таблице 1. Для опыта сформировали 3 группы суточных цыплят, которых разместили в трёх различ-

ных производственных корпусах размером 12×96×4 м каждый с общей площадью пола 1152 м². В каждом птичнике (группе) из всего поголовья методом случайной выборки отбирали по 90 цыплят без разделения по полу для индивидуального учёта живой массы. Кормление осуществляли 7-фазовое с фронтом кормления 2,5 см/гол.; поение ниппельное с нагрузкой 10 гол./ниппель. Цыплята всех групп получены от одновозрастной (45 недель) птицы родительского стада.

Воздухообмен в птичнике обеспечивали приточно-вытяжной вентиляцией, работающей по принципу отрицательного давления. Регулирование системы вентиляции производили посредством контроллера микроклимата «Ротэм». Приток воздуха из внешней среды обеспечивался приточными шахтами в количестве 12 шт., установленными в крыше через каждые 6–7 м друг от друга в шахматном порядке. Регулирование степени открытия заслонок приточных шахт осуществлялось в соответствии с минимальным уровнем работы вентиляции. Удаление воздуха из птичника обеспечивали с помощью 4 аналогичных вытяжных вентиляторов суммарной производительностью 74 тыс. м³/ч в режиме минимальной работы вентиляторов, установленных в тыльной торцевой стене.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of experience

Показатель	Группа		
	1-я (к)	2-я	3-я
Количество циркуляционных вентиляторов, штук	–	3	5
Суммарная производительность, тыс. м ³ /ч	–	25,5	42,5
Синхронная работа вентиляторов с газогенераторами, зона птичника	–	Передняя торцевая (слева) и центральная (слева и справа)	Передняя торцевая (слева и справа), центральная (слева и справа) и тыльная торцевая (слева)

Отопление птичника осуществляли шестью газогенераторами открытого горения с дальностью тепловой струи воздуха до 70 м, установленными по 3 шт. с каждой стороны корпуса на высоте 1,8 м от уровня пола до центра выходного отверстия газогенератора

на расстоянии 1,5 м от стены и направленными вдоль наружной к окружающей среде стены к вытяжной вентиляции. Факелы горения были направлены к центру зала с обеспечением направления воздушного потока по часовой стрелке.

В опытных группах 2 и 3 для повышения равномерности воздухообмена применяли дополнительные элементы системы вентиляции – циркуляционные осевые вентиляторы SF-550-02 производительностью 8,5 тыс. м³/ч каждый (во 2-й группе 3 шт., в 3-й группе 5 шт.). Включение циркуляционных вентиляторов осуществляли начиная с 10-суточного возраста бройлеров синхронно с работой системы отопления. До 10-суточного возраста цыплят система отопления работала автономно без циркуляционных вентиляторов. В контрольной группе циркуляционные вентиляторы отсутствовали.

Технологические условия выращивания бройлеров соблюдали в соответствии с руководством производителя кросса бройлеров [12].

Параметры микроклимата измеряли на уровне головы стоящей птицы от 7 до 25 см от уровня пола в зависимости от возраста птицы. Измерение параметров микроклимата проводили еженедельно начиная с суточного возраста цыплят в одно и то же время суток (с 10 до 12 ч). Параметры микроклимата учитывали в соответствии с техническим паспортом измерительных приборов в течение 1 минуты в одной точке измерения для одного показателя. Все измерительные приборы сертифицированы, калиброваны и поверены.

Для переходного периода года в настоящем исследовании определили 6 точек измерения параметров микроклимата (по две в передней, средней и тыльной частях птичника по левую и правую сторону соответственно в равноудалённых зонах размещения птицы). Учёт и расчёт значений амплитуды отклонений температуры и относительной влажности воздуха, индекса равномерности микроклимата выполняли еженедельно в период с 14-суточного до предубойного возраста цыплят.

Для контроля равномерности распределения воздушных потоков в птичнике применяли индекс равномерности микроклимата (ИРМ), рассчитываемый по распределению концентрации углекислого газа в воздушной среде производственного помещения:

$$\text{ИРМ} = \frac{\bar{X}}{\sum \pm \Delta \bar{X}},$$

где

\bar{X} – среднее арифметическое значение измерений содержания CO₂;

$\sum \pm \Delta \bar{X}$ – сумма положительных и отрицательных отклонений от среднего арифметического значения [13].

Результаты и обсуждение. Результаты измерения температуры воздуха в шести различных микроклиматических зонах птичника представлены в таблице 2. Косвенно подтвердить повышение равномерности воздухообмена (микроклимата) в помещении возможно, интерпретируя данные об амплитуде температуры воздуха в пределах возраста бройлеров. По мере уменьшения амплитуды (разности между максимальным и минимальным значением измерений) повышается однородность микроклимата на всей производственной площади. В переходный климатический период года, судя по значениям амплитуды температуры воздуха, достаточно применение 3 вентиляторов для обеспечения дополнительной циркуляции воздуха в птичнике. В среднем за весь период выращивания амплитуда температуры воздуха в группе 2 по сравнению с контрольной группой ниже в 2 раза, по сравнению с группой 3 – в 1,6 раза.

Результаты измерения относительной влажности воздуха в шести различных микроклиматических зонах птичника представлены в таблице 3. Аналогичная с температурой тенденция наблюдается при анализе относительной влажности воздуха, что свидетельствует о достаточности 3 вентиляторов для обеспечения дополнительной циркуляции воздуха в птичнике. В среднем за весь период выращивания амплитуда относительной влажности воздуха в группе 2 по сравнению с контрольной группой ниже в 2,1 раза, по сравнению с группой 2 – в 1,7 раза.

Расчётные значения индекса равномерности микроклимата (ИРМ) по концентрации углекислого газа представлены в таблице 4. Среднее арифметическое значение ИРМ в группе 2 выше по сравнению с группами 1 (контрольной) и 2 на 4,2 и 1,5 единицы соответственно.

Интерпретировать полученные индексные значения (табл. 4) возможно по разработанной нами шкале оценки индекса равномерности микроклимата (табл. 5).

Результаты расчёта индекса в контрольной группе за весь период выращивания бройлеров указывают на недостаточно равномерный микроклимат и необходимость регулировки цикла работы системы вентиляции. В группе 3 ИРМ за весь период выращивания бройле-

ров соответствует достаточно равномерному микроклимату. Наивысший индекс равномерности микроклимата, полученный за весь период выращивания бройлеров в группе 2 (8,3 единицы), указывает на оптимальный

микроклимат в помещении и подтверждает целесообразность применения 3 вентиляторов для дополнительной циркуляции воздуха в птичнике в переходный климатический период года.

Таблица 2. Максимальные (max), минимальные (min) и амплитудные (A) значения температуры воздуха в птичнике, °С

Table 2. Maximum (max), minimum (min) and amplitude (A) values of the air temperature in the poultry house, °C

Возраст, сутки	Группа								
	1-я (к)			2-я			3-я		
Значение	max	min	A	max	min	A	max	min	A
14	30,7	28,0	2,7	30,4	29,4	1,0	31,5	30,2	1,3
21	29,8	27,5	2,3	28,2	26,1	2,1	29,5	27,2	2,3
28	26,9	24,8	2,1	26,2	25,1	1,1	26,3	24,9	1,4
35	22,8	20,4	2,4	23,0	21,4	1,6	23,7	21,4	2,3
39	24,2	21,8	2,4	23,2	22,8	0,4	23,5	21,5	2,0
Среднее значение	–	–	2,4	–	–	1,2	–	–	1,9

Таблица 3. Максимальные (max), минимальные (min) и амплитудные (A) значения относительной влажности воздуха в птичнике, %

Table 3. Maximum (max), minimum (min) and amplitude (A) values of relative humidity in the poultry house, %

Возраст, сутки	Группа								
	1-я (к)			2-я			3-я		
Значение	max	min	A	max	min	A	max	min	A
14	40,7	33,5	7,2	41,4	38,4	3,0	44,4	38,6	5,8
21	60,3	54,0	6,3	59,0	56,4	2,6	61,8	56,3	5,5
28	70,7	69,0	1,7	69,8	69,0	0,8	70,4	68,9	1,5
35	69,4	67,0	2,4	71,4	69,5	1,9	71,8	69,8	2,0
39	71,8	69,5	2,3	71,6	70,4	1,2	71,2	69,8	1,4
Среднее значение	–	–	4,0	–	–	1,9	–	–	3,2

Таблица 4. Индекс равномерности микроклимата (ИРМ) в воздушном пространстве птичника, единиц

Table 4. Microclimate uniformity index (MUI) in the air space of the poultry house, units

Возраст, сутки	Группа		
	1-я (к)	2-я	3-я
14	5,7	7,5	4,2
21	4,3	8,1	4,3
28	1,8	8,4	5,3
35	7,8	7,8	14,4
39	1,2	9,9	5,9
Среднее арифметическое значение за 25 суток	4,1	8,3	6,8

Таблица 5. Шкала оценки индекса равномерности микроклимата (ИРМ) в птичниках
Table 5. Scale of assessment of the microclimate uniformity index (MUI) in poultry houses

Сумма отклонений от среднего значения ИРМ, %	ИРМ, единиц	Оценка	Рекомендации производству
≤12,5	≥8,0	Микроклимат оптимальный	–
12,6–20,0	7,9–5,0	Микроклимат достаточно равномерный	Контроль за временем работы газогенераторов, электрозапитанных с циркуляционными вентиляторами
20,1–30,0	4,9–3,3	Микроклимат недостаточно равномерный	Регулировка цикла работы системы вентиляции
30,1–40,0	3,2–2,5	Микроклимат неравномерный	Установка дополнительно 3-х циркуляционных вентиляторов производительностью 8,5 тыс. м ³ /ч каждый
40,1–50,0	2,4–2,0	Микроклимат значительно неравномерный	Увеличение количества циркуляционных вентиляторов от 4 до 6 производительностью 8,5 тыс. м ³ /ч каждый
>50,0	<2,0	Микроклимат критически неравномерный	Необходимы конструктивные и технические изменения в приточно-вытяжной вентиляции и системе отопления

Примечание: данные справедливы для любого диапазона значений по содержанию углекислого газа в воздухе птичника.

Основные сведения об эффективности выращивания бройлеров приведены в таблице 6. Средняя живая масса цыплят между группами недостоверна и различается в пределах 15,8 г. Аналогичная тенденция прослеживается по итогам расчёта среднесуточного прироста бройлеров. Убойный выход различался между группами несущественно. Сохранность пого-

ловья бройлеров в группе 2 выше, чем в группах 1 и 3, на 0,6–0,7%. Расход корма на единицу прироста в группах практически не различался. Итоговый комплексный показатель зоотехнической эффективности выращивания цыплят – индекс продуктивности бройлеров (ИПБ) в группе 2 составил 413 единиц, что на 1%, или 4 единицы, выше, чем в группах 1 и 3.

Таблица 6. Результаты выращивания бройлеров
Table 6. Results of broilers growing

Показатель	Группа		
	1-я (к)	2-я	3-я
Средняя предубойная живая масса цыплят, г	2496,3±21,3	2501,7±20,8	2512,1±22,3
Среднесуточный прирост, г	63,0	63,1	63,4
Убойный выход, %	75,0	75,1	75,2
Сохранность, %	92,6	93,3	92,7
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,45	1,45	1,46
ИПБ, единиц	409	413	409

В таблице 7 приведены расчёты экономической эффективности производства мяса бройлеров в птичниках с различной интенсивностью дополнительной циркуляции воздуха. Исходя из наибольшей полученной выручки в

группе 2, вследствие производства большего количества мяса бройлеров получено прибыли больше на 2,9 и 1,0 тыс. руб. соответственно. Уровень рентабельности по сравнению с группами 1 и 3 выше на 1,6 и 0,6% соответственно.

Таблица 7. Экономическая эффективность производства мяса бройлеров
в расчёте на 1000 голов начального поголовья
Table 7. Economic efficiency of broiler meat production
per 1,000 head of initial livestock

Возраст, сутки	Группа		
	1-я (к)	2-я	3-я
Поголовье выращенных бройлеров, голов	926	933	927
Производство мяса бройлеров в живой массе, кг	2312	2334	2329
Выручка от реализации мяса бройлеров в живой массе, тыс. руб.	208,1	210,1	209,6
Полная себестоимость мяса бройлеров в живой массе, тыс. руб.	193,0	192,1	192,6
Прибыль, тыс. руб.	15,1	18,0	17,0
Уровень рентабельности, %	7,8	9,4	8,8

Выводы. Для повышения зоотехнической и экономической эффективности выращивания бройлеров, снижения амплитуды температуры, относительной влажности воздуха и устранения микроклиматической зональности в птичниках (учитывая расчётные значения индекса равномерности микроклимата) рекомендуется повышать интенсивность циркуляции воздуха в переходный климатический период года за

счет дополнительной циркуляции воздуха с интенсивностью 25,5 тыс. м³/ч при помощи 3 циркуляционных вентиляторов производительностью 8,5 тыс. м³/ч каждый в помещении закрытого типа с общей площадью пола 1152 м². Включение циркуляционных вентиляторов, синхронно работающих с газогенераторами открытого горения, следует производить начиная с 10-суточного возраста бройлеров.

Список литературы

1. CFD Simulation of Dynamic Temperature Variations Induced by Tunnel Ventilation in a Broiler House / L.-Y. Choi, K.F. Daniel, S.-Y. Lee [et al.] // *Animals*. 2024. Vol. 14. No. 20. P. 3019. DOI: 10.3390/ani14203019
2. Development of a computer-controlled closed-circuit respiratory calorimetry system to determine dietary energy utilization in broilers / H. Liu, F. Zhao, T. Sun [et al.] // *Journal of Animal Science*. 2025. No. 103. P. skaf369. DOI: 10.1093/jas/skaf369
3. Wathes C. M., Clark J. A. Sensible heat transfer from the fowl: radiative and convective heat losses from a flock of broiler chickens // *British Poultry Science*. 1981. Vol. 22. No. 2. Pp. 185–196. DOI: 10.1080/00071688108447876
4. Resource use efficiency of broiler production in tunnel-ventilated environmental control vis-à-vis open-sided conventional shed during summer / M. Kaur, A. Sharma, R. Gupta, [et al.] // *Tropical Animal Health and Production*. 2017. No. 8. Pp. 1591–1596. DOI: 10.1007/s11250-017-1363-z
5. Beek van G., Beeking F.F. A simple steady state model of the distribution of vertical temperature in broiler houses without internal air circulation // *British Poultry Science*. 1995. No. 3. Pp. 341–356. DOI: 10.1080/00071669508417782
6. Weaver Jr.W.D., Meijerhof R. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens // *Poultry Science*. 1991. Vol. 70. No. 4. Pp. 746–755. DOI: 10.3382/ps.0700746
7. Computational Fluid Dynamics Modeling of a Broiler House Microclimate in Summer and Winter / E. Küçüktopcu, B. Cemek, H. Simsek, J.-Q. Ni // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 12. No. 7. P. 867. DOI: 10.3390/ani12070867
8. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production / S. Calvet [et al.] // *Poultry Science*. 2011. Vol. 90. No. 11. Pp. 2449–2458. DOI: 10.3382/ps.2011-01580

9. Скляр А. В., Попов В. А. Особенности регулировки минимального уровня вентиляции в птичниках в холодный период года // Птицеводство. 2024. № 12. С. 61–65. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-12-61-65. EDN: IVXPPZ
10. Эффективность применения циркуляционных вентиляторов в помещении для выращивания бройлеров в холодный период года / А. К. Османян [и др.] // Зоотехния. 2020. № 1. С. 19–21. DOI: 10.25708/ZT.2019.77.27.008. EDN: DJUJPV
11. Effects of Circulation Fans on Broiler Welfare Indicators in Commercial Houses During Cold Seasons / Z. McMillian [et al.] // Journal of Applied Animal Welfare Science. 2025. Pp. 1–14. DOI: 10.1080/10888705.2025.2464560
12. Бройлеры Ross. Руководство по содержанию. 2025. 136 с. [Электронный ресурс]. URL: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/Aviagen-ROSS-Broiler-Handbook-RU.pdf (дата обращения: 12.02.2026).
13. Османян А. К., Малородов В. В. К вопросу о критериях комплексной оценки эффективности производства мяса бройлеров // Птицеводство. 2022. № 1. С. 47–51. DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-1-47-51. EDN: EHWOCB

References

1. Choi L.-Y., Daniel K.F., K.F. Lee K.F. [et al.]. CFD Simulation of Dynamic Temperature Variations Induced by Tunnel Ventilation in a Broiler House. *Animals*. 2024;14(20):3019. DOI: 10.3390/ani14203019
2. Liu H., Zhao F., Sun T. [et al.]. Development of a computer-controlled closed-circuit respiratory calorimetry system to determine dietary energy utilization in broilers. *Journal of Animal Science*. 2025;(103):skaf369. DOI: 10.1093/jas/skaf369
3. Wathes C.M., Clark J.A. Sensible heat transfer from the fowl: radiative and convective heat losses from a flock of broiler chickens. *British Poultry Science*. 1981;22(2):185–96. DOI: 10.1080/00071688108447876
4. Kaur M., Sharma A., Gupta R. [et al.]. Resource use efficiency of broiler production in tunnel-ventilated environmental control vis-à-vis open-sided conventional shed during summer. *Tropical Animal Health and Production*. 2017;(8):1591–1596. DOI: 10.1007/s11250-017-1363-z
5. Beek van G., Beeking F.F. A simple steady state model of the distribution of vertical temperature in broiler houses without internal air circulation. *British Poultry Science*. 1995;(3):341–56. DOI: 10.1080/00071669508417782
6. Weaver Jr.W.D., Meijerhof R. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science*. 1991;70(4):746–55. DOI: 10.3382/ps.0700746
7. Küçüktopcu E., Cemek B., Simsek H., Ni J.-Q. Computational Fluid Dynamics Modeling of a Broiler House Microclimate in Summer and Winter *Animals (Basel)*. 2022;12(7):867. DOI: 10.3390/ani12070867
8. Calvet S. [et al.]. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*. 2011;90(11):2449–2458. DOI: 10.3382/ps.2011-01580
9. Sklyar A.V., Popov V.A. Adjusting the minimal ventilation level in poultry houses during the cold season. *Ptitsevodstvo*. 2024;73(12):61–65. (In Russ.). DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-12-61-65
10. Osmanyanyan A.K. [et al.]. The efficacy of ventilation fans in the premises for growing broilers in cold season. *Zootekhnika*. 2020;(1):19–21. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2019.77.27.008. EDN: DJUJPV
11. McMillian Z. [et al.]. Effects of Circulation Fans on Broiler Welfare Indicators in Commercial Houses During Cold Seasons. *Journal of Applied Animal Welfare Science*. 2025:1–14. DOI: 10.1080/10888705.2025.2464560
12. Ross Broiler Management Guide. 2025. 136 p. [Electronic resource]. URL: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/Aviagen-ROSS-Broiler-Handbook-RU.pdf (accessed: 12.02.2026). (In Russ.)
13. Osmanyanyan A.K., Malorodov V.V. On the Criteria and Indices for the Comprehensive Assessment of the Efficiency of Broiler Meat Production. *Ptitsevodstvo*. 2022;(1):47–51. (In Russ.). DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-1-47-51. EDN: EHWOCB

Сведения об авторе

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 author

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

*Статья поступила в редакцию 25.03.2026;
одобрена после рецензирования 16.04.2026;
принята к публикации 23.04.2026.*

*The article was submitted 25.03.2026;
approved after reviewing 16.04.2026;
accepted for publication 23.04.2026.*

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

Научная статья

УДК 636.234.1:636.082

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-40-48

**Взаимосвязь индекса племенной ценности по удою и экстерьерной
оценки дочерей канадских голштинов**

Заурбек Магометович 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. Авторами статьи была изучена взаимосвязь показателей племенной ценности быков-производителей и экстерьерной оценки их дочерей, проведенной новым методом, суть которого заключается в определении у дочерей сравниваемых производителей удельного веса экстерьерных признаков с оптимальным развитием и установлении с помощью специальной шкалы категории типа телосложения. Цель исследования заключалась в проведении сравнительного анализа с последующим определением коэффициента корреляции показателей племенной ценности по удою и экстерьерной оценки дочерей 34 голштинских быков-производителей АО «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» (Московская область). Объектом исследования служили голштинские быки-производители канадской селекции, относящиеся к линиям Рефлекшн Соверинг 198998 (n=18) и Вис Бэк Айдиал 1013415 (n=16). В ходе исследования установили, что по среднему показателю племенной ценности по удою быки-производители линии Рефлекшн Соверинг 198998 статистически достоверно (p>0,999) превосходили быков-производителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415 на 150 кг. У быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 средняя экстерьерная оценка дочерей была выше, чем у быков-производителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415, на 15,3 (p>0,999). Между показателями племенной ценности и экстерьерной оценки дочерей голштинских быков-производителей канадской селекции установлена положительная средняя корреляция (+0,406±0,143; p>0,99) и, следовательно, отбор быков-производителей по племенной ценности приводит к улучшению не только молочной продуктивности, но и экстерьера их дочерей.

Ключевые слова: голштинская порода, корова, бык-производитель, показатель племенной ценности, молочная продуктивность, экстерьерная оценка, корреляция

Для цитирования: Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Взаимосвязь индекса племенной ценности по удою и экстерьерной оценки дочерей канадских голштинов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 40–48. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-40-48

Original article

The relationship between the breeding value index for milk yield and the exterior assessment of Canadian Holstein daughters

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

Kabardino-Balkarian State Agricultural 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 authors of this article examined the relationship between the breeding value of sires and the conformation assessment of their daughters. The method involves determining the proportion of optimally developed conformation traits in the daughters of compared sires and establishing a body type category using a special scale. The aim of the study was to conduct a comparative analysis and then determine the correlation coefficient between the breeding value for milk yield and the conformation assessment of the daughters of 34 Holstein sires of JSC «Head Center for Reproduction of Agricultural Animals» (Moscow Region). The subjects of the study were Canadian-bred Holstein sires belonging to the Reflection Sovereign 198998 (n=18) and With Back Ideal 1013415 (n=16) lines. The study found that, in terms of average breeding value for milk yield, sires of the Reflection Sovereign 198998 line statistically significantly ($p>0,999$) exceeded sires of the With Back Ideal 1013415 line by 150 kg. The average conformation score of daughters of sires of the Reflection Sovereign 198998 line was higher than that of sires of the With Back Ideal 1013415 line by 15,3 ($p>0,999$). A positive average correlation ($+0,406\pm 0,143$; $p>0,99$) was established between the breeding value and exterior assessment of the daughters of Canadian-bred Holstein bulls, and, therefore, the selection of breeding bulls based on breeding value leads to an improvement not only in milk productivity, but also in the exterior of their daughters.

Keywords: Holstein breed, cow, sire, breeding value indicator, milk productivity, exterior evaluation, correlation

For citation: Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleynsheva M.G. The relationship between the breeding value index for milk yield and the exterior assessment of Canadian Holstein daughters. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):40–48. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-40-48

Введение. В селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом молочных и молочно-мясных пород экстерьерная оценка коров играет важную роль, так как она в определенной степени связана с продуктивностью животных и может служить для косвенного отбора высокоудойных коров.

В современном молочном скотоводстве при оценке качества потомства быков-производителей, кроме показателей молочной продуктивности, уделяют внимание также экстерьеру их дочерей [1–7]. Оценку экстерьера дочерей быков-производителей осуществляют на основе линейной системы (система А) по восемнадцати признакам, которая не позволяет проводить ранжирование срав-

ниваемых групп коров-первотелок, и на основе 100-балльной системы (система Б) по величине общей оценки (ОЦ), рассчитываемой с учетом удельно-весовых коэффициентов пяти признаков и позволяющей проводить ранжирование, но при этом количество оцениваемых экстерьерных признаков, в сравнении с системой А, уменьшается в 3,6 раза. С учетом названных недостатков каждой из систем оценки экстерьера авторами ранее был предложен новый метод оценки экстерьера молочного скота [8].

Предложенный нами методический подход по определению категорий (классов) типов телосложения коров молочных и молочно-мясных пород основан на использовании ре-

зультатов линейной системы оценки экстерьера (система А). Суть этого метода заключается в определении у оцениваемых животных удельного веса экстерьерных признаков с оптимальным развитием и установлении с по-

мощью специальной шкалы категории (класса) типа телосложения.

Оптимальные величины оцениваемых экстерьерных признаков молочных коров показаны в таблице 1.

Таблица 1. Оптимальные величины восемнадцати экстерьерных признаков молочного скота (система А)

Table 1. Optimal values for eighteen exterior traits of dairy cattle (system A)

Название экстерьерного признака	Критерии оценки экстерьерного признака	Оптимальная величина, баллы	Коэффициент значимости
1	2	3	4
Рост	Расстояние по вертикали от наивысшей точки крестцовой кости до поверхности пола (высота в крестце)	5–7	1
Глубина туловища	Глубина средней части туловища в области последнего ребра	6–8	1
Крепость телосложения	Передняя часть туловища – вид спереди и ширина грудной кости	5–6	1
Молочные формы*	Открытость и плоскость ребра, расстояние между ребрами и их наклон, худощавость бедер и длина шеи	6–9	1–1,6
Длина крестца	Расстояние от крайнего переднего выступа маклока до крайнего заднего внутреннего выступа седалищного бугра (боковая длина зада)	5	1
Положение таза	Наклон предполагаемой линии между маклоками и седалищными буграми	5	1
Ширина таза*	Ширина в наружных выступах седалищных бугров (ширина в седалищных буграх)	6–9	1–1,6
Обмускуленность**	Степень развития мускулатуры в области крестца и бедер	5	1
Постановка задних конечностей (вид сбоку)	Угол изгиба задней конечности в области скакательного сустава	5–6	1
Угол копыта	Угол, образованный передней стенкой копыта задней конечности относительно плоскости пола	5–6	1
Прикрепление передних долей вымени*	Угол соединения области живота с передними долями вымени	6–9	1–1,6
Длина передних долей вымени*	Расстояние по горизонтали от точки соединения вымени с туловищем до боковой борозды вымени	6–9	1–1,6
Высота прикрепления задних долей вымени	Расстояние между нижним краем вульвы и верхней линией секреторной части вымени	7–9	1
Ширина задних долей вымени*	Расстояние по горизонтали между точками прикрепления вымени к телу	6–9	1–1,6
Борозда вымени	Глубина борозды вымени, образуемая центральной поддерживающей связкой, между задними четвертями	5–7	1
Положение дна вымени	Расстояние между предполагаемой линией на уровне скакательного сустава и нижней точкой вымени	5–6	1
Расположение передних сосков	Расстояние между кончиками передних сосков	5–8	1
Длина сосков	Расстояние между основанием и кончиком переднего соска	5–8	1

Примечание:

* – экстерьерные признаки, которым, в зависимости от количества баллов, соответствуют следующие коэффициенты значимости: 6 баллов – 1; 7 баллов – 1,2; 8 баллов – 1,4; 9 баллов – 1,6;

** – этот экстерьерный признак не всегда оценивается, и поэтому количество учитываемых признаков может составлять 17.

Следует отметить, что в случае, если оцениваемый признак находится в границах оптимальной величины (графа 3 таблицы 1), ему соответствует коэффициент значимости 1–1,6 (графа 4 таблицы 1). Если экстерьерный признак по количеству полученных при проведении оценки баллов не входит в указанные в графе 3 границы, его коэффициент значимости равен 0.

В каталогах быков-производителей, оцененных по качеству потомства, экстерьерный профиль их дочерей приводится с нормированными отклонениями признаков (t_n) от средних значений по популяции (\bar{X}). При использовании данных каталога, когда величина \bar{X} неизвестна, можно условно приравнять ее к 5 баллам (среднее значение максимального и минимального баллов), и для определения количества баллов (Б) по каждому экстерьерному признаку следуют использовать следующую формулу: $B=5+1,33 \times t_n$.

После того как у оцениваемой коровы рассчитан удельный вес экстерьерных признаков с оптимальным развитием, с помощью специальной шкалы (табл. 2) определяют категорию (класс) типа телосложения этого животного.

Таблица 2. Шкала определения категории (класса) типа телосложения молочной коровы
Table 2. Scale for determining the category (class) of body type of a dairy cow

Категория (класс)	Удельный вес экстерьерных признаков с оптимальным развитием, %
Превосходный	90,0 и более
Отличный	80,0–89,9
Хороший с плюсом	70,0–79,9
Хороший	60,0–69,9
Удовлетворительный	50,0–59,9
Плохой	49,9 и менее

Пример расчета величины экстерьерной оценки и определение на ее основе категории (класса) типа телосложения дочерей голштинского быка-производителя Супер 106646040 показан в таблице 3.

Цель исследования – провести сравнительный анализ с последующим определением взаимосвязи показателей племенной цен-

ности и экстерьерной оценки дочерей 34 голштинских быков-производителей разной линейной принадлежности.

Задачи исследования

1. Определить степень межлинейных различий быков-производителей по показателю племенной ценности (ПЦ).
2. Определить степень межлинейных различий быков-производителей по экстерьерной оценке дочерей (ЭОД).
3. Установить силу влияния линейной принадлежности на ПЦ и ЭОД быков-производителей.
4. Рассчитать коэффициент корреляции (r) ПЦ и ЭОД быков-производителей.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводили по материалам племенного учета голштинских быков-производителей акционерного общества «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» (Московская область, поселок Быково).

Объектом исследования служили 34 голштинских быка-производителя канадской селекции, относящихся к линиям Рефлекшн Соверинг 198998 и Вис Бэк Айдиал 1013415.

Исследования проводили согласно схеме, отраженной в таблице 4.

Экстерьерную оценку дочерей (ЭОД) быков-производителей рассчитывали по описанной выше методике. Силу влияния линейной принадлежности на ПЦ и ЭОД определяли на основе дисперсного анализа однофакторных комплексов [9].

Результаты исследования. Проводя сравнительный анализ племенной ценности (ПЦ) голштинских быков-производителей двух линий, установили наличие различий по удельному весу производителей, улучшающих и ухудшающих молочную продуктивность коров (табл. 5).

Как видно из таблицы 5, у быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 удельный вес производителей, улучшающих удои, составил 66,7%, что на 22,9 абс.% больше, чем у быков-производителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415. В то же время удельный вес быков-производителей, ухудшающих удои, среди представителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 был равен 33,3% против 56,2% у представителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415.

Таблица 3. Расчет величины экстерьерной оценки и определение категории (класса) типа телосложения дочерей голштинского быка-производителя Супер 106646040

Table 3. Calculating the Conformation Score and Determining the Body Type Category (Class) for Daughters of a Holstein Stud Super 106646040

Название экстерьерного признака	Оптимальная величина, баллы (таблица 1, графа 3)	Нормированное отклонение (t_n), доли сигмы	Количество баллов, рассчитанное по формуле: $B=5+1,33 \times t_n$	Коэффициент значимости (таблица 1, графа 4)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Рост	5–7	+1,40	7	1
Глубина туловища	6–8	–0,60	4	0
Крепость телосложения	5–6	–0,20	5	1
Молочные формы	6–9	+1,80	7	1,2
Длина крестца	5	+0,20	5	1
Положение таза	5	+0,40	6	0
Ширина таза	6–9	–0,20	5	0
Обмускуленность	5	–	–	–
Постановка задних конечностей (вид сбоку)	5–6	+0,80	6	1
Угол копыта	5–6	+0,20	5	1
Прикрепление передних долей вымени	6–9	+0,40	6	1
Длина передних долей вымени	6–9	+0,80	6	1
Высота прикрепления задних долей вымени	7–9	+1,20	7	1
Ширина задних долей вымени	6–9	+1,40	7	1,2
Борозда вымени	5–7	+1,40	7	1
Положение дна вымени	5–6	+0,80	6	1
Расположение передних сосков	5–8	0,00	5	1
Длина сосков	5–8	+0,20	5	1
Сумма коэффициентов значимости	14,4			
Удельный вес оптимально развитых экстерьерных признаков, %	$\frac{14,4 \cdot 100}{17} = 84,7$			
Категория (класс) типа телосложения согласно специальной шкале (таблица 2)	Отличный			

Таблица 4. Схема проводимого исследования
Table 4. Scheme of the study

Изучаемый показатель	Линия	n
Показатель племенной ценности быков-производителей (ПЦ)	Рефлекшн Соверинг 198998	18
	Вис Бэк Айдиал 1013415	16
Экстерьерная оценка дочерей быков-производителей (ЭОД)	Рефлекшн Соверинг 198998	18
	Вис Бэк Айдиал 1013415	16
Сила влияния (η_x^2) линейной принадлежности на ПЦ	–	34
Сила влияния (η_x^2) линейной принадлежности на ЭОД	–	34
Коэффициент корреляции (r) ПЦ-ЭОД	–	34

Таблица 5. Удельный вес быков-производителей, улучшающих и ухудшающих
молочную продуктивность коров
Table 5. Proportion of breeding bulls that improve and worsen milk productivity of cows

Линия	Количество быков- производителей, голов	Быки-производители			
		улучшающие удой		ухудшающие удой	
		голов	%	голов	%
Рефлекшн Соверинг 198998	18	12	66,7	6	33,3
Вис Бэк Айдиал 1013415	16	7	43,8	9	56,2
Всего	34	19	55,9	15	44,1

В целом удельный вес быков-производителей, проявивших улучшающий эффект по удою, оказался на 11,8 абс.% выше, чем быков-производителей с ухудшающим эффектом по удою.

Средние показатели племенной ценности по удою голштинских быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 и Вис Бэк Айдиал 1013415 приводятся в таблице 6.

Таблица 6. Показатель племенной ценности (ПЦ) по удою голштинских быков-производителей разных линий, кг
Table 6. Breeding value (BV) for milk yield of Holstein sires of different lines, kg

Линия	n	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	Разница
Рефлекшн Соверинг 198998	18	156,1±25,7	150,0 ^{xxx}
Вис Бэк Айдиал 1013415	16	6,1±1,2	
Всего	34	85,5±10,5	–

Примечание: ^{xxx} – p>0,999.

Из приведенных в таблице 6 данных видно статистически достоверное превосходство по показателю племенной ценности (ПЦ) быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 над быками-производителями линии Вис Бэк Айдиал1013415 на 150,0 кг (p>0,999).

О межлинейных различиях голштинских быков-производителей по показателям экстерьерной оценки дочерей (ЭОД) можно судить на основе данных таблицы 7.

Отраженные в таблице 7 данные показывают, что у быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 средняя экстерьерная оценка дочерей (ЭОД) оказалась выше, чем у дочерей быков-производителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415, на 15,3 (p>0,999).

Таблица 7. Экстерьерная оценка дочерей (ЭОД) быков-производителей разных линий
Table 7. Exterior evaluation of daughters (EOD) of bulls of different lines

Линия	n	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	Разница
Рефлекшн Соверинг 198998	18	69,9±2,8	15,3 ^{xxx}
Вис Бэк Айдиал 1013415	16	54,6±3,5	
Всего	34	62,7±2,2	–

Примечание: ^{xxx} – p>0,999.

Для изучения силы влияния линейной принадлежности на показатели племенной ценности (ПЦ) и экстерьерной оценки дочерей (ЭОД) голштинских быков-производителей был проведен дисперсный анализ однофакторных комплексов (табл. 8).

Таблица 8. Сила влияния (η_x^2) линейной принадлежности на племенную ценность по удою (ПЦ) и экстерьерную оценку дочерей (ЭОД) голштинских быков-производителей
Table 8. The influence of lineage (η_x^2) on the breeding value for milk yield (BV) and the exterior evaluation of daughters (EED) of Holstein stud bulls

Показатель	η_x^2 , %	F	p
ПЦ	22,0	7,2	>0,95
ЭОД	26,1	11,3	>0,99

Изучив результаты проведенного дисперсионного анализа, установили, что линейная принадлежность в большей степени оказывает влияние на экстерьерную оценку дочерей

($\eta_x^2 = 26,1\%$, $p > 0,99$), чем на племенную ценность быков-производителей ($\eta_x^2 = 22,0\%$, $p > 0,95$).

Для определения возможности проведения косвенного отбора по одному из селекционных признаков необходимо наличие положительной корреляционной связи данного признака с другим селекционным признаком. В наших исследованиях между показателями племенной ценности (ПЦ) и экстерьерной оценки дочерей (ЭОД) 34 голштинских быков-производителей была положительная средняя корреляция ($+406 \pm 0,143$; $p > 0,99$), из чего следует, что проведение отбора производителей по такому показателю племенной ценности, как удои, будет сопровождаться улучшением экстерьера их дочерей.

Проанализировав данные, полученные в ходе проведенных исследований, сформулировали следующие **выводы**

1. Средний показатель племенной ценности по удою у быков-производителей линии-Рефлекшн Соверинг 198998 статистически

достоверно ($p > 0,999$) превосходил таковой у быков-производителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415 на 150,0 кг.

2. У быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 средняя экстерьерная оценка дочерей была выше, чем у быков-производителей линии Вис Бэк Айдиал 1013415, на 15,3 ($p > 0,999$).

3. Линейная принадлежность в большей степени оказала влияние на экстерьерную оценку дочерей ($\eta_x^2 = 26,1\%$, $p > 0,99$), чем на племенную ценность быков-производителей ($\eta_x^2 = 22,0\%$, $p > 0,95$).

4. Между показателями племенной ценности и экстерьерной оценки дочерей голштинских быков-производителей канадской селекции установлена положительная средняя корреляция ($+0,406 \pm 0,143$; $p > 0,99$), откуда следует, что отбор быков-производителей по удою приводит к улучшению не только молочной продуктивности, но и экстерьера их дочерей.

Список литературы

1. Санова З. С. Оценка голштинских быков по комплексу признаков их дочерей // Владимирский земледелец. 2018. № 3(85). С. 40–44. DOI: 10.24411/2225-2584-2018-00029. EDN: VOMQIT
2. Сакса Е. И. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 5. С. 23–28. DOI: 10.33943/MMS.2020.20.46.004. EDN: UILMIQ
3. Экстерьерная характеристика коров голштинской породы в условиях Северного Зауралья / О. М. Шевелева, М. А. Свяженина, С. Ф. Суханова, И. Ю. Даниленко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2(66). С. 253–262. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-32. EDN: ZKIEXC
4. Горелик О. В., Лиходеевская О. Е., Харлап С. Д. Оценка голштинских быков-производителей по качеству потомства // Теория и практика мировой науки. 2022. № 6. С. 8–14. EDN: HLYVJE
5. Татаркина Н. И., Свяженина М. А., Пономарева Е. А. Применение экстерьерной оценки в селекции крупного рогатого скота голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 10. С. 81–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-81-90. EDN: VJCNHU
6. Горелик А. С., Ребезов М. Б., Горелик О. В. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства // Аграрная наука. 2023. № 11(376). С. 34–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40. EDN: XNOXRM
7. Фатева А. А., Шевелева О. М. Сравнительная характеристика быков-производителей голштинской породы по продуктивным качествам дочерей // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 3(47). С. 44–51. EDN: RNMFSI
8. Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Новый метод определения категорий типов телосложения молочного скота на основе линейной системы оценки экстерьера // Биотехнология и продовольственная безопасность: материалы XIII Международной научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, 2025. С. 12–16. EDN: TRUEZM
9. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

References

1. Sanova Z.S. Evaluation of Golshinsky bulls based on the characteristics of their daughters. *Vladimir Farmer*. 2018;3(85):40–44. (In Russ). DOI: 10.24411/2225-2584-2018-00029. EDN: VOMQIT
2. Saksa E.I. Evaluation of Holstein bulls by the quality of their offspring. *Dairy and Meat Cattle Farming*. 2020;(5):23–28. (In Russ). DOI: 10.33943/MMS.2020.20.46.004. EDN: UILMIQ
3. Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., Sukhanova S.F., Danilenko I.Yu. Exterior characteristics of Holstein cows in the Northern Trans-Urals. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2022;2(66):253–262. (In Russ). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-32. EDN: ZKIEXC
4. Gorelik O.V., Likhodeevskaya O.E., Kharlap S.D. Evaluation of Holstein sires by the quality of offspring. *Theory and practice of the world science*. 2022;(6):8–14. (In Russ). EDN: HLYVJE
5. Tatarkina N.I., Svyazhenina M.A., Ponomareva E.A. the use of exterior assessment in the selection of holstein cattle. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;23(10):81–90. (In Russ). DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-81-90. EDN: VJCNHU
6. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Evaluation of Holstein breeding bulls for progeny quality. *Agrarian Science*. 2023;11(376):34–40. (In Russ). DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40. EDN: XNOXRM
7. Fateeva A.A., Sheveleva O.M. Comparative Characteristics of Holstein Bull-Sires in Terms of the Productive Qualities of Their Daughters. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2023;3(47):44–51. (In Russ.). EDN: RNMFSI
8. Ajsanov Z.M., Tarchokov T.T., Tlejnsheva M.G. A new method for defining dairy cattle body type categories based on a linear conformation assessment system. *Biotekhnologiya i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy XII IMezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Biotechnology and Food Security: proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 2025;12–16. EDN: TRUEZM
9. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Manual on Biometry for Animal Technologists]. Moscow: Kolos, 1969. 256 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

Тарчок 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, Professor of the Department of Animal Science and veterinary and sanitary expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural 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 Agricultural 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 Agricultural 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 30.01.2026;
одобрена после рецензирования 27.02.2026;
принята к публикации 12.03.2026.*

*The article was submitted 30.01.2026;
approved after reviewing 27.02.2026;
accepted for publication 12.03.2026.*

Научная статья

УДК 636.234.1.03

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-49-61

Селекционно-генетические параметры коров голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3)

Орест Антипович Басонов^{✉1}, Дарья Валерьевна Борисанова²,
Анна Сергеевна Кулаткова³

Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева,
проспект Гагарина, Нижний Новгород, Россия, 603107

¹bassonov.64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7916-4774>

²borisanova96@yandex.ru

³ann.sk@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5972-1932>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования взаимосвязи полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) с селекционно-генетическими параметрами голштинской породы крупного рогатого скота. Приведены расчеты дисперсионного анализа (ANOVA), корреляционной зависимости и основные селекционно-генетические индексы. Популяция голштинских коров находится в равновесии Харди – Вайнберга. В линии Вис Бэк Айдиал среди всех генераций взаимосвязи признаков наблюдается положительная корреляционная связь. У животных с генотипом CSN3^{AE} наблюдается сильная положительная корреляция в генерациях дочь–мать и дочь–мать матери. В линии Рефлекшн Соверинг для коров с генотипом CSN3^{BE} выявлена корреляция высокой степени ($r=0,83$). У коров с генотипом CSN3^{AA}, CSN3^{AB} и CSN3^{BB} наблюдается умеренная положительная корреляция, которая не является статистически значимой в рамках ANOVA. Корреляция между удоем дочерей и матерей у коров с генотипом CSN3^{AE} слабая отрицательная ($r=-0,07$). Сочетание определенных аллелей гена каппа-казеина в комбинации с высокой продуктивностью матерей дает максимальную молочную продуктивность коров, генотип оказывает статистически значимое влияние на продуктивность. Для прогнозирования продуктивности дочерей необходимо учитывать продуктивность матерей, а для генотипов CSN3^{AA}, CSN3^{AB} и CSN3^{BE} (линии Рефлекшн Соверинг) стоит учитывать также продуктивность матерей матерей. При этом удой матерей отцов в данной линии также оказывает высокую долю влияния (на уровне 33%). Наибольший селекционный дифференциал (SD) получен у животных с генотипом CSN3^{AA} (линия Вис Бэк Айдиал) (568,7 кг), что указывает на наличие резервов для улучшения молочной продуктивности.

Ключевые слова: голштинская порода, каппа-казеин, молочная продуктивность, селекционно-генетические параметры, дисперсионный анализ, эффект селекции

Для цитирования: Басонов О. А., Борисанова Д. В., Кулаткова А. С. Селекционно-генетические параметры коров голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 49–61. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-49-61

Original article

Selection and genetic parameters of Holstein cows depending on the polymorphism of the kappa casein gene (CSN3)

Orest A. Basonov^{✉1}, Daria V. Borisanova², Anna S. Kulatkova³

Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, 97 Gagarin Avenue, Nizhny
Novgorod, Russia, 603107

¹bassonov.64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7916-4774>

²borisanova96@yandex.ru

³ann.sk@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5972-1932>

Abstract. The article presents the results of a study of the relationship between the polymorphism of the kappa casein (CSN3) gene and the breeding and genetic parameters of the Holstein cattle breed. Calculations of the analysis of variance (ANOVA), correlation dependence and the main breeding and genetic indexes are given. The population of Holstein cows is in the Hardy – Weinberg equilibrium. In the Vis Back-Ideal line, a positive correlation is observed among all the generations of the relationship of features. In animals with the CSN3^{AE} genotype, there is a strong positive correlation in the daughter-mother and daughter-mother generations. A high degree of correlation was found in the Reflection Mastering line for cows with the CSN3^{BE} genotype ($r=0.83$). Cows with the CSN3^{AA}, CSN3^{AB}, and CSN3^{BB} genotypes have a moderate positive correlation; it is not statistically significant within the framework of ANOVA. The correlation between the milk yield of daughters and mothers in cows with the CSN3^{AE} genotype is weak and negative ($r=-0.07$). The combination of certain alleles of the kappa-casein gene in combination with high maternal productivity results in maximum dairy productivity of cows, the genotype has a statistically significant effect on productivity. To predict the productivity of daughters, it is necessary to take into account the productivity of mothers, and for genotypes CSN3^{AA}, CSN3^{AB} and CSN3^{BE} (Reflection Mastering lines), it is also necessary to take into account the productivity of mothers of mothers. At the same time, the milk yield of mothers and fathers in this line also has a high share of influence (at the level of 33%). The highest breeding differential (SD) was obtained in animals with the CSN3^{AA} genotype (Vis Back Ideal line) and amounts to 568.7 kg, which indicates the presence of reserves for improving milk productivity.

Keywords: Holstein breed, kappa-casein, milk productivity, selection and genetic parameters, analysis of variance, selection effect

For citation: Basonov O.A., Borisanova D.V., Kulatkova A.S. Selection and genetic parameters of Holstein cows depending on the polymorphism of the kappa casein gene (CSN3). *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):49–61. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-49-61

Введение. Селекционная работа играет важную роль в совершенствовании животных и обеспечивает до половины прироста молочной продуктивности коров [1, 2]. Современные подходы в биотехнологии позволяют расшифровать генетический код животных, т. к. он уникален и его можно сопрягать с молочной продуктивностью и технологическими свойствами молока. Селекционно-генетические параметры используются при составлении селекционных программ, направленных на улучшение продуктивных и племенных качеств коров [3–8]. Совершенствование селекционно-генетических параметров голштинской породы с использованием ДНК-маркеров – это современный подход к повышению эффективности селекции, который позволяет ускорить и стабилизировать управление селекционными процессами. ДНК-маркеры – нуклеотидные последовательности, отличающиеся полиморфизмом. Они хорошо сцеплены с генами, отвечающими за изучаемые признаки. Их применение дает возможность выявлять генетически превосходящих животных в раннем возрасте и целенаправленно отбирать особей с желатель-

ными характеристиками. Ген каппа-казеин (CSN3) – один из ключевых генетических маркеров молочной продуктивности крупного рогатого скота. Полиморфизм CSN3 влияет на качественные и технологические свойства молока. Выявление оптимальных генотипов CSN3 позволит повысить эффективность селекции [9, 10].

Цель исследования – установить взаимосвязь полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) с селекционно-генетическими параметрами коров голштинской породы.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

- идентифицировать частоты аллелей и генотипов CSN3 в исследуемой популяции и дать оценку генетической структуре и параметрам генетического разнообразия;
- определить молочную продуктивность коров за 305 дней первой лактации;
- установить закономерности изменчивости и взаимосвязи племенных и продуктивных качеств;
- оценить связь генотипов с показателями молочной продуктивности.

Материалы, методы и объекты исследования. Научно-хозяйственная часть исследования проводилась в условиях племенного репродуктора ООО «Бармино» Лысковского района Нижегородской области и на кафедре частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева».

Исследования по генотипированию и определению аллельных вариантов гена каппа-казеина проводились в молекулярно-генетической лаборатории геномного центра ООО «Мираторг-Генетика» методом цифровой ПЦР (dPCR). Материалом для молекулярного ДНК-тестирования служила венозная кровь. Прогенотипирована 181 голова коров голштинской породы по локусам каппа-казеина.

Для оценки молочной продуктивности учитывали данные за 305 дней первой лактации. Определение содержания жира и белка в молоке осуществляли на инфракрасном анализаторе. Данные первичного зоотехнического и племенного учета получены из ИАС «Селэкс»-Молочный скот» (ООО «РЦ Плинор», Россия). На основании результатов генотипирования были сформированы опытные группы.

Для определения взаимосвязи между признаками (удой, жир, белок) проводили корреляционный анализ по методу Пирсона, а для оценки влияния переменных – регрессионный анализ. При расчете генетических параметров

вычисляли частоту встречаемости генотипов, аллелей гена каппа-казеина и проводили проверку равновесия Харди – Вайнберга (χ^2 -тест).

Оценку статистически значимых различий средних значений между генотипами по каппа-казеину и молочной продуктивности проводили с помощью дисперсионного анализа (ANOVA).

С помощью расчета коэффициента наследуемости (h^2) определяли долю фенотипической изменчивости, обусловленной генетическими факторами. Для определения разницы между средним значением признака у отобранных животных и средним значением в популяции рассчитывали селекционный дифференциал (SD).

Для оценки результативности отбора и дальнейшего планирования селекционных мероприятий рассчитывали эффект селекции (E).

Статистическую обработку данных выполняли в программном обеспечении R 4.3.1 (пакет stats) и Microsoft Excel по методике Н.А. Плохинского [11].

Животные находились в одинаковых условиях содержания. Кормление осуществлялось по рационам, сбалансированным согласно нормам ВИЖ для дойного стада.

Результаты исследования. По полиморфизму каппа-казеина (CSN3) выявили 10 генотипов в разрезе генеалогических линий (Рефлексн Соверинг и Вис Бэк Айдиал). Результаты проведенных исследований по установлению полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение генотипов и их частот в разрезе генеалогических линий
Table 1. Distribution of genotypes and their frequencies across genealogical lines

Показатель	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Линия Вис Бэк Айдиал 1013415					
Частота генотипа, %	23	34	20	11	12
Линия Рефлексн Соверинг 198998					
Частота генотипа, %	33	32	9	21	5

Анализ данных таблицы 1 показывает, что наибольшее количество животных линии Вис Бэк Айдиал по гену каппа-казеина оказались гетерозиготными по генотипу CSN3^{AB} (34%), наименьшее – по генотипу CSN3^{AE} (11%). В линии Рефлексн Соверинг наибольшее коли-

чество животных оказались гомозиготными по генотипу CSN3^{AA} (33%), что в 6 раз больше, чем у животных с генотипом CSN3^{BE}.

Данные по распределению частот аллелей каппа-казеина и проверка равновесия Харди – Вайнберга приведены в таблице 2.

Анализ табличных данных (табл. 2) показал, что животные-носители аллеля А являются преобладающими в генеалогических линиях, что составляет 45,2% в линии Вис Бэк Айдиал и 59,8% в линии Рефлекшн Соверинг. Аллель Е встречается с наименьшей частотой. При расчете генетических параметров проводили проверку равновесия Харди – Вайнберга (χ^2 -тест).

В разрезе генеалогических линий значение критерия Харди – Вайнберга не превышает критического, что подтверждает генетическое равновесие в популяции.

Для сравнения средних значений продуктивных признаков между группами животных с разными генотипами применили дисперсионный анализ (ANOVA). Расчеты представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 2. Распределение частот аллелей каппа-казеина и оценка равновесия
Table 2. Distribution of kappa-casein allele frequencies and equilibrium assessment

Аллель	А	В	Е
Линия Вис Бэк Айдиал 1013415			
Число копий	76	79	19
Частота аллеля, %	45,2	43,5	11,3
Критерий χ^2	0,36		
$\chi_{крит}^2$	5,99		
Линия Рефлекшн Соверинг 198998			
Число копий	106	48	22
Частота аллеля, %	59,8	27,6	12,6
Критерий χ^2	0,78		
$\chi_{крит}^2$	5,99		

Таблица 3. Влияние удоя матерей на продуктивность дочерей линии Вис Бэк Айдиал в разрезе генотипов по каппа-казеину (CSN3)

Table 3. The influence of mothers' milk yield on the productivity of daughters of the Vis Back Ideal line in terms of kappa-casein genotypes (CSN3)

Показатель	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Общая дисперсия (C_y)	159522678	155711392	61453741	23077698	47904020
Факториальная дисперсия (C_v)	44422616	29705415	4636118	912150	7188005
Случайная дисперсия (C_z)	115100062	126005977	56817622	22165547	40716015
MS _{fact}	44422616	29705415	4636118	912150	7188005
MS _{error}	3197224	2250107	1775551	1385347	2262001
F-критерий	13,9	13,2	2,61	0,66	3,18
Критическое значение F ($\alpha=0,05$)	4,11	4,01	4,14	4,49	4,41
Влияние фактора	Достоверно (p<0,05)	Достоверно (p<0,05)	Не достоверно	Не достоверно	Не достоверно
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	0,35	0,31	0,58	0,76	0,29
r ²	0,20	0,17	0,13	0,11	0,16

Примечание. Гипотеза Н₀: среднее значение удоя дочерей не зависит от удоя матерей (различия случайны). Гипотеза Н₁: существует значимая зависимость между удоом матерей и удоом дочерей (средние значения удоя дочерей различаются в группах с разным удоом матерей).

По данным таблицы 3, в линии Вис Бэк Айдиал у коров с генотипом CSN3^{AA} влияние удоя матерей на удои дочерей является статистически значимым (F=13,9, p<0,05). По корреляционной зависимости наблюдается умеренная положительная связь (r=0,35). Для коров с генотипом CSN3^{AB} статистически достоверно (p<0,05), что дает основание утвер-

ждать о том, что продуктивность матерей влияет на продуктивность их дочерей при умеренной положительной корреляционной связи (r=0,31). Статистически значимой зависимости между продуктивностью матерей и продуктивностью их дочерей для генотипа CSN3^{BB} не выявлено (p>0,05). F-критерий (2,61) не превышает критическое значение

(4,14), при этом наблюдается умеренная положительная корреляция ($r=0,58$). Около 13% вариации удоя дочерей зависит от удоя матерей, а остальные 87% обусловлены другими факторами. Для животных с генотипом CSN3^{AE} продуктивность матерей статистически не влияет на продуктивность их дочерей ($F=0,66$; $p>0,05$), при этом наблюдается сильная положительная корреляция ($r=0,76$), и около 11% вариации удоя дочерей объясняется удоём матерей. У коров с генотипом CSN3^{BE} статистически значимой зависимости

между продуктивностью матерей и продуктивностью их дочерей не выявлено ($p>0,05$). F-критерий (3,18) не превышает критическое значение (4,41) при слабой положительной корреляции ($r=0,29$). Около 16% вариации удоя дочерей можно объяснить удоём матерей, а остальные 84% обусловлены влиянием других факторов.

Сила влияния продуктивности матерей на удою дочерей линии В. Б. Айдиал отражена на рисунке 1.

Таблица 4. Влияние удоя матерей на продуктивность дочерей линии Рефлекшн Соверинг в разрезе генотипов по каппа-казеину (CSN3)

Table 4. The influence of mothers' milk yield on the productivity of daughters of the Reflection Sovereign line in terms of kappa-casein genotypes (CSN3)

Показатель	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Общая дисперсия (C_y)	2162777260	165374853	49903419	101143970	8684882
Факториальная дисперсия (C_v)	85295739	26123384	12155682	20292022	2980461
Случайная дисперсия (C_z)	130981521	139251469	37747737	80851949	5704421
MS _{fact}	85295739	26123384	12155682	20292021	2980461
MS _{error}	2338956	2578730	2696267	2377998	950737
F-критерий	36,46	10,13	4,51	8,53	3,13
Критическое значение F ($\alpha=0,05$)	4,01	4,02	4,60	4,13	5,99
Влияние фактора	Не достоверно	Достоверно ($p<0,05$)	Не достоверно	Достоверно ($p<0,05$)	Не достоверно
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	0,52	0,36	0,57	-0,07	0,83
r^2	0,19	0,17	0,18	0,17	0,11

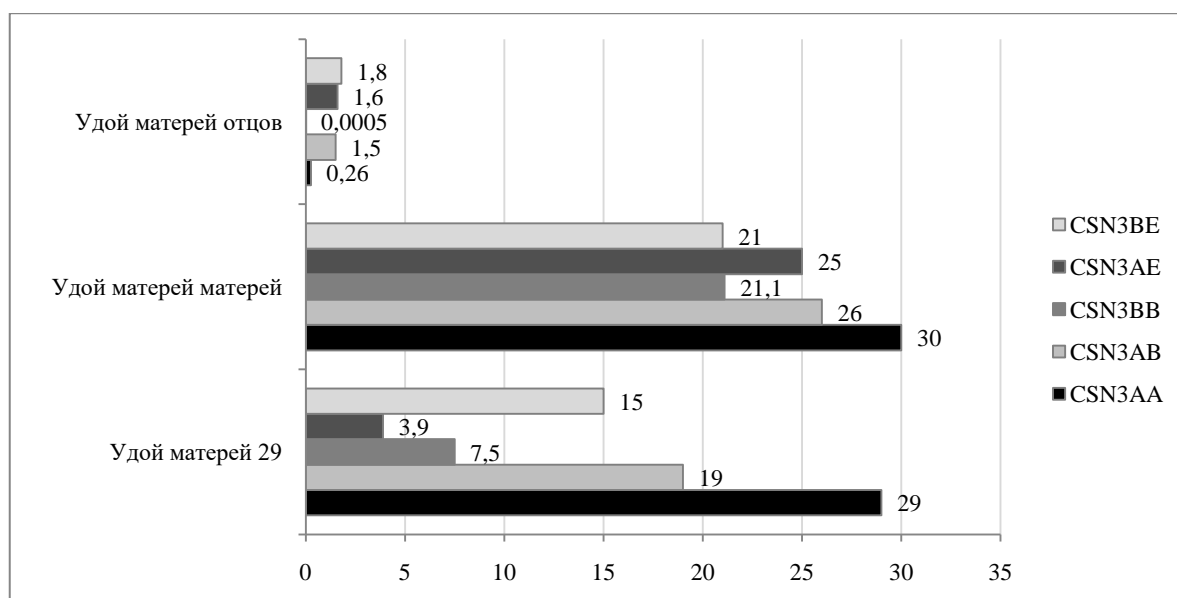


Рисунок 1. Сила влияния продуктивности матерей на продуктивность дочерей линии Вис Бэк Айдиал, %
Figure 1. The influence of mothers' productivity on the productivity of daughters of the Vis Back Ideal line, %

Выявлено, что наибольшую долю влияния на молочную продуктивность дочерей оказывает уровень удоя матерей и матерей матерей. По фактору влияния удоя матерей наибольшее влияние получено у коров с генотипом CSN3^{AA} (29%), что на 25,1 п.п. превышает показатели генотипа CSN3^{AE} (3,9%). По фактору влияния удоя матерей матерей наибольшей долей отличились животные с генотипом CSN3^{AA} (30%), а наименьшей – у коров с генотипом CSN3^{BE} и CSN3^{BB} (21%). Влияние продуктивности матерей отцов оказалось значительно ниже, чем влияние других факторов, поэтому молочная продуктивность матерей отцов линии Вис Бэк Айдиал не является надежным фактором для прогнозирования продуктивности дочерей.

Данные таблицы 4 указывают на то, что у коров с генотипом CSN3^{AA} продуктивность матерей статистически не влияет на продуктивность их дочерей ($F=36,46$, $p>0,05$), наблюдается умеренная положительная корреляция ($r=0,52$), при этом около 19% вариации удоя дочерей объясняется удоём матерей. Продуктивность матерей у животных с генотипом CSN3^{AB} влияет на удои их дочерей. Данные статистически достоверны ($p<0,05$).

F-критерий (10,13) превышает критическое значение (4,02), наблюдается умеренная положительная корреляция ($r=0,36$), причем около 17% вариации удоя дочерей объясняется удоём матерей. У коров с генотипом CSN3^{BB} отсутствует статистически значимая зависимость между продуктивностью матерей и продуктивностью их дочерей ($p>0,05$). F-критерий (4,51) не превышает критическое значение (4,6), причем наблюдается положительная корреляция ($r=0,57$), которая не является статистически значимой в рамках ANOVA. Влияние удоя матерей у коров с генотипом CSN3^{AE} является статистически значимым ($p<0,05$). F-критерий (8,53) превышает критическое значение (4,13). Наблюдается слабая отрицательная корреляция ($r=-0,07$), которая не является статистически значимой. Для коров с генотипом CSN3^{BE} значимой зависимости не выявлено ($p>0,05$). Высокая корреляция ($r=0,83$) не подтверждает статистическую значимость из-за малого объёма выборки.

Сила влияния продуктивности матерей на продуктивность дочерей линии Рефлекшн Соверинг отражена на рисунке 2.

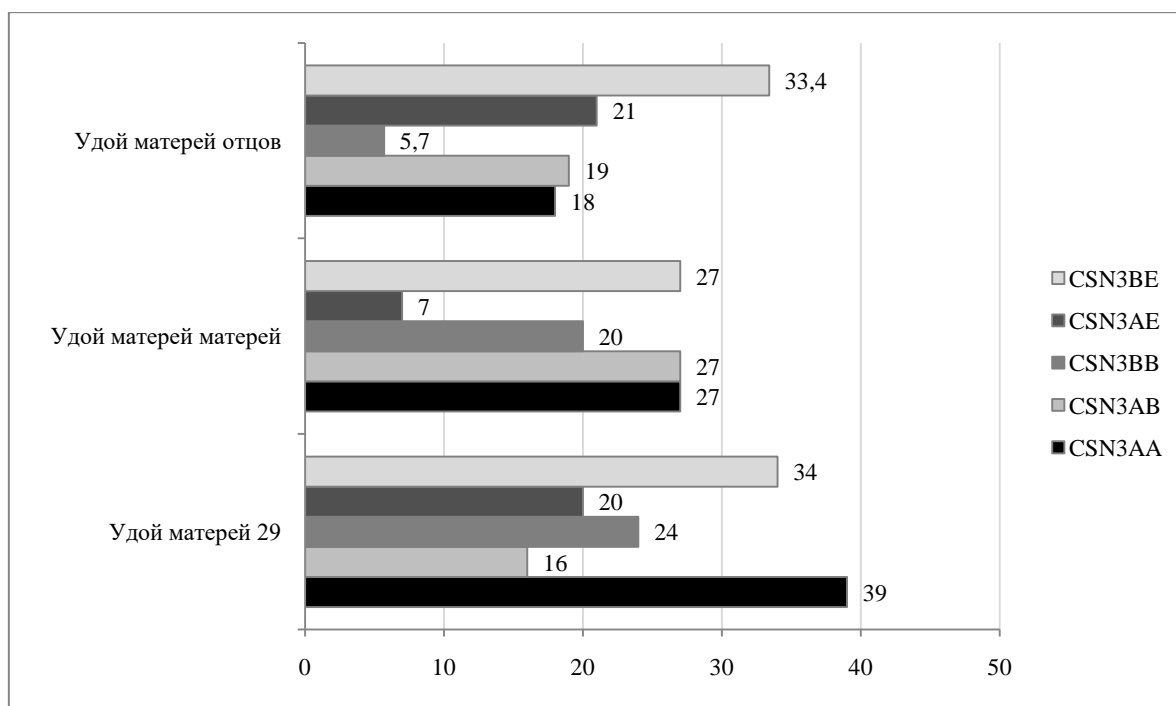


Рисунок 2. Сила влияния продуктивности матерей на продуктивность дочерей линии Рефлекшн Соверинг, %

Figure 2. The influence of mothers' productivity on the productivity of daughters of the Reflection Sovereign line, %

По данным рисунка 2, наибольшая доля влияния установлена у генотипа CSN3^{AA} (39%) по молочной продуктивности матерей, наименьшая доля при этом оказалась у животных с генотипом CSN3^{AB} (16%). По влиянию продуктивности матерей матерей установлено, что наибольшая доля влияния выявлена у коров с генотипом CSN3^{AA}, CSN3^{AB} и CSN3^{BE} (на уровне 27%). При этом стоит отметить, что в данной генеалогической линии удой матерей отцов также имеет влияние на

молочную продуктивность коров дочерей в высокой степени. Наибольшая доля у генотипа CSN3^{BE} (33,4%), что на 27,7 п.п. превышает показатель доли влияния у генотипа CSN3^{BB}.

С целью оценки генетической преемственности продуктивности по материнской линии проведён корреляционный анализ между удоями дочерей и их женских предков в разрезе генеалогических линий. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Корреляция между удоём дочерей и женских предков коров разных генеалогических линий
Table 5. Correlation between milk yield of daughters and female ancestors of cows of different genealogical lines

Генерация	Генотип				
	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Линия Вис Бэк Айдиал					
Дочь–мать	0,35	0,31	0,58	0,76	0,29
Дочь–мать отца	0,15	0,25	0,48	0,22	0,15
Дочь–мать матери	0,28	0,08	0,22	0,57	0,23
Линия Рефлекшн Соверинг					
Дочь–мать	0,52	0,36	0,57	-0,07	0,83
Дочь–мать отца	0,39	-0,01	0,20	-0,37	0,87
Дочь–мать матери	0,27	0,03	0,70	-0,09	0,08

По данным таблицы 5, в линии Вис Бэк Айдиал среди всех генераций взаимосвязи признаков наблюдается положительная корреляционная связь. У животных с генотипом CSN3^{AE} наблюдается сильная положительная корреляция в генерациях «дочь–мать» и «дочь–мать матери» (0,76 и 0,57 соответственно). По взаимосвязи молочной продуктивности матерей быков на продуктивность дочерей выявлена слабая положительная корреляция, поэтому молочная продуктивность матерей отцов линии Вис Бэк Айдиал не является надежным фактором для продуктивности коров.

В линии Рефлекшн Соверинг для коров с генотипом CSN3^{BE} выявлена высокая корреляция ($r=0,83$), но она не подтверждает статистическую значимость из-за малого объёма выборки. У коров с генотипом CSN3^{AA}, CSN3^{AB} и CSN3^{BB} наблюдается умеренная положительная корреляция, которая не является статистически значимой в рамках

ANOVA. Между удоём дочерей и матерей у коров с генотипом CSN3^{AE} существует слабая отрицательная корреляция ($r=-0,07$).

Кроме того, сильная взаимосвязь выявлена в генерации «дочь–мать матери» у животных с генотипом CSN3^{BB} (0,7). Важно помнить, что несмотря на то, что коэффициент корреляции может указывать на наличие связи, он часто не является доказательством причинно-следственной зависимости. Для более глубокого понимания взаимосвязей между признаками необходимо проводить дополнительные исследования, включая эксперименты и долгосрочные наблюдения. Кроме того, на силу связи оказывает влияние породный и наследственный фактор, а также условия, в которых может быть реализован генетический потенциал животного [13]. Дисперсионный анализ позволяет оценить влияние удоя женских предков по отцовской линии на продуктивность дочерей (табл. 6).

Таблица 6. Влияние удоя матерей отцов на продуктивность коров линии Вис Бэк Айдиал в разрезе генотипов по каппа-казеину (CSN3)
Table 6. The influence of mothers' and fathers' milk yield on the productivity of cows of the Vis Back Ideal line in terms of kappa-casein genotypes (CSN3)

Показатель	Генотип				
	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Общая дисперсия (C_y)	142184333	119702588	56709456	26911984	30108069
Факториальная дисперсия (C_v)	373032	1748013	294	445883	530077
Случайная дисперсия (C_z)	141811301	117954575	56709162	26466102	29577992
MS _{fact}	373032	1748013	294	445883	530077
MS _{error}	3939203	2106332	1772161	1654131	1643222
F-критерий	0,09	0,82	0,001	0,27	0,32
Критическое значение F ($\alpha=0,05$)	4,11	4,01	4,14	4,49	4,41
Влияние фактора	Не достоверно	Не достоверно	Не достоверно	Не достоверно	Не достоверно
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	0,15	0,25	0,48	0,22	0,15
r ²	0,17	0,13	0,12	0,12	0,12

Из данных таблицы 6 следует, что статистически значимой зависимости между продуктивностью матерей отцов и продуктивностью их дочерей не выявлено ($p>0,05$). F-критерий у всех генотипов каппа-казеина не превышает критического значения. Выявлена слабая положительная корреляционная связь, причем сила влияния молочной продуктивности матерей быков на продуктив-

ность дочерей не превышает 17%, поэтому молочная продуктивность матерей отцов линии Вис Бэк Айдиал не является надежным фактором прогноза продуктивности коров.

В таблице 7 представлены результаты расчета дисперсионного анализа (ANOVA) по влиянию молочной продуктивности матерей отцов на продуктивность дочерей быков линии Рефлекшн Соверинг.

Таблица 7. Влияние удоя матерей отцов на продуктивность коров линии Рефлекшн Соверинг в разрезе генотипов по каппа-казеину (CSN3)
Table 7. The influence of mothers' and fathers' milk yield on the productivity of Reflection Sovereign line cows by kappa-casein genotype (CSN3)

Показатель	Генотип				
	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Общая дисперсия (C_y)	157277530	182900113	27876866	114057935	19938420
Факториальная дисперсия (C_v)	28282966	34143759	1595800	24132656	6661250
Случайная дисперсия (C_z)	128994565	148756353	26281065	89925279	13277170
MS _{fact}	28282966	34143759	1595801	24132656	6661250
MS _{error}	2303474	2754747	1877219	2644861	2212862
F-критерий	12,27	12,3	0,85	9,12	3,01
Критическое значение F ($\alpha = 0,05$)	4,01	4,02	4,60	4,13	5,98
Влияние фактора	Достоверно ($p<0,05$)	Достоверно ($p<0,05$)	Не достоверно	Достоверно ($p<0,05$)	Не достоверно
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	0,39	-0,01	0,20	-0,37	0,87
r ²	0,14	0,16	0,12	0,15	0,15

Анализ данных таблицы 7 подтверждает, что для коров с генотипом CSN3^{AA} выявлена статистически значимая зависимость между продуктивностью матерей отцов и продуктивностью их дочерей ($p < 0,05$). F-критерий превышает критическое значение. Умеренная положительная корреляционная связь ($r = 0,39$) подтверждает влияние удоя матерей отцов на удой дочерей (14% вариации).

Выявлена статистически значимая зависимость между продуктивностью матерей отцов и удоём их дочерей у генотипа CSN3^{AB} ($p < 0,05$) при слабой отрицательной корреляции ($-0,01$). Коэффициент вариации составляет 0,14. Статистически значимой зависимости

у дочерей с генотипами CSN3^{BB} и CSN3^{BE} не выявлено. У животных генотипа CSN3^{AE} установлена взаимосвязь молочной продуктивности матерей отцов на продуктивность дочерей ($p < 0,05$). Получена слабая отрицательная корреляционная связь ($-0,37$).

Для оценки влияния трех независимых факторов (генотип, продуктивность матерей и продуктивность матерей отцов) на молочную продуктивность коров провели трехфакторный дисперсионный анализ с целью выявить значимость каждого фактора в общей изменчивости признака и влияние взаимодействий между факторами (табл. 8).

Таблица 8. Результаты трехфакторного дисперсионного анализа по продуктивности коров линии Вис Бэк Айдиал

Table 8. Results of three-way analysis of variance for productivity of cows of the Vis Back Ideal line

Фактор	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F-критерий	Влияние фактора
Генотип	21875678	5	4375136	4,79	0,001
Удой матери	15678905	1	15678905	17,12	<0,001
Удой матери отца	8976543	1	8976543	9,78	0,002
Генотип × Удой матери	4567890	5	913578	1,00	0,402
Генотип × Удой матери отца	3456789	5	691358	0,76	0,551
Удой матери × Удой матери отца	2345678	1	2345678	2,56	0,112
Трехфакторное взаимодействие	1234567	5	246913	0,27	0,402

Анализ данных таблицы 8 показывает, что генотип коров по каппа-казеину оказывает статистически значимое влияние на молочную продуктивность коров ($p = 0,001$). Продуктивность матерей является высокозначимым фактором ($p < 0,001$), матерей отцов – малозначимым ($p = 0,002$). Коэффициент влияния по продуктивности матери составил 0,45, по продуктивности отца 0,32, что подтверждает влияние количественных факторов на молочную продуктивность животных. При увеличении удоя матери на 1000 кг удой дочери увеличивается в среднем на 450 и 320 кг соответственно.

В таблице 9 приведены результаты расчета трехфакторного дисперсионного анализа по данным продуктивности коров линии Рефлекшн Соверинг.

Анализ данных таблицы 9 показывает, что генотип животных оказывает значимое влия-

ние на молочную продуктивность коров ($p < 0,05$), а разные генотипы показывают различную продуктивность. Удой матерей оказывает сильное влияние на удой дочерей ($p < 0,001$). Наблюдается прямая корреляционная связь. Влияние продуктивности матерей отцов менее выражено по сравнению с влиянием матерей коров. Взаимодействие факторов генотип × продуктивность матерей оказывает значимое влияние ($p < 0,05$), а взаимодействие факторов генотип × продуктивность матерей отцов влияет незначительно и является статистически незначимым.

Для оценки вклада генетических факторов в формирование молочной продуктивности был рассчитан коэффициент наследуемости, селекционный дифференциал. Результаты приведены в таблице 10.

Анализ данных таблицы 10 показывает, что в линии Вис Бэк Айдиал у животных

с генотипом CSN3^{AA} наблюдается наибольший коэффициент наследуемости, т.е. молочная продуктивность матерей коров влияет на молочную продуктивность дочерей с высокой наследуемостью признака. Генетические факторы при этом играют существенную роль, и отбор по данному генотипу эффективен. Наименьший коэффициент наследуемости

получен у генотипа CSN3^{AE} (0,22), что также говорит об умеренной наследуемости признака, но отбор по данному генотипу дает слабый эффект. В линии Рефлекшн Соверинг наблюдается умеренная наследуемость молочной продуктивности по всем генотипам. В этом случае генетические и фенотипические факторы вносят сопоставимый вклад.

Таблица 9. Результаты трехфакторного дисперсионного анализа по продуктивности коров линии Рефлекшн Соверинг

Table 9. Results of three-way analysis of variance for productivity of cows of the Reflection Sovereign line

Фактор	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F-критерий	Влияние фактора
Генотип	2234567	4	558642	4,87	0,001
Удой матери	1567890	1	1567890	13,89	<0,001
Удой матери отца	897654	1	897654	7,86	0,006
Генотип × Удой матери	456789	4	114197	1,00	0,402
Генотип × Удой матери отца	345678	4	86419	0,76	0,551
Удой матери × Удой матери отца	234567	1	234567	2,08	0,152
Трехфакторное взаимодействие	123456	4	30864	0,27	0,891

Таблица 10. Оценка доли фенотипической изменчивости продуктивности по генам каппа-казеина, обусловленной генетическими различиями между особями

Table 10. Estimated proportion of phenotypic variability in productivity for kappa-casein genes due to genetic differences between individuals

Показатель	Генотип				
	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{BB}	CSN3 ^{AE}	CSN3 ^{BE}
Линия Вис Бэк Айдиал 1013415					
Коэффициент наследуемости (h^2)	0,41	0,34	0,27	0,22	0,32
Селекционный дифференциал (SD)	568,7	-79,3	9,9	-61,4	-65
Эффект селекции (E)	+233,2	-26,9	+2,7	-13,5	-20,8
Линия Рефлекшн Соверинг 198998					
Коэффициент наследуемости (h^2)	0,39	0,35	0,37	0,34	0,23
Селекционный дифференциал (SD)	324,7	-282,1	-92,5	-52	-611,2
Эффект селекции (E)	+126,6	-98,7	-34,2	-17,7	-140,6

Селекционный дифференциал (SD) позволяет оценить потенциальную эффективность отбора. Наибольший селекционный дифференциал (SD) получен у животных с генотипом CSN3^{AA} (линия В. Б. Айдиал) (568,7 кг), что указывает на большие резервы для улучшения молочной продуктивности.

Эффект селекции позволяет оценить, насколько улучшилась (или ухудшилась) мо-

лочная продуктивность потомства по сравнению с продуктивностью предков. Наибольший эффект селекции наблюдается у животных с генотипом CSN3^{AA} в линии В. Б. Айдиал и Р. Соверинг (+233,2 и +126,6 кг соответственно), что позволяет говорить о том, что при отборе животных по генотипу CSN3^{AA} ожидается повышение молочной продуктивности более чем на 126 кг. Во всех дру-

генотипах эффект селекции проявит себя слабо или отрицательно, что подтверждает его косвенный эффект (увеличение удоя) на изменения в коррелирующих признаках (содержание жира в молоке).

Выводы. Установлено, что в линии Вис Бэк Айдиал наибольшее количество животных по гену каппа-казеина оказались гетерозиготными по генотипу $CSN3^{AB}$ (линия Вис Бэк Айдиал) (34%), а в линии Рефлекшн Соверинг наибольшее количество животных оказались гомозиготными по генотипу $CSN3^{AA}$ (33%).

Выявлено, что популяция голштинизированных коров находится в равновесии Харди – Вайнберга, т.е. в популяции отсутствуют факторы, нарушающие генетическое равновесие.

Доказано, что для животных с генотипами $CSN3^{AA}$ и $CSN3^{AB}$ целесообразно учитывать удой матерей для прогнозирования продуктивности дочерей – это надёжный фактор прогноза продуктивности потомства. Для генотипов $CSN3^{BB}$, $CSN3^{AE}$, $CSN3^{BE}$ удой матерей не может служить надёжным фактором прогноза удоя дочерей, поэтому при селекции следует учитывать дополнительные факторы продуктивности.

Установлено, что наследственный фактор играет существенную роль в определении молочной продуктивности. При этом продук-

тивность матерей является наиболее значимым фактором прогноза продуктивности дочерей. Матери оказывают более сильное влияние, чем матери отцов. Сочетание определенных аллелей гена каппа-казеина в комбинации с высокой продуктивностью матерей дает максимальную молочную продуктивность коров. Генотип оказывает статистически значимое влияние на продуктивность.

Выявлено, что в линии Вис Бэк Айдиал наибольшую долю влияния на молочную продуктивность дочерей оказывает уровень удоя матерей и матерей матерей. Наибольшая доля влияния (29 и 30% соответственно) получена у коров с генотипом $CSN3^{AA}$, наименьшая – у животных с генотипами $CSN3^{BB}$ и $CSN3^{AE}$.

Наибольшая доля влияния в линии Рефлекшн Соверинг получена у генотипа $CSN3^{AA}$ (39%) по уровню влияния молочной продуктивности матерей. При этом стоит отметить, что в данной генеалогической линии удой матерей отцов также имеет высокое влияние на молочную продуктивность коров дочерей (наибольшая – у генотипа $CSN3^{BE}$ (33%)).

Наибольший селекционный дифференциал (SD) получен у животных с генотипом $CSN3^{AA}$ (линия В. Б. Айдиал) (568,7 кг), что указывает на наличие резервов для улучшения молочной продуктивности.

Список литературы

1. Кахикало В. Г., Предеина Н. Г., Назарченко О. В. Практикум по разведению животных: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 320 с. ISBN: 978-5-8114-1532-8
2. Кахикало В. Г., Назарченко О. В., Фенченко Н. Г. Селекционно-генетические параметры хозяйственно-биологических признаков коров черно-пестрой породы различного экогенеза Зауралья // Главный зоотехник. 2013. № 12. С. 16–23. EDN: RLMKAJ
3. Косяченко Н. М., Абрамова М. В., Зырянова С. В. Селекционная и экономическая оценка эффективности межлинейных кроссов в селекции крупного рогатого скота // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 3(47). С. 22–26. DOI: 10.36508/RSATU.2020.18.81.004. EDN: BHNNEL
4. Эрнст Л. К., Цалитис А. А. Крупномасштабная селекция в скотоводстве. Москва: Колос, 1982. 238 с.
5. Муравьева Н. А. Влияние компонентов фенотипической изменчивости на продуктивные признаки коров ярославской породы // Вестник АПК Верхневолжья. 2010. № 4(12). С. 90–93. EDN: OIXXQP
6. Породное разнообразие крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в России / С. Е. Тяпугин, Е. В. Герасимова, М. С. Мышкина [и др.] // Синергия Наук [Электронный ресурс]. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article7996> (дата обращения: 12.02.2024).
7. Сивкин Н. В., Стрекозов Н. И. Анализ стратегии развития молочного скотоводства в Российской Федерации // Молочная промышленность. 2022. № 10. С. 61–64. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-10-61-64. EDN: EMPNOW
8. Москаленко Л. П., Муравьева Н. А., Фураева Н. С. Современные методы оценки продуктивности коров молочного направления. Ярославль: ФГБОУ ВПО Ярославская ГСХА, 2014. 102 с. EDN: TQAWXJ

9. Зиннатов Ф. Ф. Ген каппа-казеина (CSN3), полиморфизм его и связь с молочной продуктивностью коров голштинской породы // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2024. С. 511–514. EDN: OTPWBB
10. Генотипирование как фактор совершенствования племенных и продуктивных качеств скота / О. А. Басонов, Р. В. Гинойн, А. С. Козминская, А. А. Асадчий // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 87–102. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-87-102. EDN: GAFHSK
11. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Москва: Колос, 1969. 256 с.
12. Троценко И. В., Иванова И. П. Параметры корреляционной взаимосвязи продуктивных признаков молочного скота // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 1(45). С. 116–127. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_116. EDN: ALOQRO

References

1. Kahikalo V.G., Predeina N.G., Nazarchenko O.V. *Praktikum po razvedeniyu zhivotnyh: uchebnoe posobie* [Animal Breeding Workshop: A Tutorial]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 320 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-8114-1532-8
2. Kakhikalo V.G., Nazarchenko O.V., Fenchenko N.G. Selection and genetic parameters of the economic and biological traits of the cows of black and white breed of different ecogenesis of the Trans-Urals. *Head of Animal Breeding*. 2013;(12):16–23. (In Russ.). EDN: RLMKAJ
3. Kosyachenko N.M., Abramova M.V., Zyryanova S.V. Selection and economic evaluation of the effectiveness of selection methods in cattle breeding. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*. 2020;3(47):22–26. (In Russ.). DOI 10.36508/RSATU.2020.18.81.004. EDN: BHNNEL
4. Ernst L.K., Calitis A.A. *Krupnomasshtabnaya selekciya v skotovodstve* [Large-scale selection in livestock breeding]. Moscow: Kolos, 1982. 238 p. (In Russ.)
5. Muravyova N.A. Influence of components of phenotypic variability on productive characters of cows of the Yaroslavl breed. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2010;4(12):90–93. (In Russ.). EDN: OIXXQP
6. Tyapugin S.E., Gerasimova E.V., Myshkina M.S. [et al.]. The breed diversity of dairy cattle in Russia. *Synergy of Science*. [Electronic resource]. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article7996> (accessed: 12.02.2024). (In Russ.)
7. Sivkin N.V., Strekozov N.I. Analysis and development strategy of dairy cattle breeding in the Russian Federation. *Dairy Industry*. 2022;(10):61–64. (In Russ.). DOI: 10.31515/1019-8946-2022-10-61-64. EDN: EMPNOW
8. Moskalenko L.P., Muravyova N.A., Furaeva N.S. *Sovremennye metody ocenki produktivnosti korov molochnogo napravleniya* [Modern methods for assessing the productivity of dairy cows]. Yaroslavl: FGBOU VPO Yaroslavskaya GSKhA, 2014. 102 p. (In Russ.). EDN: TQAWXJ
9. Zinnatov F.F. *Gen kappa-kazeina (CSN3), polimorfizm ego i svyaz' s molochnoj produktivnost'yu korov golshtinskoj porody* [The kappa-casein gene (CSN3), its polymorphism and association with milk productivity of Holstein cows]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkci sel'skogo hozyajstva: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Current issues in improving the technology of production and processing of agricultural products: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Yoshkar-Ola: Marijskij gosudarstvennyj universitet, 2024. Pp. 511–514. (In Russ.). EDN: OTPWBB
10. Basonov O.A., Ginoyan R.V., Kozminskaya A.S., Asadchy A.A. Genotyping as a factor in improving breeding and productive qualities of cattle. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;4(42):87–102. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-87-102. EDN: GAFHSK
11. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Handbook of biometrics for livestock specialists]. Moscow: Kolos, 1969. 256 p. (In Russ.)
12. Trotsenko I.V., Ivanova I.P. Correlation relationship parameters of productive traits in dairy cattle. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2022;1(45):116–127. (In Russ.). DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_116. EDN: ALOQRO

Сведения об авторах

Басонов Орест Антипович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева», SPIN-код: 7355-6560

Борисанова Дарья Валерьевна – аспирант, ассистент кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева»

Кулаткова Анна Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева», SPIN-код: 8602-6466

Information about the authors

Orest A. Basonov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Private Animal Science and Farm Animal Breeding, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, SPIN-code: 7355-6560

Daria V. Borisanova – Postgraduate Student, Assistant Professor, Department of Private Animal Science and Farm Animal Breeding, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University

Anna S. Kulatkova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Private Animal Science and Farm Animal Breeding, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, SPIN-code: 8602-6466

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 18.05.2026;
одобрена после рецензирования 04.06.2026;
принята к публикации 11.06.2026.*

*The article was submitted 18.05.2026;
approved after reviewing 04.06.2026;
accepted for publication 11.06.2026.*

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 621.313.2-8
DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-62-70

Система инерционно-электростартерного
пуска двигателя внутреннего сгорания

Александр Хасанович Абаев^{✉1}, Эльвира Константиновна Качмазова²,
Ахмад Маллабоевич Умирзоков³

^{1,2}Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

³Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, проспект академиков Раджабовых, 10, Душанбе, Республика Таджикистан, 734042

^{✉1}al.abaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7747-9114>

²e1_kachmazova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4734-4488>

³ahmad.umirzokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9966-2359>

Аннотация. В статье исследованы способы эффективного запуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при низких температурах. Для повышения надежности запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах автомобилестроение пошло по пути снижения сопротивления вращению коленчатого вала за счет предпускового прогрева двигателя (прогрев охлаждающей жидкости системы охлаждения и прогрев масла в поддоне двигателя). Кроме того, опубликованы работы ученых и получены патенты на изобретения, посвященные эффективности запуска двигателя при низких температурах за счет повышения качества работы системы пуска двигателя. Однако эти системы пуска двигателей не реализованы в автомобилестроении – одни из-за несовершенства конструкций, сокращающих ресурс их элементов, другие – из-за сложности конструкций, увеличивающих массу узла и вызывающих длительную нагрузку на аккумулятор. Разработана эффективная система инерционно-электростартерного пуска двигателя при низких температурах. Система состоит из аккумулятора, замка зажигания трехпозиционного (двухпозиционного для дизельных двигателей), электростартера, реле тягового с обмоткой и замыкающим контактом, рычага привода шестерни, шестерни приводной, венца маховика коленчатого вала, муфты электромагнитной, маховика и муфты обгонной. Муфта обгонная, маховик и полумуфта ведущая электромагнитной муфты установлены на валу якоря неподвижно. Шестерня приводная установлена на ведомом валу полумуфты электромагнитной муфты шлицевым соединением. Разработанная инерционно-электростартерная система пуска позволит обеспечить безотказный запуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) стартером с раскрученным предварительно якорем до наибольших частот. При этом используются моменты инерции вращения якоря стартера, муфты обгонной, маховика и полумуфты ведущей электромагнитной муфты.

Ключевые слова: электростартер, аккумулятор, электромагнитная муфта, втягивающее реле, обгонная муфта, маховик, момент инерции

Для цитирования: Абаев А. Х., Качмазова Э. К., Умирзиков А. М. Система инерционно-электро-стартерного пуска двигателя внутреннего сгорания // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 62–70. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-62-70

Original article

Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine

Aleksandr Kh. Abaev^{✉1}, Elvira K. Kachmazova², Akhmad M. Umirzokov³

^{1,2}Gorsky State Agrarian University, 47 Kirova Street, Vladikavkaz, Russia, 362019

³Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, 10 academicians Radjabovs' Avenue, Dushanbe, Tajikistan, 734042

^{✉1}al.abaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7747-9114>

²el_kachmazova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4734-4488>

³ahmad.umirzokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9966-2359>

Abstract. This article focuses on improving the reliability of starting internal combustion engines (ICEs) at low temperatures. Methods for effectively starting ICEs at low temperatures are explored. To improve the reliability of starting an internal combustion engine at low temperatures, the automotive industry has taken the path of reducing crankshaft rotational resistance by pre-heating the engine (warming up the coolant in the cooling system and warming up the oil in the engine sump). In addition, scientists have published works and received patents for inventions dedicated to the efficiency of engine starting at low temperatures by improving the quality of the engine starting system. However, these engine starting system designs have not been implemented in the automotive industry, some due to design imperfections that reduce the lifespan of their components, others due to design complexity that increases the weight of the unit and causes prolonged stress on the battery. An efficient inertia-electric starter system for starting an engine at low temperatures has been developed. The system consists of a battery, a three-position ignition switch (two-position for diesel engines), an electric starter, a traction relay with a winding and a normally open contact, a pinion drive lever, a drive pinion, a crankshaft flywheel ring gear, an electromagnetic clutch, a flywheel, and an overrunning clutch. The overrunning clutch, flywheel, and the drive half-clutch of the electromagnetic clutch are fixedly mounted on the armature shaft. The drive pinion is mounted on the driven shaft of the electromagnetic clutch half-clutch using a splined connection. The developed inertial-electric starter system will ensure trouble-free starting of an internal combustion engine (ICE) using a starter with the armature pre-spun to its highest speed. This utilizes the moments of inertia of the starter armature, overrunning clutch, flywheel, and the half-clutch of the leading electromagnetic clutch.

Keywords: electric starter, gear, flywheel ring, storage battery, electromagnetic clutch, starting relay, overrunning clutch

For citation: Abaev A.Kh., Kachmazova E.K., Umirzokov A.M. Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2026;2(52):62–70. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-62-70

Введение. Холодный запуск двигателя представляет собой сложный физико-химический процесс, при котором все системы автомобиля работают в экстремальных условиях. При низких температурах происходят кардинальные изменения в свойствах технических жидкостей, геометрии деталей и условиях смесеобразования [1, 2].

Основные изменения при понижении температуры воздуха включают увеличение вязкости моторного масла в 5–15 раз, снижение эффективности испарения топлива на 40–60%, уменьшение емкости аккумуляторной батареи на 30–50% и изменение геометрических зазоров между деталями двигателя из-за температурного сжатия металлов.

Самые низкие температуры в России наблюдаются в восточной части страны, в частности в Республике Саха (Якутия) и на Крайнем Севере. Экстремально низкие температуры характерны для Якутии ($-36...-71$ °С), Магаданской области ($-25...-37$ °С), Иркутской области и Таймыра ($-19...-25$ °С).

В предгорьях Северного Кавказа зимой температура может сильно варьироваться в зависимости от высоты. В равнинной части средняя температура колеблется от 0 до -5 °С. Ночные температуры часто опускаются ниже нуля (около $-3...-6$ °С), редко ниже -6 °С. В горах значительно холоднее. Столбик термометра может упасть до $-10...-15$ °С и даже ниже в особо холодные периоды.

На Северном Кавказе Транскавказская автомагистраль (Транскам) и Военно-Грузинская дорога, которые являются федеральными, соединяют Россию с Закавказьем. В Кабардино-Балкарии есть две федеральные дороги, проходящие через перевал Гумбаши: «А-149» («Черкесск – Архыз») и «А-157» («Домбай – Адлер»).

Зимой перевалы полностью покрываются снегом и являются опасными из-за лавин, сильных ветров и холода. Зимняя дорога на перевале может быть труднопроходимой. Автомобили часто простаивают из-за схода лавин и снежных заносов. Помимо транзитных автомобилей на федеральных дорогах в горах эксплуатируются автомобили физических и юридических лиц, специальные машины, обслуживающие дороги, фермы, лыжные базы и лыжные склоны.

Эксплуатация техники при низких температурах требует особого подхода, что включает специальную подготовку техники, правильный выбор технических жидкостей и топлива, особенности запуска двигателя и прогрева, а также соблюдение мер предосторожности при движении по морозной дороге и грунту.

Цель исследования – обеспечить безотказный пуск двигателя внутреннего сгорания при низких отрицательных температурах воздуха, снижение энергозатрат и как результат этого – повышение срока службы аккумуляторов посредством повышения эффективности работы системы пуска.

Материалы, методы и объекты исследования. Материал исследования – автомобили КамАЗ, ГАЗ, Урал, трактор Кировец. Метод исследования – системный анализ, моделиро-

вание и логические методы. Объектом исследования является двигатель внутреннего сгорания.

В рамках исследования был проведен поиск материалов в интернете и патентный поиск по вопросам повышения эффективности запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах.

На рисунке 1 представлена схема способов эффективного запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах.

Эффективный запуск двигателей внутреннего сгорания при низких температурах посредством прогрева масла в поддоне открытым пламенем – наиболее ранний способ. Подогрев осуществляли бензиновой паяльной лампой, факелами, позднее газовыми горелками. До широкого применения антифриза в системе охлаждения прогрев двигателя осуществляли заливкой горячей воды в систему охлаждения до момента, когда из сливных краников не пойдет горячая вода. Открытым пламенем также прогревали трансмиссионное масло в картере коробки перемены передач. Данный метод наиболее простой, но трудоемкий и пожароопасный.

Методы запуска двигателей внутреннего сгорания при низких температурах с предварительным прогревом масла нагревательной пластиной в поддоне, тэном в поддоне или сливной тен-пробкой поддона пришли на смену прогреву масла в поддоне открытым пламенем.

Основные недостатки запуска двигателей внутреннего сгорания при низких температурах посредством прогрева масла в поддоне электрическими нагревателями:

– питание нагревателей осуществляется переменным током 220 В;

– не осуществляется прогрев двигателя и салона автомобиля.

Предпусковой прогрев двигателя (дизельного, бензинового) посредством прогрева охлаждающей жидкости системы охлаждения жидкостными подогревателями наиболее широко применяется на сегодняшний день.

На грузовых автомобилях КамАЗ, МАЗ, ЗИЛ, КРАЗ, УРАЛ применяется предпусковой подогреватель двигателя 14ТС-10-24-С сб.2875 ПЛАНАР (24 В) 15 кВт. На легковых автомобилях и газелях применяется предпусковой подогреватель двигателя российского производства Бинар (бензин 12 В).



Рисунок 1. Способы эффективного запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах

Figure 1. Methods for effectively starting an internal combustion engine at low temperatures

Сегодня на рынке представлен широкий спектр предпусковых подогревателей двигателей китайского производства (ONSEN (Бензин/дизель 12 В), Kinkonk/Heataero (Дизель 24 В), 5500 (Бензин/дизель 12 В). Наиболее авторитетной на рынке предпусковых подогревателей для двигателей автомобилей считается немецкая фирма Webasto.

Подогреватель подсоединяется к системе охлаждения двигателя машины. Для работы ему нужен воздух и топливо, а также аккумуляторная батарея (топливный насос, циркуляционный насос для охлаждающей жидкости, воздуходувка – эти устройства потребляют электрическую энергию). Подогреватель может питаться от автономного аккумулятора или быть подключен к бортовой электрической сети. Воздух устройство берет с улицы, а бензин или дизельное топливо – из бака, хотя возможна установка отдельного топливного бачка специально для подогревателя. Это позволяет использовать дизельные приборы на бензиновых машинах или наоборот. Отдельный насос и нагнетатель подают топ-

ливо и воздух в камеру сгорания. Тепло, выделяющееся при сжигании смеси, греет охлаждающую жидкость, которая прокачивается через теплообменник. Горячая жидкость циркулирует по системе, прогревая мотор. Она же через радиатор отопителя может обогреть и салон машины.

Достоинства жидкостных предпусковых подогревателей: прогрев мотора до 90 °С; обогрев салона машины; работа без подключения к сети 220 В; низкое потребление топлива; легкий монтаж; простота в обслуживании; безопасный запуск; экономия ресурса двигателя, времени и топлива.

Недостатки жидкостных предпусковых подогревателей: высокая цена (качественный обогреватель стоит недешево); при низких температурах емкость аккумуляторной батареи уменьшается на 30–50%; жидкостный предпусковой подогреватель двигателя во время работы значительно разряжает аккумуляторную батарею.

Электрический подогреватель двигателя, работающий от внешней электросети, уста-

навливается в блок цилиндров. Основным элементом подобной конструкции является электрическая спираль, которую монтируют в блок цилиндров. Антифриз нагревается спиралью, затем циркулирует в системе охлаждения. Эффективность такой системы несколько ниже жидкостных предпусковых подогревателей, да и прогрев занимает больше времени.

Достоинства электрического подогревателя двигателя: дешевизна; простота установки и обслуживания; аккумуляторная батарея автомобиля не разряжается. Недостатки электрического подогревателя двигателя: работа с подключением к сети 220 В; длительный процесс прогрева двигателя; высокий расход электроэнергии; при прогреве мотора невозможно обогреть салон машины.

Газ является альтернативным видом топлива бензину и дизтопливу [3–5]. Наиболее широко распространен природный газ (метан) и сжиженный нефтяной газ (смесь пропана и бутана – СНГ). Применение СНГ в качестве моторного топлива в связи с его экологичностью и невысокой стоимостью является экономически выгодным.

Сегодня на автомобилях с бензиновыми двигателями широко применяется газовое топливо. Однако выявлено, что запуск двигателя автомобиля на газе при низких температурах воздуха значительно осложнен. Наиболее экономичным и надежным средством облегчения запуска двигателя, работающего на газе в холодное время года, является использование тепловой подготовки топлива. Это осуществляется посредством разогрева редуктора-испарителя и находящегося в нем СНГ горячим воздухом. Но это улучшает лишь процесс смесеобразования и воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя, но не снижает сопротивление вращению коленчатого вала.

Известна система электростартерного пуска ДВС, содержащая аккумулятор, электростартер, втягивающее реле с замыкающими контактами, муфту свободного хода с зубчатым колесом, аппарат коммутационный, механизм управления. Данная система электростартерного пуска не обеспечивает надежный пуск двигателя внутреннего сгорания в процессе эксплуатации при низких отрицательных температурах воздуха. Отказы происходят из-за того, что запуск самого стартера и зацепление его шестерни с венцом маховика

ДВС происходят одновременно. При запуске двигателя даже в нормальных эксплуатационных условиях высокий пиковый ток, потребляемый стартером, является недостатком, поскольку приводит к повышенной нагрузке на аккумуляторную батарею (АКБ).

Отдача энергии аккумулятора снижается вследствие увеличения ее внутреннего сопротивления и снижения емкости при низких отрицательных температурах. Кроме того, при этом момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала ДВС резко увеличивается из-за повышения вязкости масла.

Ранее С. Б. Аджиманбетов предложил систему двухэтапного электростартерного пуска [6]. В своей работе он использовал принцип работы двухрежимной электрической бесступенчатой трансмиссии, широко освещенный в научной литературе [7–9]. Однако при её работе возникают ударные нагрузки, сокращающие ресурс элементов. Позже им была разработана система двухрежимного пуска [8], в которой применён планетарный редуктор, обеспечивающий две скорости вращения. Несмотря на эффективность, данная конструкция сложна, увеличивает массу узла и вызывает длительную нагрузку на аккумулятор.

Результаты исследований. Разработана и предложена эффективная схема инерционно-электростартерного пуска двигателя (рис. 2).

Схема состоит из аккумулятора 1, замка зажигания трехпозиционного (двухпозиционного для дизельных двигателей) 2, электростартера 3, реле тягового с обмоткой и замыкающим контактом 4, рычага привода шестерни 5, шестерни приводной 6, венца маховика коленчатого вала 7, муфты электромагнитной (кольца контактные 8, щетки 9, полумуфта ведомая 10, индуктор 11, полумуфта ведущая 12), маховик 13 и муфта обгонная 14 [10–12].

Муфта обгонная 14, маховик 13 и полумуфта ведущая 12 электромагнитной муфты установлены на валу якоря неподвижно. Шестерня приводная установлена на ведомом валу полумуфты электромагнитной муфты шлицевым соединением.

Инерционно-электростартерная система пуска ДВС работает следующим образом. Сначала трехпозиционный замок зажигания устанавливается в первую позицию, что позволяет подать ток к системе зажигания. Далее замок зажигания устанавливается во вторую позицию.

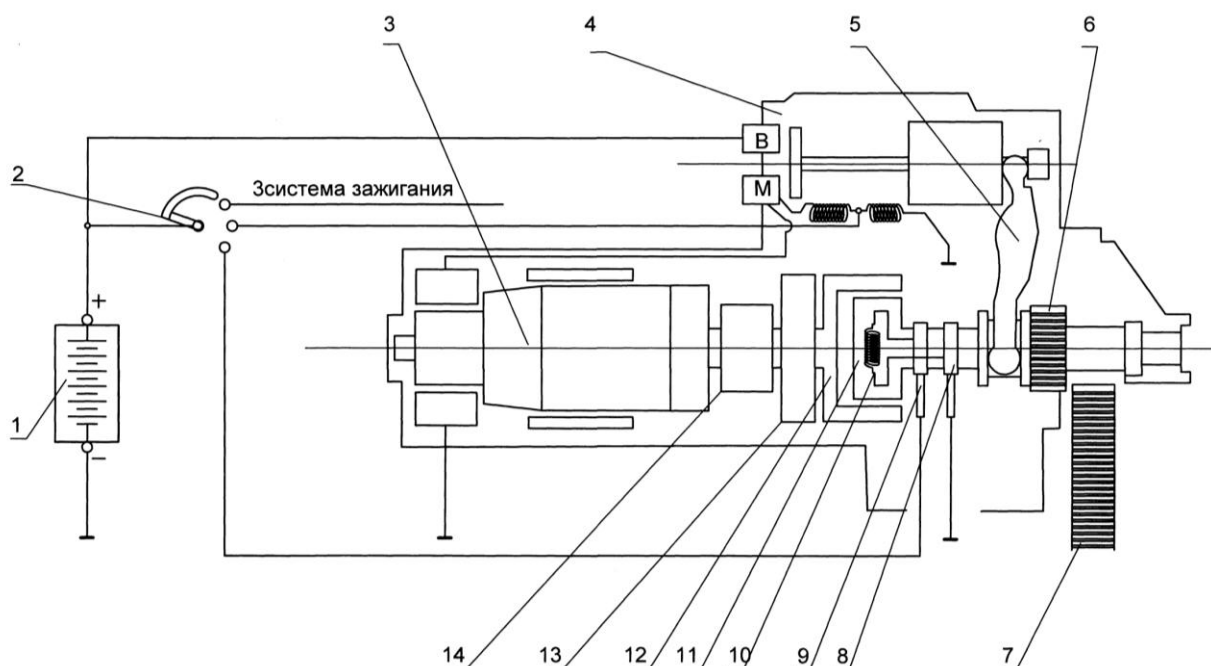


Рисунок 2. Система инерционно-электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания:

1 – аккумулятор; 2 – трехпозиционный замок зажигания (для дизельных двигателей двухпозиционный); 3 – электростартер; 4 – тяговое реле с замыкающим контактом и обмоткой; 5 – рычаг привода шестерни; 6 – приводная шестерня; 7 – венец маховика коленчатого вала; электромагнитная муфта; 8 – контактные кольца; 9 – щетки; 10 – ведомая полумуфта; 11 – индуктор; 12 – ведущая полумуфта; 13 – маховик; 14 – обгонная муфта

Figure 2. Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine:

1 – battery; 2 – three-position ignition switch (two-position for diesel engines); 3 – electric starter; 4 – traction relay with closing contact and winding; 5 – pinion drive lever; 6 – drive pinion; 7 – crankshaft flywheel ring gear, electromagnetic clutch; 8 – slip rings; 9 – brushes; 10 – driven half coupling; 11 – inductor; 12 – leading half coupling; 13 – flywheel; 14 – overrunning clutch

Ток подается как к системе зажигания, так и к тяговому реле. В результате срабатывания тягового реле механизм привода стартера вводит приводную шестерню в зацепление с зубчатым венцом маховика, и подается ток к обмоткам возбуждения стартера. Начинается вращение вала якоря стартера вместе с обгонной муфтой 14, маховиком 13 и ведущей полумуфтой электромагнитной муфты.

В момент, когда якорь стартера набирает максимальную частоту вращения (соответствует максимальной потенциальной мощности стартера и максимальной суммарной кинетической энергии вращения якоря стартера, обгонной муфты, маховика и ведущей полумуфты электромагнитной муфты), замок зажигания устанавливается в третью позицию, включается электромагнитная муфта.

От стартера через электромагнитную муфту крутящий момент передается к маховику коленчатого вала двигателя. Двигатель запускается. После начала работы двигателя механизм привода стартера выводит шестерню привода из зацепления с зубчатым венцом маховика. Замок зажигания переводится в первую позицию.

Выводы. Разработанная система инерционно-электростартерного пуска позволит обеспечить эффективный запуск двигателя внутреннего сгорания при низких температурах за счёт использования инерционного момента вращающихся частей. Повышается надёжность пуска, снижаются энергозатраты и ударные нагрузки, увеличивается срок службы аккумуляторной батареи и стартера.

Список литературы

1. Исследование режимов работы дизельных двигателей тракторов в реальных условиях эксплуатации / Ю. А. Шекихачев, В. И. Батыров, Р. А. Балкаров [и др.] // Техника и оборудование для села. 2019. № 4(262). С. 14–19. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-4-14-19. EDN: IRSNXN
2. Investigation of coking diesel injector spray nozzles in operation / A. Apazhev, Yu. Shekikhachev, V. Batyrov [et al.] // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. С. 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201020. EDN: VSOXIQ
3. Оптимизация состава трехкомпонентной биотопливной смеси / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, В. И. Батыров, А. Л. Болотоков // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 102–111. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-102-111. EDN: SLCGVE
4. Influence of non-uniformity of fuel supply parameters on diesel engine performance / A.K. Apazhev, Yu.A. Shekikhachev, V.I. Batyrov, L.Z. Shekikhacheva // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, 2020. P. 42063. DOI: 10.1088/1742-6596/1679/3/042063. EDN: CYJQIJ
5. Metrological and methodological support for bench studies of diesel engines / Yu.A. Shekikhachev, R.A. Balkarov, M.M. Chechenov [et al.] // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, 2020. P. 42029. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/4/042013. EDN: WUHDMX
6. Патент 2462611 Российская Федерация, МПК F02N 15/02. Система электростартерного пуска ДВС / С. Б. Аджиманбетов, А. А. Глабец, М. Г. Голобоков; патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. № 2010153553/07; заявл. 27.12.2010; опубл. 27.09.2012, Бюл. № 27. 5 р. EDN: APCRVL
7. Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics / A.K. Apazhev, Yu.A. Shekikhachev, V.I. Batyrov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2021. P. 42084. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042084. EDN: ADOSXI
8. Надежность топливных насосов высокого давления / Ю. А. Шекихачев, Р. А. Балкаров, В. Б. Дзуганов [и др.] // Сельский механизатор. 2026. № 2. С. 10–13. DOI: 10.47336/0131-7393-2026-2-10-11-12-13. EDN: CAUQAJ
9. Батыров В. И., Шекихачев Ю. А. Особенности протекания рабочего процесса дизеля в условиях высокогорья Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 2(28). С. 117–121. EDN: ZUJDBQ
10. Патент 2479744 Российская Федерация, МПК F02N 11/00. Система двухрежимного электростартерного пуска ДВС / С. Б. Аджиманбетов; патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. № 2010153553/07; заявл. 13.09.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11. 5 с. EDN: ZGQWAN
11. Патент 2638957 Российская Федерация, МПК F02N 15/02, F02N 11/00, F16D 43/24. Система инерционно-электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания / А. Х. Абаев, С. Э. Гасанов, А. С. Абаев [и др.]; патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. № 2016148098; заявл. 07.12.2016; опубл. 19.12.2017, Бюл. № 35. 8 с. EDN CLESGZ
12. Абаев А. Х., Качмазова Е. И. Облегченный пуск двигателя внутреннего сгорания // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий: материалы международной научно-практической конференции. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2018. Т. 1. С. 271–273. EDN: YRKMSL

References

1. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Balkarov R.A. [et al.]. Investigation of operating modes of tractor diesel engines in real operating conditions. Machinery and equipment for rural area. 2019;4(262):14–19. (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2019-4-14-19. EDN: IRSNXN
2. Apazhev A., Shekikhachev Yu., Batyrov V. [et al.]. Investigation of coking diesel injector spray nozzles in operation. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021)*. E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201020/ EDN: VSOXIQ

3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Bolotokov A.L. Optimization of the composition of a three-component biofuel mixture. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;3(37):102–111. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-102-111. EDN: SLCGVE
4. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z. Influence of non-uniformity of fuel supply parameters on diesel engine performance. *Journal of Physics: Conference Series*. Krasnoyarsk, 2020. P. 42063. (In Russ.). DOI: 10.1088/1742-6596/1679/3/042063. EDN: CYJQIJ
5. Shekikhachev Y.A., Balkarov R.A., Chechenov M.M., Kardanov H.B., Shekikhacheva L.Z. Metrological and methodological support for bench studies of diesel engines. *JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. Krasnoyarsk, 2020. P. 42029. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/4/042013. EDN: WUHDMX
6. Patent 2462611 Russian Federation, IPC F02N 15/02. Electric starter system of internal combustion engine start. S.B. Adzhimanbetov, A.A. Glabets, M.G. Golobokov; proprietor: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2010153553/07; declared 27.12.2010; publ. 27.09.2012, Bull. No. 27. 5 p. (In Russ.). EDN: APCRVL
7. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I. [et al.] Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall*. Krasnoyarsk, 2021. P. 42084. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042084. EDN: ADOSXI
8. Shekikhachev Y.A., Balkarov R.A., Dzuganov V.B. [et al.]. Reliability of high-pressure fuel pumps. *Sel'skiy mekhanizator*. 2026;(2):10-13. (In Russ.). DOI: 10.47336/0131-7393-2026-2-10-11-12-13. EDN: CAUQAJ
9. Batyrov V.I., Shekikhachev Yu.A. Peculiarities of diesel engine working process in high-mountain conditions of Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;2(28):117–121. (In Russ.). EDN: ZUJDBQ
10. Patent 2479744 Russian Federation, IPC F02N 11/00. Ice two-mode electric starter system. S.B. Adzhimanbetov; proprietor: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2010153553/07; declared 13.09.2011; publ. 20.04.2013, Bull. No. 11. 5 p. (In Russ.). EDN: ZGQWAH
11. Patent 2638957 Russian Federation, IPC F02N 15/02, F02N 11/00, F16D 43/24. System of inertia-electric starting of internal combustion engine system of inertia-electric starting of internal combustion engine. A.Kh. Abaev, S.E. Gasanov, A.S. Abaev [et al.]; proprietor: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2016148098; declared 07.12.2016; published 19.12.2017, Bull. No. 35. 8 p. (In Russ.). EDN: CLESGZ
12. Abaev A.Kh., Kachmazova E.I. Simplified of ic-engine start-up. *Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa gornyh i predgornyh territorij: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex of mountain and foothill territories: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2018. Vol. 1. Pp. 271–273. (In Russ.). EDN: YRKMSL

Сведения об авторах

Абаев Александр Хасанович – кандидат технических наук, доцент кафедры техники и технологии наземного транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6550-3848

Качмазова Эльвира Константиновна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технические системы в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5977-5260

Умирзоков Ахмад Маллабоевич – кандидат технических наук, доцент, Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими, SPIN-код: 8000-4010

Information about the authors

Aleksandr Kh. Abaev – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Land Transport Engineering and Technology, Gorskij State Agrarian University, SPIN-code: 6550-3848

Elvira K. Kachmazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical systems in agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5977-5260

Akhmad M. Umirzokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, SPIN-code: 8000-4010

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 28.04.2026;
одобрена после рецензирования 20.05.2026;
принята к публикации 27.05.2026.*

*The article was submitted 28.04.2026;
approved after reviewing 20.05.2026;
accepted for publication 27.05.2026.*

Научная статья

УДК 637.1

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-71-78

Теоретические аспекты влияния режимов транспортирования молока в поточных линиях на процесс дестабилизации жировой фазы

Рамазан Курбанович Алиев^{✉1}, Таймураз Асланбекович Уртаев²,
Камиль Рамазанович Алиев³

^{1,3}Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), улица Николаева, 44, Владикавказ, Россия, 362021

^{✉1}aliev-ramazan1@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3904-5451>

²tamu_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9586-0862>

³kamilsnipe@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6331-6887>

Аннотация. При транспортировании и первичной обработке в молочных линиях доильных установок молоко подвергается сильным гидромеханическим воздействиям с образованием пены. Уровень воздействия на дисперсный состав молочного жира зависит от многих факторов, в частности от режима движения потока молока, конфигурации и состояния поверхности коммуникаций, продолжительности транспортирования. При этом характерен неустановившийся режим движения потока молока с большими мгновенными значениями скоростей и ускорений, свидетельствующий о турбулентном характере течения. Необходимо отметить при этом большую насыщенность молока воздушными пузырьками, которые, в свою очередь, способствуют дестабилизации жировой фазы молока, образованию масляных конгломератов. Процесс образования масляных конгломератов хорошо объясняется физико-химической (флотационной) теорией маслообразования. Степень гидромеханического воздействия на жировую фазу молока в зависимости от скорости и продолжительности транспортирования может быть объяснён с позиции гидродинамической теории маслообразования Кука – Асейкина, в основу которой положена решающая роль сепарируемого эффекта микровихрей, образующихся в турбулентном потоке молока. При движении молока меняется его температура, вязкость и плотность, от которых зависит эффективность сепарирующего воздействия вихря и влияние шероховатости на отрыв потока и образование микроциклонов. Результаты исследования показали, что суммарный сепарирующий эффект вихрей будет повышаться с повышением времени транспортирования молока, так как длительность действия сепарирующего эффекта, как и время существования вихрей, прямо пропорциональна времени транспортирования. При транспортировке молока со скоростью 2,0 м/с дестабилизация жировых частиц статистически достоверно происходит при продолжительности транспортировки более 15 с и достигает 20% при продолжительности транспортировки 60 с.

Ключевые слова: флотация, теория маслообразования, ламинарные и турбулентные течения, скорость, ускорение, пограничный слой, температура, кинематическая и динамическая вязкость, плотность, гидравлическое сопротивление

Для цитирования: Алиев Р. К., Уртаев Т. А., Алиев К. Р. Теоретические аспекты влияния режимов транспортирования молока в поточных линиях на процесс дестабилизации жировой фазы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 71–78. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-71-78

Original article

Theoretical aspects of the influence of milk transportation modes in flow lines on the process of fat phase destabilization

Ramazan K. Aliev^{✉1}, Taimuraz A. Urtaev², Kamil R. Aliyev³

^{1,3}Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

³North Caucasus Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), 44 Nikolaev Street, Vladikavkaz, Russia, 362021

^{✉1}aliev-ramazan1@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3904-5451>

²tamu_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9586-0862>

³kamilsnipe@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6331-6887>

Abstract. During transportation and initial processing in milking lines, milk is subjected to strong hydromechanical forces, resulting in foam formation. The degree of impact on the particle size distribution of milk fat depends on many factors, including the milk flow pattern, the configuration and surface condition of the lines, and the duration of transportation. Milk flow is typically unsteady, with high instantaneous velocities and accelerations, indicating turbulent flow. It is also important to note the high saturation of milk with air bubbles, which in turn contribute to the destabilization of the milk's fat phase and the formation of oil agglomerates. The formation of oil agglomerates is well explained by the physicochemical (flotation) theory of oil formation. The degree of hydromechanical impact on the fat phase of milk, depending on the speed and duration of transportation, can be explained by the Cook-Aseikin hydrodynamic theory of butter formation, which is based on the crucial role of the separating effect of microvortices formed in the turbulent flow of milk. As milk moves, its temperature, viscosity, and density change, which determine the effectiveness of the vortex's separating action and the influence of roughness on flow separation and microcyclone formation. The study's results showed that the overall separating effect of vortices increases with increasing milk transportation time, since the duration of the separating effect, like the lifetime of the vortices, is directly proportional to the transportation time. When transporting milk at a speed of 2.0 m/s, destabilization of fat particles statistically significantly occurs with a transportation time of more than 15 seconds and reaches 20% with a transportation time of 60 seconds.

Keywords: flotation, oil formation theory, laminar and turbulent flows, velocity, acceleration, boundary layer, temperature, kinematic and dynamic viscosity, density, hydraulic resistance

For citation: Aliyev R.K., Urtayev T.A., Aliyev K.R. Theoretical aspects of the influence of milk transportation modes in flow lines on the process of fat phase destabilization. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):71–78. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-71-78

Введение. Молоко в процессе его транспортирования и первичной обработки подвергается сильным гидромеханическим воздействиям. Уровень воздействия на дисперсный состав молочного жира зависит от многих факторов, в частности от режима движения потока молока, конфигурации и состояния поверхности коммуникаций, продолжительности транспортирования.

При этом характерен неустановившийся режим движения потока молока с большими мгновенными значениями скоростей и ускорений, свидетельствующий о турбулентном характере течения. Необходимо отметить при этом большую насыщенность молока воздушными пузырьками.

В процессе транспортировки молоко-воздушная смесь подвергается механическим ударам с образованием пены. В результате происходит дестабилизация жировой фазы молока, что проявляется образованием масляных конгломератов. Таким образом, режимы течения молока в звеньях поточной технологической молочной линии транспортирования и охлаждения молока в доильных установках при транспортировании его по прифермскому транспортному молокопроводу оказывают существенное влияние на жировую фазу молока.

Цель исследования – определение степени влияния гидромеханических факторов на

жировую фазу молока при его транспортировании и первичной обработке на прифермских молочных линиях.

Материалы, методы и объекты исследования. Процесс образования масляных конгломератов хорошо объясняется физико-химической (флотационной) теорией маслообразования, предложенной в работе [1, 2], и применительно к молочным линиям доильных установок (до молокоприемника) подробно рассмотрен в работах [3–5].

При движении молока через звенья молочной линии, а также через повороты и стыки

транспортного молокопровода образуются турбулентные течения со значительными скоростями и ускорениями, при которых на жировые шарики молока оказывают влияние такие гидромеханические факторы, как усилия сдвига и центробежные силы.

Исследование влияния гидромеханических факторов на жировую фазу молока при различных скоростях, температурах и времени эвакуации изображено на рисунке 1, где содержание жира $\eta=100\%$ соответствует исходному сырому молоку, полученному при ручном доении.

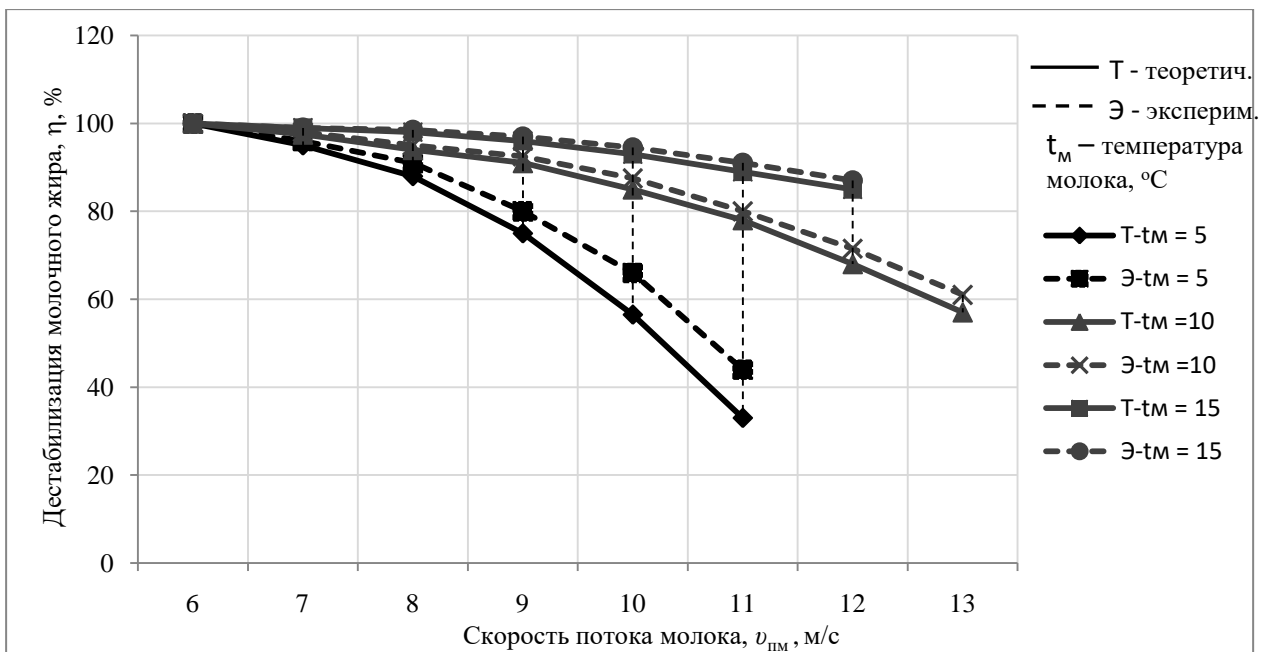


Рисунок 1. Характеристики влияния гидромеханических факторов на жировую фазу молока при разных скоростях эвакуации и его температуры

Figure 1. Characteristics of the influence of hydromechanical factors on the fat phase of milk at different evacuation rates and its temperature

Установлено, что процесс образования конгломератов начинается в турбулентной области при скорости транспортирования 6 м/с и зависит от времени воздействия.

Степень гидромеханического воздействия на жировую фазу молока в зависимости от скорости и продолжительности транспортирования может быть объяснен с позиции гидродинамической теории маслообразования Кука – Асейкина [6], в основу которой положена решающая роль сепарируемого эффекта

микро-вихрей, образующихся в турбулентном потоке молока.

Таким образом, жировые шарики молока захватываются вихрями и двигаются к их оси, попадая в условия, способствующие их столкновению и сцеплению. Очевидно, помимо поступательного движения к оси жировые шарики совершают и относительное движение в слоях, расположенных на разном расстоянии от оси вихря. При этом жировые шарики совершают вращательное движение, обусловли-

вая повышенный разрушительный эффект на оболочку жировых шариков.

При рассмотрении процесса осаждения жировой частицы можно предположить, что вихри (циклоны) отрываются от пограничного слоя потока молока. На основании данных, представленных в работах [3, 6, 7, 9], время перемещения жировой частицы с эквивалентным радиусом r_3 в центр вихря и время образования масляного конгломерата рассчитываем из выражения:

$$\tau_{oc} = \frac{9\mu}{2\Delta\rho r_3^2 \left(\frac{\zeta v_{nm}}{16\nu}\right)^2}, \quad (1)$$

где

v_{nm} – скорость молока на границе потока, м/с;

ν – кинематическая сила внутреннего трения (вязкость), м²/с;

μ – динамическая сила внутреннего трения (вязкость), кг/м·с;

r_3 – эквивалентный радиус жировой частицы, м;

$\Delta\rho$ – разность плотностей плазмы и жира молока, кг/м³;

ζ – гидравлический коэффициент трения.

Из выражения (1) видно, что увеличение скорости потока приводит к уменьшению времени осаждения τ_{oc} , что, в свою очередь, вызывает увеличение размеров жировых шариков.

Исследования показывают, что суммарный сепарирующий эффект вихрей будет повышаться с повышением времени транспортирования молока, так как длительность действия сепарирующего эффекта, как и время существования вихрей, прямо пропорциональна времени транспортирования τ_{mp} . [7]. Время существования сепарирующего эффекта τ_{cs} с учетом результатов, полученных авторами [2, 7], находим из выражения:

$$\tau_{cs} \approx k_{cs} \tau_{mp}, \quad (2)$$

где

k_{cs} – коэффициент пропорциональности, учитывающий частоту появления и время существования вихрей.

Исследования показывают, что время осаждения для частиц разных размерных классов

будет различно [4, 7]. Поэтому за заданное время транспортирования одни частицы успеют переместиться к центру вихря, а другие нет. С увеличением времени транспортирования число размерных классов, подвергнувшихся сепарации, будет повышаться, и суммарный объем жира, перешедшего в масляный конгломерат, можно найти из выражения:

$$V_{жс} = \sum_{i=1}^m \left| k_{cs} \cdot \tau_{mp} - \tau_{oci} \right|^{-1} (k_{cs} \cdot \tau_{mp} - \tau_{oci} + |k_{cs} \cdot \tau_{mp} - \tau_{oci}|) n_i r_i^2 V_i, \quad (3)$$

где

V_i – объем жаровой частицы, м³;

r – радиус жировой частицы, м;

n – количество жировых частиц.

Выражение

$$\frac{(k_{cs} \cdot \tau_{mp} - \tau_{oci} + |k_{cs} \cdot \tau_{mp} - \tau_{oci}|)}{|k_{cs} \cdot \tau_{mp} - \tau_{oci}|} \quad (4)$$

является коэффициентом, определяющим соотношение между продолжительностью транспортирования и временем, которое необходимо для осаждения жировой частицы τ_{oc} . При определении значения k_{cs} необходимо предварительно определить из выражения (1) время τ_{oc} , за которое жировая частица с эквивалентным радиусом r_3 переместится к центру вихря, но предварительно необходимо определить коэффициент гидравлического трения ζ , а потом скорость молока v_{nm} на границе потока у стенки молокопровода. Коэффициент гидравлического трения при турбулентном режиме находим из выражения Блазиуса [9, 10]:

$$\zeta = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\frac{v_m d}{\nu}}}, \quad (5)$$

где

v_m – скорость молока на границе потока, м/с;

d – диаметр молокопровода, м.

Скорость молока на границе потока определяем из выражения [7]:

$$v_{mn} = 3,9 v_m \sqrt{\xi}. \quad (6)$$

Таким образом, решая выражение (3) относительно $k_{сз}$ и учитывая, что $k_{сз}$ может иметь только значение $k_{сз} \geq 0$, получим:

$$k_{сз} = \tau_{ос} / \tau_{тр}. \quad (7)$$

Результаты исследования. Результаты исследования подтвердили правомочность основных выводов «гидродинамической» гипотезы процесса дестабилизации жировых частиц в молоке при его движении в молочных линиях ферм.

Жировые шарики молока в поле зрения микроскопа при транспортировании его со скоростью 0,22 и 0,5 м/с соответственно на расстояние до 500 и 1000 м изображены на рисунке 2, а при транспортировании на расстояние до 100 м (при скоростях 0,22, 0,5 и 2,0 м/с) – на рисунке 3.

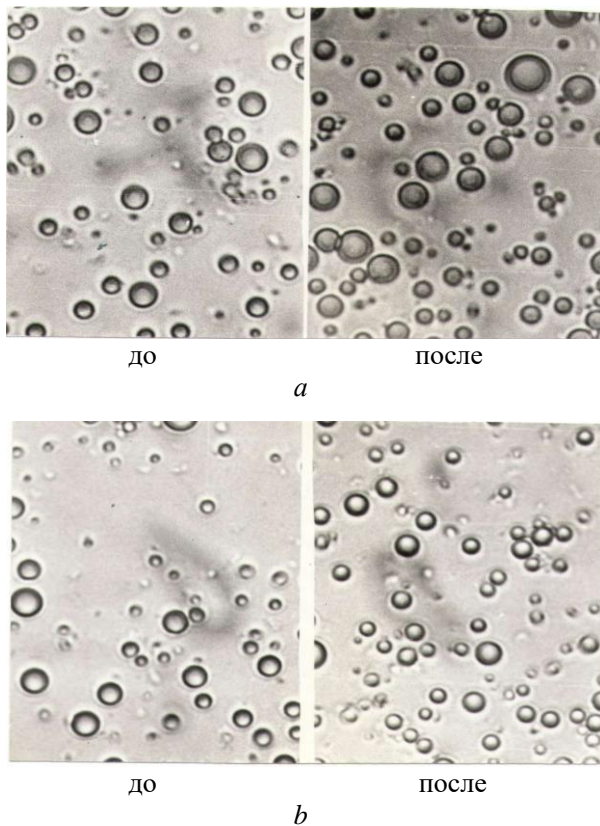


Рисунок 2. Жировые шарики молока в поле зрения микроскопа при увеличении в 600 раз при транспортировании на расстояние: *a* – 500 м со скоростью 0,22 м/с; *b* – 1000 м со скоростью 0,5 м/с

Figure 2. Milk fat globules in the field of view of a microscope at a magnification of 600 times during transportation over a distance of: *a* – 500 m at a speed of 0.22 m/s; *b* – 1000 m at a speed of 0.5 m/s

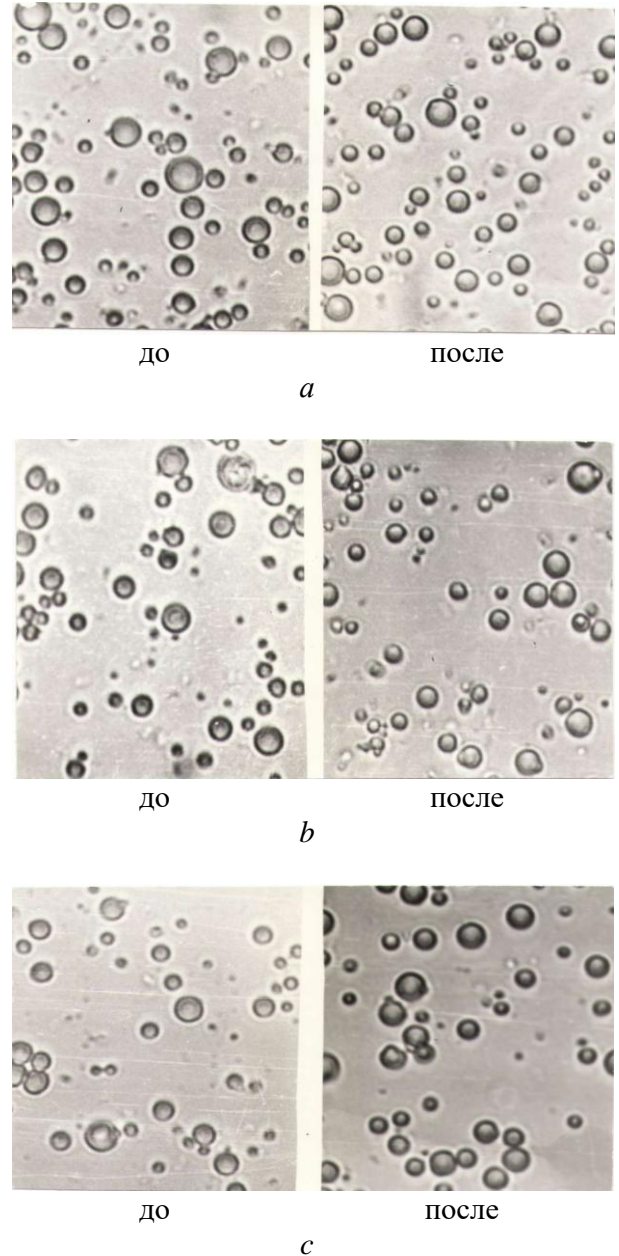


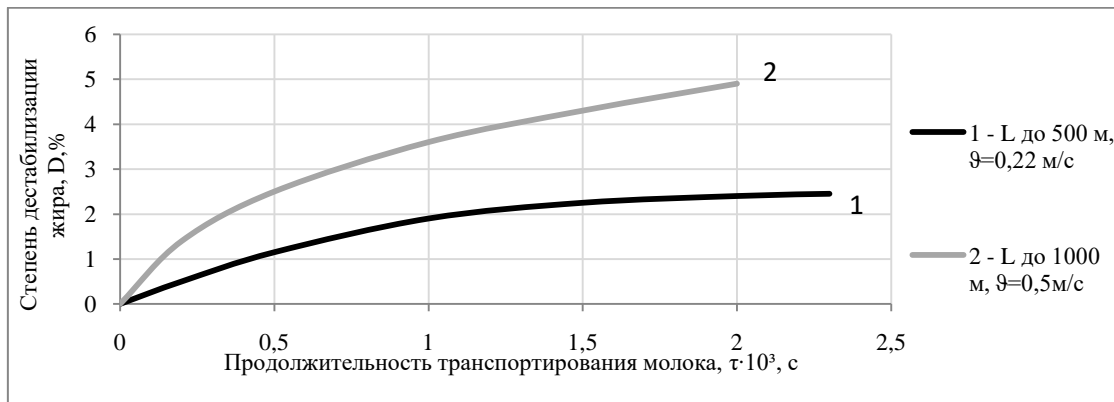
Рисунок 3. Жировые шарики молока в поле зрения микроскопа при увеличении в 600 раз при транспортировании на расстояние до 100 м со скоростью: *a* – 0,22 м/с; *b* – 0,5 м/с; *c* – 2,0 м/с
Figure 3. Milk fat globules in the field of view of a microscope at a magnification of 600 times during transportation over a distance of up to 100 m at a speed of: *a* – 0.22 m/s; *b* – 0.5 m/s; *c* – 2.0 m/s

Результаты исследования влияния скорости и времени транспортирования на дестабилизацию жировых частиц молока представлены на рисунке 4.

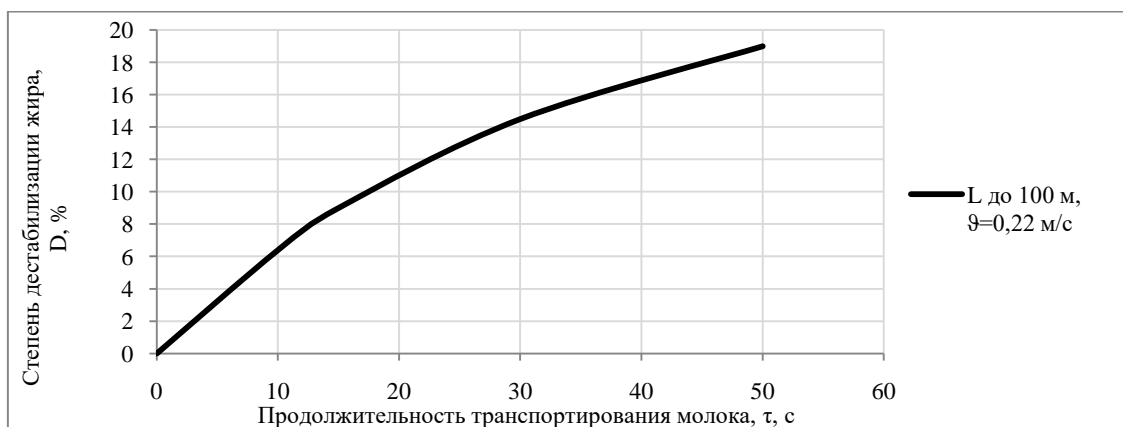
Анализ характеристик, представленных на рисунке 4, показывает, что при движении молока в молочных линиях доильных установок со скоростью 0,22 и 0,5 м/с и продолжитель-

ностью до 30 минут степень дестабилизации жировых частиц статистически недостоверна. В процессе транспортировки молока со скоростью 2,0 м/с дестабилизация жировых час-

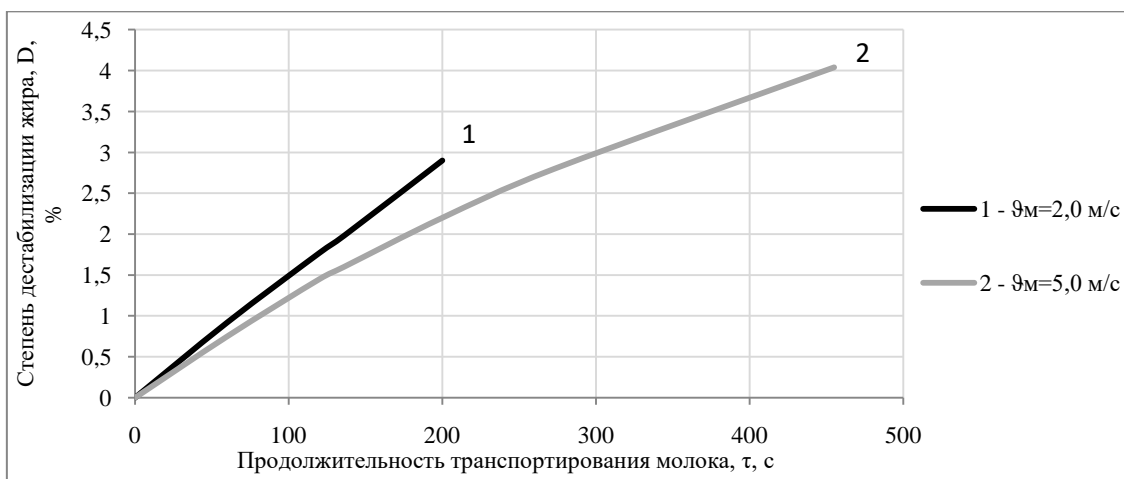
тиц происходит статистически достоверно при продолжительности транспортировки $\tau_{\text{мп}} > 15$ с и достигает 20% при $\tau_{\text{мп}} = 60$ с.



a)



b)



c)

Рисунок 4. Характеристики изменения дестабилизации жировых частиц при движении молока в молочных линиях доильных установок на расстояние: *a* – 500 м со скоростью 0,22 м/с и 1000 м со скоростью 0,5 м/с; *b* – 100 м со скоростью 2,0 м/с; *c* – 100 м со скоростью 0,22 м/с и 0,5 м/с
Figure 4. Characteristics of changes in the destabilization of fat particles during the movement of milk in milking lines of milking installations at a distance of: *a* – 500 m at a speed of 0.22 m/s and 1000 m at a speed of 0.5 m/s; *b* – 100 m at a speed of 2.0 m/s; *c* – 100 m at a speed of 0.22 m/s and 0.5 m/s

Выводы. 1. Установлено, что длительность транспортирования молока влияет на увеличение суммарного сепарирующего эффекта вихрей, так как длительность действия сепарирующего эффекта, как и длительность существования вихрей, пропорциональна длительности транспортирования $\tau_{\text{мп}}$.

2. В процессе транспортировки молока со скоростью 2,0 м/с дестабилизация жировых частиц происходит статистически достоверно при продолжительности транспортировки $\tau_{\text{мп}} > 15$ с и достигает 20% при $\tau_{\text{мп}} = 60$ с.

Список литературы

1. Польшиванный Ю. В., Яшин А. В. Технические системы производства сливочного масла: монография. Пенза: Пензенский ГАУ, 2023. 252 с. ISBN 978-5-00196-137-6
2. Тёпел А. Химия и физика молока / Под ред. С. А. Фильчаковой. Санкт-Петербург: Профессия, 2012. 831 с. ISBN 978-5-904757-34-2
3. Моренко С. А., Таран Е. Н. Оптоэлектронный датчик количества и качества молока // Вестник аграрной науки Дона. 2014. № 4(28). С. 29–34. EDN: TVQDSH
4. Цой Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2010. 424 с.
5. Методика экспериментальных исследований влияния скорости и продолжительности транспортировки молока на дестабилизацию жировой фазы / Р. К. Алиев, Б. И. Вялков, А. Ч. Джиджоев, Р. Р. Алиев // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. Владикавказ: Горский ГАУ, 2017. С. 268–270. EDN: ZAZAXL
6. Теоретические предпосылки процесса маслообразования / А. В. Поросятников, И. И. Шигапов, М. М. Гафин [и др.] // Сельский механизатор. 2018. № 6. С. 24–27. EDN: VLSDHE
7. Алиев Р. К., Джиджоев А. Ч., Алиев Р. Р. Влияние скорости и продолжительности транспортирования молока на степень дестабилизации его жировой фазы // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 2. С. 149–155. EDN: YSSDYR
8. Алиев Р. К., Караев В. В. Исследования влияния молочных насосов на дисперсный состав жировой фазы молока // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 8-й Международной научно-практической конференции. Владикавказ: Горский ГАУ, 2019. С. 155–158. EDN: UAJBIW
9. Оптимизация устройства агрегации микрометрических тел с встречновращающимися лентами Мёбиуса: монография / А. В. Яшин, В. С. Парфенов, В. Н. Стригин, И. Н. Сёмов. Пенза: ПГУАС, 2014. 163 с. ISBN 978-5-9282-1099-1
10. Расчет и проектирование теплообменников / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 372 с. ISBN 978-5-507-47154-6. EDN: BEGKQH

References

1. Polyvyanyj Yu.V., Yashin A.V. *Tekhnicheskie sistemy proizvodstva slivochnogo masla: monografiya* [Technical systems for butter production: monograph]. Penza: Penzenskij GAU, 2023. 252 p. (In Russ.). ISBN 978-5-00196-137-6
2. Tepel A. *Himiya i fizika moloka* [Chemistry and Physics of Milk]. Ed. by S.A. Filchakova. St. Petersburg: Professiya, 2012. 831 p. (In Russ.). ISBN 978-5-904757-34-2
3. Morenko S.A., Taran E.N. Optoelektronnyj datchik kolichestva i kachestva moloka [Optoelectronic sensor for milk quantity and quality]. *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. 2014;4(28):29–34. (In Russ.). EDN: TVQDSH
4. Tsoi Yu. A. *Processy i oborudovanie doil'no-molochnyh otdelenij zhivotnovodcheskih ferm* [Processes and equipment of milking and dairy departments of livestock farms]. Moscow: GNU VIESKH, 2010. 424 p. (In Russ.)
5. Aliev R.K., Vyalkov B.I., Dzhidzhoev A.Ch., Aliev R.R. Methodology of experimental studies of the influence of the speed and duration of milk transportation on the destabilization of the fat phase. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennyh usloviyah: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: materials of the international scientific and practical conference]. Vladikavkaz: Gorskij GAU, 2017. Pp. 268–270. (In Russ.). EDN: ZAZAXL

6. Porosyatnikov A.V., Shigapov I.I., Gafin M.M. [et al.]. Theoretical background of the process of oil formation. *Selskiy Mechanizator*. 2018;(6):24–27. (In Russ.). EDN: VLSDHE

7. Aliev R.K., Dzhidzhoev A.Ch., Aliev R.R. Effect of speed and duration of milk transportation on destabilization level of its fat phase. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017;54(2):149–155. (In Russ.). EDN: YSSDYR

8. Aliyev R.K., Karaev V.V. Research of the influence of milk pumps on the dispersed composition of the fat phase of milk. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh: materialy 8-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference]. Vladikavkaz: Gorskiy GAU, 2019. (In Russ.). Pp. 155–158. EDN: UAJBIW

9. Yashin A.V., Parfenov V.S., Strigin V.N., Semov I.N. *Optimizatsiya ustrojstva agregatsii mikrometricheskikh tel s vstrechnovrashchayushchimisya lentami Myobiusa: monografiya* [Optimization of the device for aggregating micrometric bodies with counter-rotating Mobius strips: monograph]. Penza: PGUAS, 2014. 163 p. (In Russ.). ISBN 978-5-9282-1099-1

10. Ostrikov A.N., Bolgova I.N., Zheltoukhova E.Yu. [et al.]. *Raschet i proektirovanie teploobmennikov* [Calculation and design of heat exchangers]. Saint Petersburg: Lan', 2023. 372 p. ISBN 978-5-507-47154-6. (In Russ.). EDN: BEGKQH

Сведения об авторах

Алиев Рамазан Курбанович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7395-7414

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

Алиев Камилъ Рамазанович – кандидат технических наук, доцент кафедры химии и промышленной биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», SPIN-код: 1938-4740

Information about the authors

Ramazan K. Aliyev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 7395-7414

Taimuraz A. Urtayev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 7380-6906

Kamil R. Aliev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Industrial Biotechnology, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), SPIN-code: 1938-4740

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 15.05.2026;
одобрена после рецензирования 04.06.2026;
принята к публикации 11.06.2026.

The article was submitted 15.05.2026;
approved after reviewing 04.06.2026;
accepted for publication 11.06.2026.

Научная статья

УДК 631.372

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-79-87

Динамика поворота колесного трактора 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.com

²mechfac-ggau@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8224-9518>

^{✉3}alan-aguzarov@mail.ru

Аннотация. Проблема сохранения плодородия почв стоит особенно остро в горном земледелии, где водная эрозия наносит значительный урон. Наиболее доступным и эффективным методом борьбы с эрозией на склонах является применение специальных почвообрабатывающих технологий, в частности контурной обработки, при которой движение агрегата осуществляется поперек склона. В таких условиях главными показателями, определяющими качество технологического процесса, становятся устойчивость и управляемость мобильных машинно-тракторных агрегатов (МТА). Составлена система уравнений равновесия, учитывающая геометрические параметры трактора, крутизну склона, перераспределение вертикальных реакций почвы по колесам, а также явление бокового увода шин. В отличие от распространенного подхода с цифровым интегрированием, авторы применяют аналитические методы для решения дифференциальных уравнений движения. В результате сложных преобразований получено дифференциальное уравнение, описывающее динамику поворота трактора на склоне, которое в дальнейшем представлено в виде передаточной функции. Показано, что структура передаточной функции колесного МТА на склоне представляет собой последовательное соединение инерционного звена второго порядка, интегрирующего и изодромного звеньев. На примере трактора МТЗ-82 с использованием выражений для коэффициентов передаточной функции построены графики их зависимостей от скорости движения (в диапазоне 1–3 м/с) и крутизны склона (до 15°). Установлено, что все коэффициенты монотонно возрастают с увеличением скорости движения и убывают с ростом крутизны склона. Полученные аналитические выражения позволяют на стадии проектирования оценивать влияние конструктивных параметров и условий эксплуатации на управляемость агрегата, что способствует сокращению дорогостоящих экспериментальных исследований.

Ключевые слова: водная эрозия, колесный трактор, устойчивость движения, поперечный склон, боковой увод шин, передаточная функция, динамика поворота, центр масс, контурная обработка почвы, математическая модель

Для цитирования: Кудзиев К. Д., Кубалов М. А., Агузаров А. М. Динамика поворота колесного трактора на склоне // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 79–87. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-79-87

Original article

Dynamics of turning a wheeled tractor 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

²mechfac-ggau@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8224-9518>

^{✉3}alan-aguzarov@mail.ru

Abstract. The problem of preserving soil fertility is particularly acute in mountain agriculture, where water erosion causes significant damage. The most accessible and effective method of combating erosion on slopes is the use of special tillage technologies, in particular contour farming, in which the unit moves across the slope. Under such conditions, the main indicators determining the quality of the technological process are the stability and controllability of mobile machine-tractor units (MTU). A system of equilibrium equations was compiled, taking into account the geometric parameters of the tractor, the slope steepness, the redistribution of vertical soil reactions across the wheels, as well as the phenomenon of tire lateral slip. Unlike the common approach of digital integration, the authors apply analytical methods to solve differential equations of motion. As a result of complex transformations, a differential equation describing the dynamics of tractor turning on a slope was obtained, which is further presented in the form of a transfer function. It is shown that the structure of the transfer function of a wheeled MTU on a slope represents a series connection of a second-order inertial element, an integrating element, and an isodromic (first-order lead-lag) element. Using the MTZ-82 tractor as an example, with expressions for the transfer function coefficients, graphs of their dependencies on travel speed (in the range of 1–3 m/s) and slope steepness (up to 15°) were plotted. It was established that all coefficients increase monotonically with increasing speed and decrease with increasing slope steepness. The obtained analytical expressions make it possible to assess the influence of design parameters and operating conditions on the unit's controllability at the design stage, which helps to reduce costly experimental research.

Keywords: water erosion, wheeled tractor, motion stability, lateral slope, tire side slip, transfer function, turning dynamics, center of mass, contour tillage, mathematical mode

For citation: Kudziev K.D., Kubalov M.A., Aguzarov A.M. Dynamics of turning a wheeled tractor on a slope. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):79–87. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-79-87

Введение. Проблема сохранения плодородия почв наиболее остро проявляется в горном земледелии, где из-за несовершенства почвообрабатывающих технологий и орудий водная эрозия наносит катастрофический урон. Темпы выноса питательных веществ в 1,5 раза превышают темпы их внесения в почву. Среди мероприятий по предотвращению водной эрозии почв наиболее доступным, высокоэффективным и наименее дорогостоящим является использование специальных почвообрабатывающих технологий. К таковым относится «контурная обработка» почв, при которой машинно-тракторный агрегат движется поперек склона [1–3].

Устойчивость и управляемость мобильных сельскохозяйственных агрегатов, предназначенных для работы на склонах с плоским и сложным пересеченным рельефом, являются главными, решающими показателями, определяющими качество выполняемого технологического процесса [4–6].

Для разработки рациональных конструкций мобильных агрегатов сельскохозяйственного назначения следует в стадии проектных работ учитывать параметры, характеризующие устойчивость и управляемость [7–10].

Для достижения поставленной цели зарубежные исследователи работы ведут по двум направлениям: путем проведения огромного объема экспериментов с элементами проверочной теории и, наоборот – путем проведения глубоких теоретических исследований с небольшим объемом экспериментов с целью доказательства достоверности полученных аналитических расчетных выражений.

Для своих исследований мы предпочтение отдаем второму направлению, так как оно обходится значительно дешевле и способствует заметному сокращению дорогостоящего объема экспериментов. Хотя устойчивость и управляемость работы агрегата направлены на обеспечение высокого технологического эффекта данного процесса, целесообразно исследования вести в первую очередь по направлению вскрытия реальной сути устойчивости. Эта цель обычно достигается путем составления уравнений движения исследуемой механической системы. Далее решается система этих уравнений и оценивается устойчивость по одному из известных методов.

Обычно уравнения движения мобильных МТА не интегрируются аналитически, и проводится их цифровое интегрирование, что не

позволяет вскрыть реальную суть происходящих динамических процессов. В данной работе мы попытаемся избежать метода цифрового интегрирования и воспользуемся аналитическими методами, чтобы решить поставленную задачу.

Цель исследования – анализ динамики поворота колесного трактора при движении поперек склона для получения аналитических зависимостей, описывающих его поведение.

Материалы, методы и объекты исследования. При выполнении работы применялись общепринятые нормативные и справочные материалы. В процессе исследования использованы методы теоретической механики и теории устойчивости движения. Объектом исследования является динамическая система «колесный трактор–склон», функционирующая в режиме криволинейного движения (поворота) при выполнении контурной обработки почвы.

Результаты исследования. При движении колесного трактора по склону с углом наклона ν вектор силы тяжести G раскладывается на две составляющие. Продольная состав-

ляющая $G \sin \nu$ приложена к центру масс и направлена параллельно поверхности поля вниз по склону. Нормальная составляющая $G \cos \nu$ направлена перпендикулярно поверхности. На основании расчетных схем (рис. 1, 2), вертикальные реакции почвы на переднюю R_n и заднюю R_z оси определяются по следующим формулам:

$$R_n = \frac{Ga}{L_m} \cdot \cos \nu - \frac{h_{cm}}{L_m} \cdot G \sin \nu \sin \varphi, \quad (1)$$

$$R_z = \frac{Gb}{L_m} \cos \nu + \frac{h_{cm}}{L_m} G \sin \nu \sin \varphi, \quad (2)$$

где

L_m – база трактора;

G – вес трактора;

h_{cm} – высота расположения центра масс трактора;

a, b – расстояние от центра масс соответственно до передней и задней осей трактора;

ν – крутизна склона;

φ – курсовой угол относительно горизонтали.

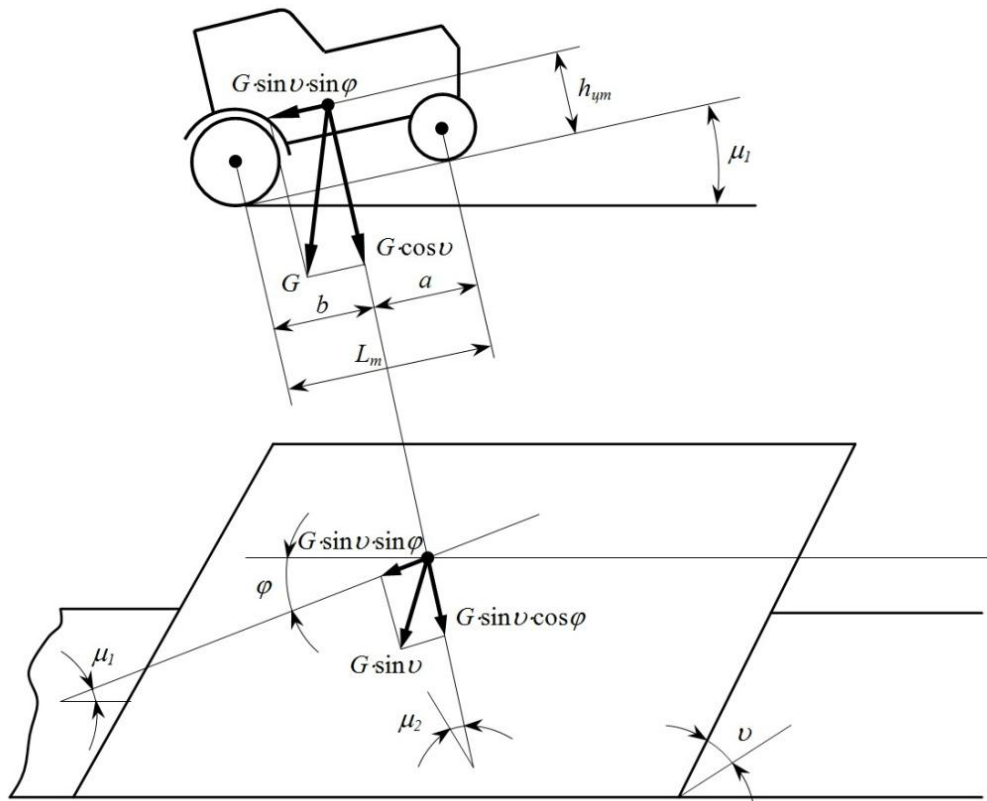


Рисунок 1. Схема движения колесного трактора поперек склона
Figure 1. Diagram of wheeled tractor movement across the slope

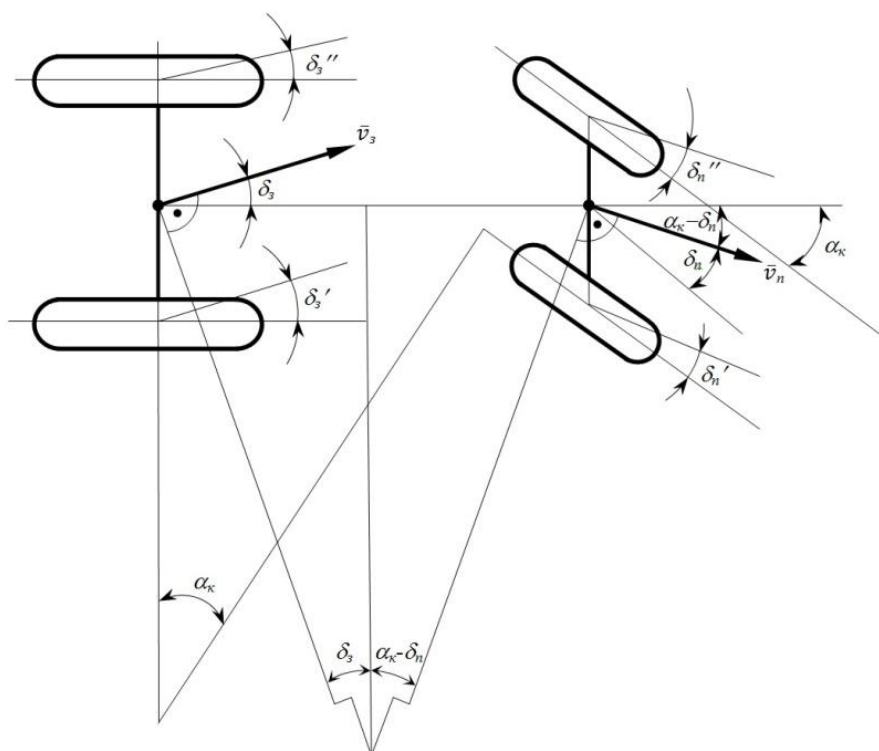


Рисунок 2. Схема определения углов увода передней и задней осей трактора
Figure 2. Diagram for determining the slip angles of the tractor's front and rear axles

На переднюю ось трактора на высоте центра масс ($h_{ум}$) действует составляющая поперечной силы, равная $G \sin \nu \cos \varphi$ (или $\frac{a}{L_m} G \sin \nu \cos \varphi$). Соответственно, на заднюю ось приходится оставшаяся часть этой силы – $\frac{b}{L_m} G \sin \nu \cos \varphi$.

В таком случае вертикальная составляющая реакции опорной поверхности, приложенная к переднему колесу, находящемуся с нижней стороны склона, выражается формулой:

$$R_{nu} = \frac{G}{L_m} \left[a \left(\frac{\cos \nu}{2} - \frac{h_{ум}}{B} \sin \nu \cos \varphi \right) + \frac{h_{ум}}{2} \sin \nu \sin \varphi \right], \quad (3)$$

где

B – колея трактора.

Вертикальная составляющая реакции опорной поверхности, действующая на переднее колесо, расположенное с верхней стороны склона, определяется выражением:

$$R_{ne} = \frac{G}{L_m} \left[a \left(\frac{\cos \nu}{2} + \frac{h_{ум}}{B} \sin \nu \cos \varphi \right) - \frac{h_{ум}}{2} \sin \nu \sin \varphi \right]. \quad (4)$$

Вертикальные реакции опорной поверхности, приходящиеся на задние колеса трактора, определяются следующим образом:

$$R_{zn} = \frac{G}{L_m} \left[b \left(\frac{\cos \nu}{2} - \frac{h_{ум}}{B} \sin \nu \cos \varphi \right) + \frac{h_{ум}}{2} \sin \nu \sin \varphi \right]; \quad (5)$$

$$R_{ze} = \frac{G}{L_m} \left[b \left(\frac{\cos \nu}{2} + \frac{h_{ум}}{B} \sin \nu \cos \varphi \right) - \frac{h_{ум}}{2} \sin \nu \sin \varphi \right]. \quad (6)$$

В случае движения трактора по горизонтальным склонам (поперек уклона) вертикальные составляющие реакций опорной поверхности на его колесах рассчитываются по формулам (1)–(6).

Закономерности движения колесного МТА по склоновой поверхности могут быть представлены с помощью следующей системы уравнений равновесия:

$$Y_1 + Y_2 = N, \quad (7)$$

$$I \cdot \omega = Y_{1a} + Y_{2b}, \quad (8)$$

где

Y_1 – боковая составляющая реакции опорной поверхности, воспринимаемая передним мостом трактора;

Y_2 – боковая составляющая реакции опорной поверхности, воспринимаемая задним мостом трактора;

N – нормальная сила инерции, приложенная к центру масс трактора;

I – момент инерции трактора относительно оси, проходящей через центр масс нормально к поверхности поля;

ω – угловая скорость поворота.

Суммарные боковые реакции, действующие на оси трактора, равны:

$$Y_1 = (R_{нн} + R_{не})\mu_n, \quad (9)$$

$$Y_2 = (R_{зн} + R_{зе})\mu_z, \quad (10)$$

где

μ_n и μ_z – коэффициенты сцепления передних и задних колес трактора с почвой в боковом направлении.

При анализе динамики поворота колесного МТА на склоне необходимо учитывать, что при качении тракторного колеса по горизонтали склона пятно контакта шины с поверхностью почвы искажается под действием боковой составляющей нагрузки и принимает форму искривленного эллипса.

Точка приложения равнодействующих реакций почвы при этом смещается на величину l от продольной плоскости симметрии колеса, что обуславливает наличие бокового увода шин. Величина этого смещения прямо пропорциональна боковому уводу шин:

$$\delta = \frac{l}{R_k}, \quad (11)$$

где

δ – угол бокового увода колеса;

R_k – динамический радиус качения колеса.

С другой стороны, углы увода передней и задней осей соответственно равны:

$$\delta_1 = \xi_1 Y_1; \quad (12)$$

$$\delta_2 = \xi_2 Y_2, \quad (13)$$

где

ξ_1 и ξ_2 – коэффициенты бокового увода передней и задней осей трактора.

Углы увода передней и задней осей трактора, определенные из кинематических соотношений в соответствии с рисунком 2, равны:

$$\delta_1 = \frac{v_{cn} - wa + v\alpha_k}{v}; \quad (14)$$

$$\delta_2 = \frac{v_{cn} + wb}{v}, \quad (15)$$

где

v – проекция скорости трактора на его продольную ось;

v_{cn} – проекция скорости центра масс на ось, перпендикулярную продольной оси трактора;

α_k – угол поворота управляемых колес.

Тогда, используя (8), (11) – (15) и принимая во внимание, что $Y_1 = \frac{2eG_i(1 + \sin \nu)}{B}$,

можно переписать (8) в виде:

$$I_\omega = 2 \frac{a^2(v_{cn} - wa + v\alpha_k)R_{кн}G(1 + \sin \nu)}{L_m B v} - 2 \frac{b^2(v_{cn} + wb)R_{кз}G(1 + \sin \nu)}{L_m B v}. \quad (16)$$

Затем, введя обозначения:

$$\frac{L_m B}{2R_{кн} \cdot a^2 \cdot G(1 + \sin \nu)} = q_1; \quad (17)$$

$$\frac{L_m B}{2R_{кз} \cdot b^2 \cdot G(1 + \sin \nu)} = q_2, \quad (18)$$

после нескольких преобразований из (16), получаем:

$$I_\omega = \left(\frac{1}{q_1} + \frac{1}{q_2} \right) \frac{v_{cn}}{v} - \left(\frac{a}{q_1} + \frac{b}{q_2} \right) \frac{w}{v} + \frac{1}{q_1} \alpha_k, \quad (19)$$

или, разрешив (19) относительно v_{cn} получаем:

$$v_{cn} = \frac{I_\omega v q_1 q_2 + (a q_2 + b q_1) \omega - q_2 v \alpha_k}{q_1 + q_2}. \quad (20)$$

Продифференцировав (20) по времени и учитывая, что при движении МТА на гоне поступательная скорость изменяется незначительно, т. е. $v \approx 0$, получаем:

$$v_{cn} = \frac{I_\omega v q_1 q_2 + (a q_2 + b q_1) \omega - q_2 v \alpha_k}{q_1 + q_2}. \quad (21)$$

Уравнения (20) и (21) характеризуют взаимосвязь между углом поворота управ-

ляемых колес трактора α_k и угловой скоростью поворота, однако они содержат переменную v_{cn} и ее производную. Для ее исключения необходимо при помощи (7) составить уравнение боковых сил и реакций, действующих на агрегат в поперечном направлении, решить его относительно v_{cn} и ее производной и приравнять правые части полученных выражений к правым частям выражений (20) и (21). Произведя указанные действия (промежуточные выкладки для краткости опущены), получим дифференциальное уравнение, описывающее динамику поворота колесного трактора на склоне в виде:

$$A\ddot{\varphi} + B\dot{\varphi} + C\varphi + D\alpha_k + E\alpha_k = 0, \quad (22)$$

где

$$A = \frac{q_1 q_2 I v}{q_2 - q_1}; \quad (23)$$

где

$$T_2^2 = \frac{A}{C} = \frac{q_1^2 \cdot q_2^2 \cdot I \cdot v^2 \cdot abm}{(aq_1 + bq_2)(aq_2 + bq_1) + ab(q_2^2 - q_1^2) + abq_1 q_2 m v^2 (q_2 - q_1)}; \quad (30)$$

$$T_1 = \frac{B}{C} = \frac{(abm + I)(aq_1 + bq_2)q_2 q_1 v}{(aq_1 + bq_2)(aq_2 + bq_1) + ab(q_2^2 + q_1^2) + abq_1 q_2 (q_2 - q_1) m v^2}; \quad (31)$$

$$K_1 = \frac{D}{C} = \frac{q_1 \cdot q_2^2 \cdot v^2 \cdot abm}{(aq_1 + bq_2)(aq_2 + bq_1) + ab(q_2^2 - q_1^2) + abq_1 q_2 (q_2 - q_1) m v^2}; \quad (32)$$

$$K_0 = \frac{E}{C} = \frac{[(aq_1 + bq_2) - b(q_2 - q_1)]q_2 v}{(aq_1 + bq_2)(aq_2 + bq_1) + ab(q_2^2 - q_1^2) + 2abq_1 q_2 (q_2 - q_1) m v^2}. \quad (33)$$

Уравнение (29) можно записать в виде передаточной функции тракторного агрегата по курсовому углу:

$$W_y(0) = \frac{\varphi}{\alpha_k} = \frac{K_1 P + K_0}{P(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1)}. \quad (34)$$

Тогда выражения (30)–(33) характеризуют зависимость коэффициентов передаточной функции от скорости движения, крутизны склона и конструктивных параметров агрегата. Для расчета зависимостей коэффициентов передаточной функции колесного трактора от скорости движения и крутизны склона были

$$B = \frac{aq_2 - bq_1}{q_2 + q_1} + \frac{(aq_1 + bq_2)I}{abm(q_2 - q_1)}; \quad (24)$$

$$C = \frac{(aq_1 + bq_2)(aq_2 + bq_1)}{ab(q_2 - q_1)q_2 q_1 m v} - \frac{q_1 - q_2}{q_1 q_2 m v} + v; \quad (25)$$

$$D = \frac{q_2 v}{q_2 - q_1}; \quad (26)$$

$$E = - \left[\frac{aq_1 + bq_2}{ab(q_2 + q_1)qm} - \frac{1}{aq_1 m} \right]. \quad (27)$$

Уравнение (22) можно переписать в виде:

$$T_2^2 \ddot{\varphi} + T_1 \dot{\varphi} + \varphi = K_1 \alpha_k + K_0 \alpha_k \quad (28)$$

или в форме:

$$(T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)P_\varphi = (K_1 p + K_0)\alpha_k, \quad (29)$$

использованы следующие численные значения конструктивных параметров трактора МТЗ-82: $G=32340$ Н; $I=2520$ Нм s^2 ; $R_{km}=0,45$ м; $R_{кз}=0,8$ м; $B=1,8$ м; $m=3300$ кг; $a=1,8$ м; $b=0,6$ м.

Рассчитанные с использованием выражений (30)–(33) зависимости коэффициентов передаточной функции от угла склона и скорости движения приведены на рисунке 3.

Выводы. 1. Передаточная функция колесного трактора (МТА) на склоне описывается последовательным соединением инерционного звена второго порядка, а также интегрирующего и изодромного звеньев.

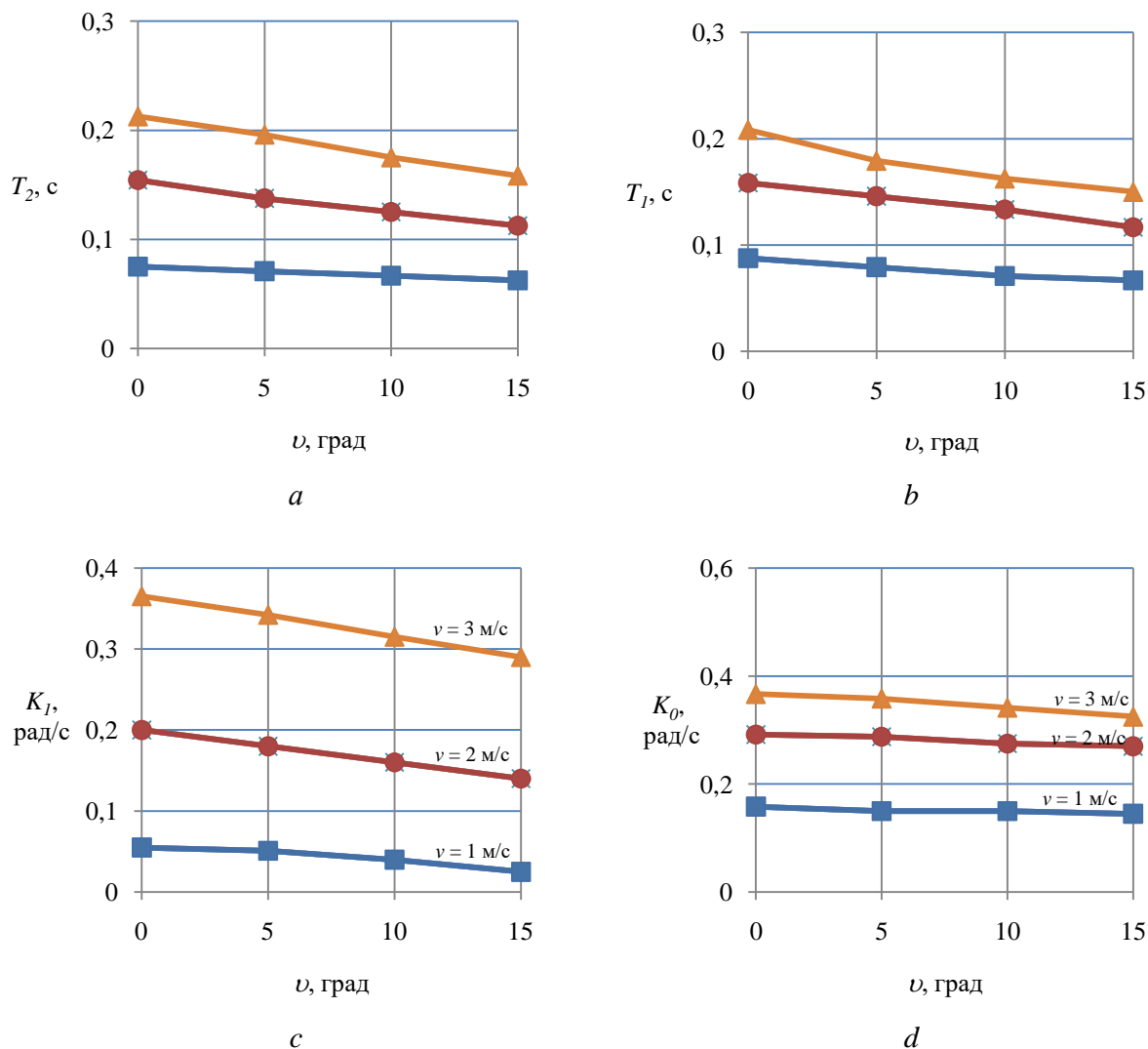


Рисунок 3. Зависимости постоянных времени T_2 (a), T_1 (b), коэффициентов K_1 (c), K_0 (d) от крутизны склона и скорости движения агрегата

Figure 3. Dependences of time constants T_2 (a), T_1 (b), coefficients K_1 (c), K_0 (d) on slope steepness and unit speed of movement

2. Установлено, что коэффициент передаточной функции колесного МТА определяется конструктивными параметрами агрегата, скоростью его движения и крутизной склона.

3. Коэффициенты передаточной функции колесного МТА монотонно возрастают с увеличением скорости движения в диапазоне 1–3 м/с и монотонно убывают с увеличением крутизны склона в диапазоне 0–15° (0–0,25 рад).

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. Шахов В. А., Тарасова С. В., Асманкин Е. М. Обоснование способа теоретического исследования траекториальной устойчивости мобильных энергетических средств в условиях склонового земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5. С. 81–83. EDN: RHAAAP
3. Улучшение тягово-сцепных свойств колесных тракторов в условиях склоновых земель Кабардино-Балкарской Республики / Ю. А. Шекихачев, В. Х. Мишхожев, Л. З. Шекихачева, А. Г. Фиापшев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2025. № 3(47). С. 44–49. EDN: YIDMNH

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. 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
6. Методика прогнозирования долговечности агрегатов и узлов машин по показателям долговечности их элементов / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов [и др.] // Аграрный вестник Верхневолжья. 2023. № 2 (43). С. 92–100. EDN: ZXFUCE
7. Шекихачев Ю. А. Основные направления повышения надежности деталей сельскохозяйственных машин // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Заслуженного деятеля науки КБР, доктора биологических наук, профессора Б. Х. Фиапшева. Нальчик, 2025. С. 105–109. EDN: LKIFOP
8. Шекихачев Ю. А. К вопросу обеспечения необходимого уровня надежности сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея, профессора Б.Х. Фиапшева. Нальчик, 2024. С. 163–165. EDN: ACCFLB
9. 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, 2024. С. 354–357. EDN: SDYAEH
10. Шекихачев Ю. А. Анализ закономерностей изменения технического состояния машин // Актуальные проблемы современного строительства, природообустройства и механизации сельскохозяйственного производства: материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2023. С. 163–166. EDN: EUFOIK

References

1. Shekikhachev Yu.A., Mishkhozhev V.Kh., Shekikhacheva 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. Shakhov V.A., Tarasova S.V., Asmankin E.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
3. Shekikhachev Yu.A., Mishkhozhev V.Kh., Shekikhacheva L.Z., Fiapshev A.G. Improvement of traction properties of wheeled tractors in the conditions of sloping lands of the Kabardino-Balkarian Republic. *Innovations in agricultural complex: problems and perspectives*. 2025;3(47):44–49. (In Russ.). EDN: YIDMHH
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., Shekikhachev 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
6. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. [et al.]. *Metodika prognozirovaniya dolgovechnosti agregatov i uzlov mashin po pokazatelyam dolgovechnosti ih elementov* [Methodology for predicting the durability of machine units and components based on the durability indicators of their elements]. *Agrarian journal of Upper Volga region*. 2023;2(43):92–100. (In Russ.). EDN: ZXFUCE
7. Shekikhachev Yu.A. Main directions of increasing the reliability of agricultural machinery parts. *Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zasluzhennogo deyatela nauki Rossijskoj Federacii, Zasluzhennogo deyatela nauki KBR, doktora biologicheskikh nauk, professora B.H. Fiapsheva* [Agricultural land use and food security: Proceedings of the XI International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Scientist of the Kabardino-Balkarian Republic, Doctor of Biological Sciences, Professor B.Kh. Fiapshev]. 2025. Pp. 105–109. (In Russ.). EDN: LKIFOP
8. Shekikhachev Yu.A. On the issue of ensuring the necessary level of reliability of agricultural equipment. *Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy H 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 10th International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation, the Kabardino-Balkarian Republic, and the Republic of Adygea, Professor B.Kh. Fiapshev]. Nalchik, 2024. Pp. 163–165. (In Russ.). EDN: ACCFLB

9. Shekihachev Yu.A. Technical and technological aspects of increasing the efficiency of agricultural production technical and technological aspects of increasing the efficiency of agricultural production. *Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki: materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati doktora biologicheskikh nauk, professora A. M. Bittirova* [Current issues in agricultural science: Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Biological Sciences, Professor A.M. Bittirov]. Nalchik, 2024. Pp. 354–357. (In Russ.). EDN: SDYAEX

10. Shekihachev Yu.A. Analysis of patterns of changes in the technical condition of machines. *Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva, prirodoobustrojstva i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy III Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Current issues of modern construction, environmental management and mechanization of agricultural production: Proceedings of the III All-Russian (National) Scientific and Practical Conference]. Nalchik, 2023. Pp. 163–166. (In Russ.). EDN: EUFOIK

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-код: 9355-4280

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

Alan M. Aguzarov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-код: 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 05.03.2026;
одобрена после рецензирования 23.03.2026;
принята к публикации 30.03.2026.

The article was submitted 05.03.2026;
approved after reviewing 23.03.2026;
accepted for publication 30.03.2026.

Научная статья

УДК 631.554

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-88-95

Повышение эффективности транспортно-технологического обслуживания процесса уборки зерновых культур

Бэла Луановна Узденова¹, Юрий Ахметханович Шекихачев^{✉2}

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

¹hajmetova@yandex.ru

^{✉2}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

Аннотация. Выбор технологий уборки ранних зерновых культур является важным элементом повышения эффективности уборочных работ при недостаточной обеспеченности сельскохозяйственных предприятий комбайнами и зависит от погодных условий в период жатвы. Это является основанием для разработки методов согласования уборочных и транспортных работ при использовании как раздельной технологии, так и технологии прямого комбайнирования. В связи с этим сформулирована цель исследования – изучение ситуационных состояний, возникающих при уборке зерновых культур при согласовании уборочных и транспортных работ, и их влияния на эффективность уборочного процесса. На основании анализа функционирования системы «поле–комбайн–два транспортных средства» установлено, что распределение продолжительности рабочих циклов каждого из транспортных средств должно быть одинаковым. В то же время распределение продолжительности между смежными событиями поступления транспортных средств, готовых обслуживать комбайны, имеет определенное теоретическое распределение. Математическое ожидание этого распределения при идеальном рассмотрении функционирования системы (транспортные средства, поступающие в поле без каких-либо задержек) будет в два раза меньше математического ожидания продолжительности рабочего цикла единичного транспортного средства. Согласование уборочных и транспортных работ достигается при равенстве продолжительностей между смежными заказами комбайнов на выгрузку бункера и между смежными появлениями транспортных средств на поле после обслуживания отдельных заказов. Вероятный характер этих продолжительностей требует определения параметров и теоретических законов их распределений, которые следует заранее прогнозировать и на основе которых следует обосновывать управленческие решения, обеспечивающие согласование соответствующих работ, выбор метода выполнения транспортных работ и установление структуры транспортной подсистемы системы уборки зерновых культур. Использование перегрузчика позволяет снизить простои комбайнов на 12%, что, в свою очередь, повышает их производительность, однако его использование не влияет на продолжительность простоев транспортных средств.

Ключевые слова: зерновые культуры, уборка, транспортировка, комбайн, транспортное средство, согласование

Для цитирования: Узденова Б. Л., Шекихачев Ю. А. Повышение эффективности транспортно-технологического обслуживания процесса уборки зерновых культур // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 88–95. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-88-95

Original article

Improving the efficiency of transport and technological services for the grain harvesting process

Bela L. Uzdenova¹, Yuri A. Shekikhachev^{✉2}

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

¹hajmetova@yandex.ru

^{✉2}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

Abstract. Selecting harvesting technologies for early grain crops is crucial for improving harvesting efficiency when agricultural enterprises lack combine harvesters and when weather conditions during the harvesting period are unfavorable. This provides the basis for developing methods for coordinating harvesting and transportation operations using both separate and direct combining technologies. Therefore, the purpose of this study was formulated: to examine the situational conditions that arise during grain harvesting when coordinating harvesting and transportation operations and their impact on harvesting efficiency. Based on an analysis of the "field-combine-two vehicles" system, it was established that the distribution of the duty cycle durations of each vehicle should be identical. At the same time, the distribution of durations between adjacent arrivals of vehicles ready to service the combines has a specific theoretical distribution. The mathematical expectation of this distribution, under ideal system operation (vehicles arriving in the field without any delays), will be half the mathematical expectation of the duty cycle duration of a single vehicle. Coordination of harvesting and transport operations is achieved by equalizing the durations between successive combine harvester orders for unloading the bin and between successive vehicle arrivals in the field after servicing individual orders. The probable nature of these durations requires defining parameters and theoretical laws governing their distribution. These parameters should be predicted in advance, and this basis should be used to justify management decisions that ensure the coordination of relevant operations, the selection of the transport method, and the establishment of the structure of the grain harvesting system's transport subsystem. Using a reloader reduces combine harvester downtime by 12%, which in turn increases their productivity, but its use does not affect the duration of vehicle downtime.

Keywords: grain crops, harvesting, transportation, combine, vehicle, coordination

For citation: Uzdenova B.L., Shekikhachev Yu.A. Improving the efficiency of transport and technological services for the grain harvesting process. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):88–95. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-88-95

Введение. Эффективное управление уборочными и транспортными работами при уборке зерновых, в частности их согласование, невозможно без детального анализа ситуаций, характерных для технологических составляющих уборочного процесса. Эти события являются важными элементами модели уборочно-транспортных работ. Однако они не в полной мере характеризуют всю палитру ситуаций, возникающих при взаимодействии между технологическими составляющими уборочного процесса – предметами труда и техническими средствами, с помощью которых работники осуществляют уборку зерна на том или ином поле и транспортировку его на хранение. Отсутствие в моделях учета раз-

личных ситуаций нередко является причиной ошибочных управленческих решений, что способствует снижению эффективности уборочного процесса [1–3].

Известно, что комбайновую уборку зерновых культур можно выполнять по двум основным технологиям – раздельной и прямого комбайнирования. Раздельная технология предполагает сначала укладку созревшей до молочно-восковой спелости зерно-стебельной массы в валки, созревание ее в валках до полной спелости и комбайновое обмолачивание валков. В этом случае время созревания зерно-стебельной массы из восковой до полной спелости сокращается на 5–7 суток [4–8].

Однако при раздельной технологии уборки возникает риск того, что уложенную в валки зерно-стебельную массу может намочить дождь, и дальнейшее пребывание ее в увлажненном состоянии в течение достаточно длительного времени приведет к большим потерям выращенного урожая по сравнению с прямым комбайнированием.

Иными словами, выбор технологии уборки зерновых культур является важным элементом повышения эффективности уборочных работ при недостаточной обеспеченности сельскохозяйственных предприятий комбайнами и зависит от погодных условий в период жатвы. Это является основанием для разработки методов согласования уборочных и транспортных работ при использовании как раздельной технологии, так и технологии прямого комбайнирования [9–11].

Цель исследования – изучение ситуационных состояний, возникающих при уборке зерновых культур при согласовании уборочных и транспортных работ, и их влияния на эффективность уборочного процесса.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на методах физического и математического моделирования, сравнения. В качестве объекта исследования использованы транспортно-технологические машины, используемые при уборке зерновых культур. Результаты расчетов параметров уборочного процесса обработаны с помощью пакета прикладных программ «Statistica».

Результаты исследования. Анализируя процесс уборки зерновых культур, необходимо раскрыть их причинно-следственные связи, которые системно обуславливают состояние зерно-стебельной массы комбайнов, транспортных средств и являются основанием для их моделирования и обоснования объективных управленческих решений.

Состояние технических средств (зерноуборочных комбайнов и транспортных средств) рассматривается только при организации выполнения уборочно-транспортных работ относительно того или иного поля со зрелым урожаем соответствующей культуры. Иными словами, рассматривается организация выполнения уборочных и транспортных работ, взаимодействие между комбайнами и транспортными средствами, характеризующееся временем начала и завершения определенных (характерных) их состояний.

Состояние технологических составляющих уборочно-транспортной системы в первую очередь определяется методом (формой) организации выполнения транспортных работ.

При условии закрепления за одним комбайном одного транспортного средства во время уборочно-транспортных работ могут возникать следующие ситуации:

1) происходит выгрузка зерна – комбайн и транспортное средство взаимодействуют;

2) выгрузка не производится из-за незаполненности бункера – комбайн работает на поле, транспортное средство осуществляет перевозку;

3) выгрузка не производится из-за незаполненности бункера – комбайн работает на поле, транспортное средство ожидает;

4) выгрузка заполненного бункера не производится из-за отсутствия транспортного средства, находящегося в пути между полем и местом хранения (током).

Таким образом, если не рассматривать во взаимосвязи технологические и технические отказы комбайнов и транспортных средств, то происходят ситуации, характеризующие технические средства в следующих состояниях: комбайн в работе (K_P); комбайн на выгрузке (K_B); комбайн ожидает выгрузку (K_O); транспорт находится на пути (T_D); транспорт ожидает наполнения бункера комбайна (T_O); транспорт загружается (T_3).

Упомянутые ситуации можно отразить через состояние технологических составляющих следующим образом: 1) $K_B T_3$; 2) $K_P T_D$; 3) $K_P T_O$; 4) $K_O T_D$.

Анализ ситуационных состояний указанных технологических составляющих процесса уборки зерновых культур свидетельствует о том, что уборочные и транспортные работы согласованы для первой ($K_B T_3$) и второй ($K_P T_D$) ситуаций. В этом случае ни комбайн, ни транспортное средство не простаивают.

Каждое из четырех ситуационных состояний системы уборки зерновых культур возникает во времени вероятностно и характеризуется определенной продолжительностью

(t_{CC}). Периодичность возникновения указанных ситуационных состояний определяется периодичностью наполнения зерном бункера комбайна (t_{HB}) и периодичностью нахождения транспортного средства в пути между полем и током (t_{DT}).

Если к этим периодичностям соответственно добавить затраты времени на выгрузку бункера (t_{BB}) и загрузку транспортного средства ($t_{ЗТ}$), то имеем в идеале периодичность (длительность) наполнения и выгрузки бункера комбайна ($t_{HB} + t_{BB}$) и загрузки и пребывания в пути между полем и током транспортного средства (t_3).

Рассмотрим теоретическое распределение соответствующих величин – продолжительности рабочего цикла наполнения зерном и выгрузки бункера комбайна ($t_{ЦН} = t_{HB} + t_{BB}$) и продолжительности рабочего цикла загрузки и пребывания в пути (рейсе) между полем и током транспортного транспорта.

При условии, если математическое ожидание продолжительности цикла ($\bar{t}_{ЦК}$) комбайна меньше математического ожидания продолжительности рабочего цикла ($\bar{t}_{ЦТ}$) транспортного средства, то в структуре множества ситуационных состояний следует ожидать доминирования нежелательных ситуаций, характеризующихся состоянием $K_O T_D$, над ситуациями с состоянием $K_P T_O$. Другими словами, при ($\bar{t}_{ЦК} < \bar{t}_{ЦТ}$) простоев комбайна будет больше простоев транспортного средства.

Другую картину будем наблюдать при условии, когда $\bar{t}_{ЦТ} < \bar{t}_{ЦК}$. В этом случае число ситуаций, возникающих за определенный промежуток времени (например, рабочие сутки), характеризующихся состоянием $K_P T_O$, будет больше числа ситуаций с состоянием $K_O T_D$. То есть простои транспортного средства будут доминировать над простоями комбайна.

Простои транспортного средства будут равны простоям комбайна, если математические ожидания продолжительности рабочих циклов комбайна и транспортного средства будут равны между собой:

$$\bar{t}_{ЦТ} = \bar{t}_{ЦК} . \quad (1)$$

Рассмотренные ситуационные состояния технологических составляющих системы уборки зерновых культур при необособленном методе организации транспортных работ также характерны для условия, когда один комбайн обслуживается двумя и более транспортными средствами. В этом случае количество ситуационных состояний технологических составляющих системы может возрастать по мере увеличения количества транспортных средств. По сути, количество транспортных средств определяет количество ситуационных состояний.

Анализируя функционирование системы «поле–комбайн–два транспортных средства», можно сделать вывод, что распределение продолжительности рабочих циклов каждого из транспортных средств должно быть одинаковым.

В то же время распределение продолжительности между смежными событиями поступления транспортных средств, готовых обслуживать комбайны, имеет определенное теоретическое распределение. Математическое ожидание этого распределения при идеальном рассмотрении функционирования системы (транспортные средства, поступающие в поле без каких-либо задержек) будет в два раза меньше математического ожидания продолжительности рабочего цикла единичного транспортного средства.

Рассмотренные ситуационные состояния технологических составляющих системы «поле–комбайн–два транспортных средства» важны для анализа зерноуборочных систем, в которых транспортное обслуживание комбайнов осуществляется обезличенно, то есть когда несколько комбайнов обслуживается несколькими транспортными средствами на основе правила «любой комбайн обслуживается любым транспортным средством». В этом случае количество ситуационных состояний технологических составляющих системы зависит от количества комбайнов и количества транспортных средств, обезличенно их обслуживающих. Обычно на практике количество комбайнов по групповому методу их использования составляет 2–5 единиц. Количество

транспортных средств, их обслуживающих, в основном изменяется в таких же пределах.

Не прибегая к определению количества ситуационных состояний технологических составляющих системы «поле–комбайны–транспортные средства», отметим, что для согласования уборочных и транспортных работ важно знать параметры распределений продолжительностей между смежными заказами комбайнов (\bar{t}_{CK}) (на выгрузку бункера) и межсмежными появлениями транспортных средств. Как и в упомянутом случае, когда один комбайн обслуживает одно транспортное средство, так и в этом случае простои транспортных средств будут доминировать над простоями комбайнов, если $\bar{t}_{CK} < \bar{t}_{CT}$, и наоборот, если $\bar{t}_{CT} < \bar{t}_{CK}$ – будут доминировать простои транспортных средств.

Для определения продолжительности t_{CK} между смежными заказами комбайнов на выгрузку бункера нужно знать продолжительность рабочих циклов каждого комбайна, находящегося в системе «поле–комбайны–транспортные средства». При условии, что комбайнов на поле r -ное число, и распределение продолжительности t_{CKr} каждого из них характеризуется математическим ожиданием \bar{t}_{CKr} , будем иметь:

$$\bar{t}_{CK} = \frac{\sum t_{CKr}}{r}. \quad (2)$$

Аналогичным образом можно прогнозировать математическое ожидание продолжительности \bar{t}_{CT} между смежными появлениями (поступлениями) транспортных средств на поле:

$$\bar{t}_{CT} = \frac{\sum t_{CTr}}{r}. \quad (3)$$

Отметим, что рассматривается система «поле–комбайны–транспортные средства», в которой грузоподъемность бункеров комбайнов и транспортных средств одинакова, что позволяет обезличенное транспортное обслуживание комбайнов.

Особого внимания заслуживает рассмотрение ситуационных состояний технологических составляющих системы «поле–комбайны–перегрузчики–транспортные средства».

Каждый из комбайнов этой системы, как и при предыдущих методах организации транспортных работ, может находиться в трех состояниях: рабочем (K_P), выгружаться (K_{BB}), ожидать (простаивать) выгрузки бункера (K_O).

Перегрузочное средство может находиться в следующих состояниях: загружаться зерном (P_3), ожидать погрузки (P_O), ожидать разгрузки (перегрузки) (P_{OP}) и разгружаться в транспортные средства (P_{PT}).

Транспортные средства могут находиться в следующих состояниях: находиться в пути (T_D), ждать загрузки (T_O), загружаться с бункера комбайна ($T_{ЗК}$), загружаться с перегрузочного средства ($T_{ЗП}$).

Ситуационные состояния определяются одновременным состоянием комбайнов, перегрузчиков и транспортных средств.

Анализируя очерченные ситуационные состояния системы, можно заметить, что наиболее нежелательным (непродуктивным) является состояние, когда комбайн простаивает в ожидании выгрузки бункера. Это происходит в двух случаях: когда перегрузчик загружает транспортное средство, а также когда перегрузчик заполнен зерном, а транспортное средство находится на маршруте (в пути) между полем и током.

При использовании резервно-перегрузочного метода транспортного обслуживания комбайнов важное значение имеет выбор очередности обслуживания. В частности, если имеем ситуацию «комбайн готов к выгрузке бункера», и есть альтернатива для погрузки зерна (или в перегрузчик, или в транспортное средство), то следует предпочесть загрузку в транспортное средство. Таким образом избегают выполнения дополнительной операции перегрузки зерна.

Удельные простои технических средств исследованы при расстоянии перевозки зерна 15 км. Моделирование выполнено для следующих характеристик проектной среды: культура – пшеница; урожайность 40 ц/га; соломистость 1,2; длина гона 600 м; уклон поля – до 1%. Установлено, что использование перегрузчика позволяет уменьшить простои комбайнов на 12%. Расчеты показали,

что использование перегрузчика не влияет на простои автомобилей.

Выводы. Согласование уборочных и транспортных работ достигается при равенстве продолжительностей между смежными заказами комбайнов на выгрузку бункера и между смежными появлениями транспортных средств на поле после обслуживания отдельных заказов. Вероятный характер этих продолжительностей требует определения параметров и теоретических законов их распределений, которые следует заранее прогнозировать

и на основе которых следует принимать управленческие решения, обеспечивающие согласование соответствующих работ, выбор метода выполнения транспортных работ и установление структуры транспортной подсистемы системы проекта уборки зерновых культур. Использование перегрузчика позволяет снизить простои комбайнов на 12%, что, в свою очередь, повышает их производительность, однако его использование не влияет на продолжительность простоев транспортных средств.

Список литературы

1. Мусхажиев С. С., Николаев Н. Н., Сенькевич А. А. Исследования и моделирование процессов функционирования уборочно-транспортных групп // Вопросы эксплуатации энергетических установок, транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов: материалы всероссийской научно-практической конференции. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт. 2020. С. 34–35. EDN: MIWUYE
2. Егоров Р. Н., Коротких Ю. С. Основы транспортных технологий и систем на транспорте: монография. Москва: Автограф, 2021. 220 с. EDN: UNUZBR
3. Андреев О. П., Пильщиков В. Л. Особенности комплектования транспортных звеньев для многофазной уборки зерновых культур // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии: сборник трудов конференции. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева. 2021. Т. 293. Ч. III. С. 166–169. EDN: OYMMAN
4. Егоров Р. Н., Жарков Д. Ю. Совершенствование уборочно-транспортных процессов в условиях автопредприятия // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник трудов конференции. Москва: ООО Сам полиграфист, 2023. Т. 2. С. 255–261. EDN: MHISHP
5. Егоров Р. Н., Попов Д. В. Анализ факторов нестабильности грузопотока автотранспорта // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник трудов конференции. Москва: ООО Сам полиграфист, 2022. Т. 2. С. 145–150. EDN: TUWRYX
6. Дидманидзе О. Н., Пуляев Н. Н., Егоров Р. Н. Транспортная энергетика: монография. Москва: Автограф, 2021. 152 с. EDN: GDTZMV
7. Дидманидзе О. Н., Пуляев Н. Н., Егоров Р. Н. Оптимизация грузовых автомобильных перевозок: монография. Москва: Автограф, 2021. 146 с. EDN: BBIWPG
8. Егоров Р. Н., Виноградов О. В., Коротких Ю. С. Моделирование и технологии применения транспортно-технологических машин: монография. Москва: Автограф, 2021. 130 с. EDN: PVKVYQ
9. Горячев Ю. О., Бурьянов А. И., Бурьянов М. А. Тенденции в описании функционирования уборочно-транспортных комплексов // Инновационные технологии в науке и образовании – ИТНО-2014: материалы международной научно-методической конференции. Зерноград: Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2014. С. 226–235. EDN: TFOWMR
10. Егоров Р. Н., Журилин А. Н. Обеспечение качества перевозки мелкопартионных грузов автомобильным транспортом // Международный технико-экономический журнал. 2020. № 3. С. 62–67. DOI: 10.34286/1995-4646-2020-72-3-62-67. EDN: JVASTM
11. Бурьянов А. И., Бурьянов М. А., Горячев Ю. О. Метод обоснования рациональных составов уборочно-транспортных комплексов для уборки зерновых культур // Техника и оборудование для села. 2013. № 8. С. 36–39. EDN: QZLRIH

References

1. Muskhazhiev S.S., Nikolaev N.N., Senkevich A.A. Research and modeling of the functioning processes of harvesting and transport groups. *Voprosy ekspluatatsii energeticheskikh ustanovok, transportnyh i transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy*

konferencii [Issues of operation of power plants, transport and transport-technological machines and complexes: materials of the all-Russian scientific and practical conference]. Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut, 2020. Pp. 34–35. (In Russ.). EDN: MIWUYE

2. Egorov R.N., Korotkih Yu.S. *Osnovy transportnyh tekhnologij i sistem na transporte: monografiya* [Fundamentals of Transport Technologies and Systems in Transport: Monograph]. Moscow: Avtograf, 2021. 220 p. (In Russ.). EDN: UNUZBR

3. Andreev O.P., Pil'shchikov V.L. Features of the assembly of transport units for multi-phase harvesting of grain crops. *Doklady Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii: sbornik trudov konferencii* [Reports of the Timiryazev Agricultural Academy: collection of conference proceedings]. Moscow: Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K.A. Timiryazeva. 2021;293(3):166–169. (In Russ.). EDN: OYMMAH

4. Egorov R.N., Zharkov D.Yu. Improving harvesting and transport processes in a motor transport enterprise. *Chteniya akademika V.N. Boltinskogo: sbornik trudov konferencii* [Readings of Academician V.N. Boltinsky: collection of conference papers]. Moscow: Sam poligrafist. 2023;2:255–261. (In Russ.). EDN: MHISHP

5. Egorov R.N., Popov D.V. Analysis of factors causing instability in the flow of road freight. *Chteniya akademika V.N. Boltinskogo: sbornik trudov konferencii* [Readings of Academician V.N. Boltinsky: collection of conference papers]. Moscow: Sam poligrafist. 2022;2:145–150. (In Russ.). EDN: TUWRYX

6. Didmanidze O.N., Pulyaev N.N., Egorov R.N. *Transportnaya energetika: monografiya* [Transport Energy: monograph]. Moscow: Avtograf, 2021. 152 p. (In Russ.). EDN: GDTZMV

7. Didmanidze O.N., Pulyaev N.N., Egorov R.N. *Optimizaciya gruzovyh avtomobil'nyh perevozok: monografiya* [Optimization of road freight transport: monograph]. Moscow: Avtograf, 2021. 146 p. (In Russ.). EDN: BBIWPG

8. Egorov R.N., Vinogradov O.V., Korotkih Yu.S. *Modelirovanie i tekhnologii primeneniya transportno-tekhnologicheskikh mashin: monografiya* [Modeling and application technologies of transport and technological machines: monograph]. Moscow: Avtograf, 2021. 130 p. (In Russ.). EDN: PVKVYQ

9. Goryachev Yu.O., Buriyanov A.I., Buriyanov M.A. Trends in the description of the functioning of cleaning and transport complexes. *Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii – ITNO-2014: materialy mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii* [Innovative technologies in science and education – ITNO-2014: Proceedings of the international scientific and methodological conference]. Zernograd: Severo-Kavkazskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii i elektrifikacii sel'skogo hozyajstva, 2014. Pp. 226–235. (In Russ.). EDN: TFOWMR

10. Egorov R.N., Zhurilin A.N. Quality assurance for transportation of small cargoes by road transport. *International Technical Journal*. 2020;(3):62–67. (In Russ.). DOI: 10.34286/1995-4646-2020-72-3-62-67. EDN: JVA STM

11. Buriyanov A.I., Buriyanov M.A., Goryachev Yu.O. A method of justification of rational harvesting and transport structure complexes for grain crop harvesting. *Machinery and equipment for rural area*. 2013;(8):36–39. (In Russ.). EDN: QZLRH

Сведения об авторах

Узденова Бэла Луановна – аспирант кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Шекихачев Юрий Ахметханович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Information about the authors

Bela L. Uzdenova – Graduate student of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov

Yuri A. Shekikhachev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

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 18.03.2026;
одобрена после рецензирования 07.04.2026;
принята к публикации 14.04.2026.*

*The article was submitted 18.03.2026;
approved after reviewing 07.04.2026;
accepted for publication 14.04.2026.*

Научная статья
УДК 631.333.92
DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-96-102

Научное обоснование мероприятий по повышению эффективности утилизации отходов животноводства для малых форм хозяйствования

Людмила Зачиевна Шекихачева^{✉1}, Дисана Славовна Апшацева²

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}sh-ludmila-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

²energo_80@mail.ru

Аннотация. В настоящее время остро стоят экологические проблемы, в частности проблемы с истощением традиционных энергоносителей. Решение этих проблем возможно за счет перехода на использование возобновляемых источников энергии. Одним из таких источников является биоэнергетика. Биоэнергетика имеет существенные преимущества по сравнению с ископаемыми видами топлива и рядом других возобновляемых источников энергии, обеспечивая энергоснабжение, эффективную утилизацию отходов, повышение уровня жизни и благосостояния населения. Энергетические системы на основе биомассы способствуют устойчивому развитию и охране окружающей среды. Среди основных причин необходимости широкого применения возобновляемых источников энергии следует отметить их доступность, универсальность, отсутствие влияния на климат. Таким образом, организация промышленного производства биогаза на специализированных предприятиях является актуальной. В связи с этим в работе поставлена цель – разработать новые энергосберегающие научно-технические подходы, которые можно внедрять на приусадебных и фермерских хозяйствах на базе комплексной ресурсосберегающей системы с использованием малогабаритных биоэнергетических установок. Разработана комплексная энергосберегающая система с использованием малогабаритных биоэнергетических установок для приусадебных и фермерских хозяйств. В результате исследования обнаружена зависимость выхода биогаза от величины загрузки органического сырья, температуры и pH сброженных отходов. Кроме того, в зависимости от вида органического сырья были отобраны наиболее производительные ассоциации анаэробных бактерий. Установлено, что отбор продуктивных ассоциаций анаэробных бактерий в каждом конкретном случае можно реализовать с помощью специальной конструкции метантенка. На малогабаритной биоэнергетической установке при переработке 100–150 кг/сутки органических отходов можно получить 110–170 кг жидкого удобрения. Этого количества вполне достаточно для поддержания плодородия земельного участка приусадебных и фермерских хозяйств.

Ключевые слова: отходы животноводства, субстрат, утилизация, биоэнергетика, сбраживание, биогаз

Для цитирования: Шекихачева Л. З., Апшацева Д. С. Научное обоснование мероприятий по повышению эффективности утилизации отходов животноводства для малых форм хозяйствования // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2026. № 2(52). С. 96–102. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-96-102

Original article

Scientific substantiation of measures to improve the efficiency of animal waste disposal for small-scale farming

Lyudmila Z. Shekikhacheva^{✉1}, Disana S. Apshatseva²

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

^{✉1}sh-ludmila-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

²energo_80@mail.ru

Abstract. Environmental issues, particularly the depletion of traditional energy sources, are currently pressing. These challenges can be addressed by switching to renewable energy sources. Such a source is bioenergy. Bioenergy offers significant advantages over fossil fuels and other renewable energy sources, providing energy supply, efficient waste management, and improving living standards and well-being. Biomass-based energy systems contribute to sustainable development and environmental protection. Among the key reasons for the widespread use of renewable energy sources are their availability, versatility, and climate-neutral nature. Therefore, the development of industrial biogas production at specialized facilities is essential. Therefore, the goal of this study is to develop new energy-saving scientific and technical approaches that can be implemented on household plots and farms using an integrated resource-saving system utilizing small-scale bioenergy units. A comprehensive energy-saving system using small-scale bioenergy plants for home gardens and farms has been developed. The study revealed a dependence of biogas yield on the organic feedstock load, temperature, and pH of the digested waste. Furthermore, the most productive associations of anaerobic bacteria were selected depending on the type of organic feedstock. It was found that the selection of productive associations of anaerobic bacteria in each specific case can be achieved using a specially designed digester. A small-scale bioenergy plant, processing 100–150 kg of organic waste per day, can produce 110–170 kg of liquid fertilizer, which is sufficient to maintain the fertility of land plots in home gardens and farms.

Keywords: livestock waste, substrate, utilization, bioenergy, fermentation, biogas

For citation: Shekikhacheva L.Z., Apshatseva D.S. Scientific substantiation of measures to improve the efficiency of animal waste disposal for small-scale farming. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov* 2026;2(52):96–102. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-96-102

Введение. При эксплуатации животноводческих ферм и комплексов возникает много проблем: санитарно-гигиенических, экологических, экономических, социальных и т.д. Это обусловлено прежде всего значительной концентрацией животных на ограниченном пространстве и нарушением равновесия между поголовьем и площадью земельных угодий, что сопровождается накоплением большого количества навоза, сточных вод и других отходов в расчете на единицу земельной площади. Навоз содержит значительное количество патогенных микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов, семян сорняков, солей тяжелых металлов и других ксенобиотиков. Попадая в почву и водоемы, навозная жидкость приводит к загрязнению грунтовых вод, биологическому заражению почвы патогенными микроорганизмами и вызывает массовое отравление водных организмов. В воде резко увеличивается содержание аммиака и уменьшается количество кислорода.

Такие компоненты отходов, как метан, диоксид углерода, аммиак и сероводород загрязняют воздух. Метан, попадая в атмосферу, приводит к парниковому эффекту, который в 22–30 раз превосходит влияние диоксида углерода и приводит к глобальным изменениям климата.

Проблемы усугубляются тем, что сельскохозяйственные угодья как биологические системы утилизации могут воспринимать повышенные дозы органических удобрений в виде навоза в ограниченном количестве. Критерием загрязнения является содержание азота, максимально допустимая концентрация которого составляет 250–300 кг/га.

Таким образом, навозная биомасса является загрязнителем окружающей среды как органическими, так и биогенными элементами. На ее долю приходится 43–66% от общей биологической нагрузки на природные системы.

Для устранения этих негативных явлений необходима специальная технологическая обработка навоза, что позволило бы повысить концентрацию питательных веществ в единице объема навоза и одновременно устранить запахи, затормозить или уничтожить патогенные микроорганизмы, снизить содержание токсичных веществ и выбросы вредных газов в атмосферу.

Решение проблемы видится в переработке отходов животноводства с получением биогаза и биоудобрения. Производство биогаза преследует цель не только обеспечить хозяйства собственной энергией, но и решить экологические проблемы. Вместе с тем исполь-

зование биогазовых технологий не всегда целесообразно из-за природно-климатических условий конкретных регионов [1–3].

Во многих странах мира достаточно сырья для организации промышленного производства биогаза из органических отходов сельскохозяйственного производства. В основном это отходы животноводства и растениеводства. Наиболее пригодны для этого навозные стоки животноводческих ферм и комплексов. Так, в сельском хозяйстве США выход навозных стоков составляет 185 млн т в год (в пересчете на сухое вещество), а с учетом потерь ежегодный объем навоза, который может быть полностью утилизирован в энергетических целях, составил 26 млн т. По данным Министерства сельского хозяйства США в стране имеется 718 тыс. откормочных предприятий, из которых 95,5 тыс. относится к числу крупных с высокой концентрацией стоков [4].

У приусадебных, фермерских и других сельхозпроизводителей есть потребность в эффективной утилизации органических отходов. В то же время сельскохозяйственные органические отходы являются природным сырьем для производства биогаза как топлива и экологически чистых органоминеральных удобрений для удовлетворения потребностей этих хозяйств как в энергоносителях, так и высококачественных удобрениях. Для решения этой проблемы во многих странах созданы биогазовые установки [5–7]. Эти установки не получили широкого внедрения у нас в стране из-за низкой эффективности. Выход биогаза в этих установках при концентрации метана до 60% составляет 1–4 м³/м³ метантенка в сутки. При этом технологические затраты биогаза на поддержку их работы достигают 50–100% полученного биогаза. Такой выход биогаза получают и сейчас на очистных коммунальных сооружениях при сбраживании осадков аэротенков. Концентрация H₂S в таком биогазе может составлять до 4%, что вызывает дополнительные проблемы при его использовании.

Выход биогазовых установок на рабочий режим составляет 2–3 месяца и более [8, 9]. Причина низкой эффективности существующих биогазовых установок – возникновение различных технологических и технических проблем в процессе их работы, отсутствие комплексного подхода, научного обоснования

решения проблем анаэробной переработки органических отходов.

Исходя из вышеизложенного сформулирована **цель исследования** – разработать новые энергосберегающие научно-технические подходы, которые можно внедрять на приусадебных и фермерских хозяйствах на базе комплексной ресурсосберегающей системы с использованием малогабаритных биоэнергетических установок.

Материалы, методы и объекты исследования. Использованы современные методы выделения и культивирования анаэробных метаногенных микроорганизмов, а также современные физико-химические методы биотехнологических исследований. Объект исследования – биоэнергетическая установка для утилизации отходов животноводства с получением биогаза и биоудобрения.

Результаты и обсуждение. В КФХ «Хьэм-зэт» (Терский район, Кабардино-Балкарская Республика) создана пилотная биоэнергетическая установка с объемом метантенка 4 м³. Выход биогаза при сбраживании куриного помета на этой установке при концентрации метана 85% составлял 5,6 м³/сут. Сероводород практически отсутствовал [10].

Технологические потребности энергоносителей составили 7% полученного биогаза. При этом получены сбалансированные по углероду и NPK сброженные отходы, которые после стабилизации, химического связывания летучих веществ представляют собой высококачественные органоминеральные удобрения. Технология процесса сбраживания и стабилизации органических отходов позволяет изменять соотношение N, P и K. Выход установки на рабочий режим составил 2,5 недели.

В процессе испытания обнаружена зависимость выхода биогаза от величины загрузки органического сырья, экспозиции отходов в метантенке, температуры и pH сброженных отходов. Кроме того, в зависимости от вида органического сырья были отобраны наиболее производительные ассоциации анаэробных бактерий. Установлено, что отбор продуктивных ассоциаций анаэробных бактерий в каждом конкретном случае можно реализовать с помощью специальной конструкции метантенка.

Разработана комплексная энергосберегающая система с использованием малогаба-

ритных биоэнергетических установок для приусадебных и фермерских хозяйств. Энергосберегающая система представляет собой комплекс из энергетически взаимодействующих элементов: дом–теплица–биогазовый реактор. Наружные стены дома и цоколь теплицы выполнены трехслойными из керамического и силикатного кирпича со слоем искусственного или природного утеплителя. Торцевая стена дома со стороны теплицы на всю высоту запроектирована массивной и выполняет роль теплоаккумулятора. Это позволит накапливать тепловую энергию днем и отдавать ее в систему ночью, что увеличит инерционность системы отопления и будет способствовать повышению комфортности жилых помещений, стабилизации условий произрастания растений в теплице.

С целью сохранения тепловой энергии в теплице предусмотрено устройство утеплительного рулонного покрытия, которое с помощью механизма открывает остекленную поверхность теплицы днем и закрывает ее на ночь. При этом потери энергии от ночного охлаждения уменьшаются в 1,6 раза.

На основе количественного анализа теплового баланса системы показана эффективность блокировки теплицы с домом, а также целесообразность устройства биогазового реактора в теплице, обеспечивающего выработку биогаза в виде газового горючего, днем может аккумулировать солнечную энергию для поддержания технологической температуры биореактора +32 или +50 °С. Поскольку температура биогазового реактора выше температуры воздуха в теплице ночью, биореактор будет отдавать часть низкопотенциальной энергии в виде тепла в окружающее пространство теплицы, создавая более комфортные температурные условия выращивания сельскохозяйственных культур. Это особенно актуально в наших климатических широтах, где распространены непродолжительные заморозки весной и осенью.

Помимо этого, биогазовый реактор способен обеспечить изготовление высококачественных биоудобрений на энергосберегающей основе.

В результате комплекса мероприятий (благодаря притоку солнечной энергии к теплице, нагреву воды в коллекторах, сжиганию полученного в биореакторе биогаза) по повыше-

нию сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций доля энергии от нетрадиционных источников в общем тепловом балансе системы дом–теплица–биогазовый реактор может составлять более 26%, а отопительный период в системе уменьшается минимум на 13 суток, благодаря чему экономия топлива будет составлять по дому 54%, по теплице 65% (рис. 1).

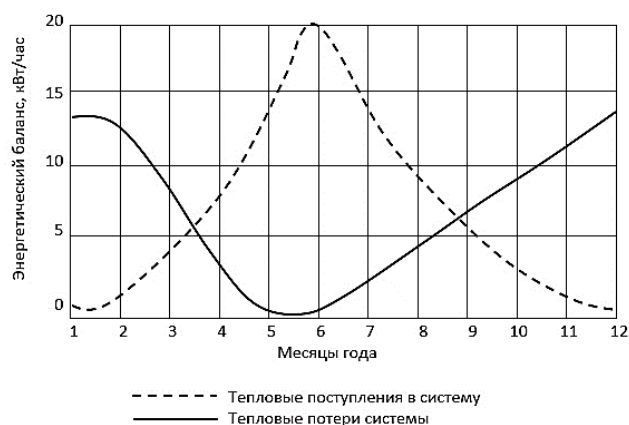


Рисунок 1. Теплоэнергетический баланс малогабаритной биоэнергетической установки дом–теплица (зимний сад)–биогазовый реактор
Figure 1. Heat and energy balance of a small-sized bioenergy plant house–greenhouse (winter garden)–biogas reactor

В приусадебных хозяйствах на биоэнергетической установке при переработке 100–150 кг органических отходов выход биогаза составит 6–8 м³ в сутки. Этого биогаза недостаточно для удовлетворения потребностей приусадебного хозяйства, которые зимой составляют до 50 м³ газа в сутки, что эквивалентно 0,5 МВт тепловой энергии. Поэтому в небольших приусадебных хозяйствах биоэнергетические установки следует дополнительно оснащать теплогенераторами мощностью 0,5 МВт, что позволит обеспечить экономии топлива в системе еще на 10%.

Поскольку фермерские хозяйства в стране производят от 0,4 до 5,0 т органических отходов в сутки (влажностью 86%), биоэнергетические установки для фермерских хозяйств должны иметь объем метантенков 4–50 м³.

Следует заметить, что метантенк представляет собой реактор нулевого порядка, поэтому управляемые процессы анаэробной переработки органических отходов хорошо

масштабируются. При этом выход биогаза будет пропорционален объему метантенка. Если в метантенке объемом 1 м^3 при данной технологии переработки органических отходов получено 6 м^3 биогаза в сутки, то в метантенке объемом 50 м^3 при тех же условиях выход биогаза составит 300 м^3 в сутки.

Выход удобрений также будет пропорционален объему метантенка. При выходе биогаза 50 м^3 и более в сутки потребности фермерского хозяйства в энергоносителях будут полностью обеспечены.

В то же время в энергогенерирующей части этого комплекса на энергосберегающей основе можно производить высококачественные биоорганические удобрения для теплицы и хозяйственных нужд в целом. Это дает возможность получить стабильные, сбалансированные, экологически чистые органоминеральные удобрения для своего земельного участка.

При анаэробной переработке органических отходов на органоминеральные удобрения обезвреживаются болезнетворные бактерии, гельминты и семена сорняков, что улучшит экологическое состояние хозяйства, уменьшит затраты по борьбе с сорняками на земельном участке. Такие удобрения можно вносить на протяжении всего вегетативного периода растений (корневая подкормка). После одного-двух лет внесения таких удобрений урожайность повышается в два-три раза против традиционного внесения органики (навоза). При этом улучшается качество и экологическая чистота сельхозпродукции. Такие удобрения (в жидком состоянии) содержат стимуляторы роста растений, пригодные для обработки посевного материала, об-

ладают защитными свойствами против некоторых заболеваний растений.

На малогабаритной биоэнергетической установке при переработке $100\text{--}150 \text{ кг/сутки}$ органических отходов можно получить $110\text{--}170 \text{ кг}$ жидкого удобрения. Этого количества вполне достаточно для поддержания плодородия земельного участка фермерского хозяйства.

Потенциальные заказчики малогабаритных биоэнергетических установок – приусадебные и фермерские хозяйства. Они имеют обычно до шести работников, до трех голов крупного рогатого скота, до пяти свиней, до 50 голов птицы, $30\text{--}60$ соток земли при усадьбе и такое же количество земли в поле. Количество органических отходов таких хозяйств вместе с зеленой массой или подстилкой зимой составляет $100\text{--}150 \text{ кг}$ в сутки.

Приусадебные хозяйства могут включать в себя дачные усадьбы. Дачные дома следует рассматривать только с точки зрения энергосбережения эксплуатации дачного дома и получения биоорганических удобрений на энергосберегающей основе.

Выводы. Предложенные мероприятия позволят значительно расширить возможности использования малогабаритных биоэнергетических установок на приусадебных и фермерских хозяйствах, существенно повысить эффективность энергосбережения в указанных типах хозяйств. На малогабаритной биоэнергетической установке при переработке $100\text{--}150 \text{ кг/сутки}$ органических отходов можно получить $110\text{--}170 \text{ кг}$ жидкого удобрения. Этого количества вполне достаточно для поддержания плодородия земельного участка приусадебных и фермерских хозяйств.

Список литературы

1. Оптимизация параметров и режимов работы биогазовой установки / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, В. Б. Дзуганов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 115–121. DOI: 0.28983/asj.y2023i6pp115–121. EDN: HOUUOA
2. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Инновационные технологии и техника утилизации отходов животноводства // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 3(33). С. 79–83. EDN: XICGNW
3. Шекихачев Ю. А., Шогенов Ю. Х. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в сельскохозяйственном производстве // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы всероссийской научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 146–149. EDN: GKJVYE

4. Mathematical model of thermal processes in a biogas plant / A. Fiapshev, O. Kilchukova, Y. Shekikhachev [et al.] // MATEC Web of Conferences. Les Ulis: EDP Sciences, 2018. Т. 212. С. 01032. DOI: 10.1051/mateconf/201821201032. EDN: QJBKIB

5. Шекихачев Ю. А., Шекихачев А. А., Мишхожев К. В. Оценка эффективности экологизации аграрного производства // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы международной научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 367–371. EDN: GXENDL

6. Моделирование тепловых процессов в биогазовой установке / А. К. Апажев, Б. А. Фиапшев, Л. М. Хажметов [и др.] // Техника и технологии в животноводстве. 2025. Т. 15. № 1. С. 77–82. DOI: 10.22314/27132064-2025-15-1-77. EDN: MINVED

7. Фиапшев А. Г., Кильчукова О. Х., Фиапшев Б. А. Математическое моделирование теплообмена в биогазовой установке // Энергобезопасность и энергосбережение. 2024. № 6. С. 46–49. EDN: ASLGHV

8. Оптимизация параметров и режимов работы биогазовой установки для достижения максимального выхода биометана / А. Г. Фиапшев, М. М. Хамоков, О. Х. Кильчукова [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. 2021. № 3. С. 41–45. DOI: 10.18635/2071-2219-2021-3-41-45. EDN: EZKGZU

9. Кильчукова О. Х., Фиапшев А. Г., Хамоков М. М. Биогазовая установка для малых предприятий // Сельский механизатор. 2017. № 2. С. 18–19. EDN: ZDEDJF

10. Экологически чистые и ресурсосберегающие альтернативные системы энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий Кабардино-Балкарской Республики / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов [и др.]. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. 178 с. ISBN: 978-5-89125-194-6. EDN: JDKHIW

References

1. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Dzuganov V.B. [et al.]. Optimization of parameters and operating modes of a biogas plant. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(6):115–121. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2023i6pp115-121. EDN: HOUUOA

2. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A. Innovative technologies and technology of livestock waste disposal. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):79–83. (In Russ.). EDN: XICGNW

3. Shekihachev Yu.A., Shogenov Yu.Kh. Prospects for the use of renewable energy sources in agricultural production. *Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobustrojstve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative solutions in construction, environmental management, and agricultural mechanization: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 146–149. (In Russ.). EDN: GKJVYE

4. Fiapshev A., Kilchukova O., Shekikhachev Y. [et al.]. Mathematical model of thermal processes in a biogas plant. *MATEC Web of Conferences*. Les Ulis: EDP Sciences. 2018;212:01032. DOI: 10.1051/mateconf/201821201032. EDN: QJBKIB

5. Shekihachev Yu.A., Shekihachev A.A., Mishkhozhev K.V. Assessment of the efficiency of ecologization of agricultural production. *Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Agricultural land use and food security: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 367–371. (In Russ.). EDN: GXENDL

6. Apazhev A.K., Fiapshev B.A., Hazhmetov L.M. [et al.]. Modeling of thermal processes in a biogas installation. *Machinery and technologies in livestock*. 2025;15(1):77–82. DOI: 10.22314/27132064-2025-15-1-77. (In Russ.). EDN: MINVED

7. Fiapshev A.G., Kilchukova O.Kh., Fiapshev B.A. Mathematical modelling of heat exchange in a biogas plant. *Energy-safety and Energy-economy*. 2024;(6):46–49. (In Russ.). EDN: ASLGHV

8. Fiapshev A., Khamokov M., Kilchukova O. [et al.]. Optimization of parameters and operation modes of a biogas plant for achieving the highest biomethane yield. *Energy-safety and Energy-economy*. 2021;(3):41–45. (In Russ.). DOI: 10.18635/2071-2219-2021-3-41-45. EDN: EZKGZU

9. Kilchukova O.Kh., Fiapshev A.G., Hamokov M.M. Biogas plant for small businesses. *Sel'skij mekhanizator*. 2017;(2):18–19. (In Russ.). EDN: ZDEDJF

10. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Hazhmetov L.M. [et al.]. *Ekologicheski chistye i resursosberegayushchie al'ternativnye sistemy energosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh predpriyatij Kabardino-Balkarskoj Respubliki* [Environmentally friendly and resource-saving alternative energy supply systems for agricultural enterprises in the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. 178 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-89125-194-6. EDN: JDKHIW

Сведения об авторах

Шекихачева Людмила Зачиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6853-7172

Апшацева Дисана Славовна – магистрант направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3137-5341

Information about the authors

Lyudmila L. Shekikhacheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6853-7172

Disana S. Apshatseva – Master's student in the field of study 13.04.01 Thermal Power Engineering and Thermal Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3137-5341

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 18.03.2026;
одобрена после рецензирования 06.04.2026;
принята к публикации 14.04.2026.*

*The article was submitted 18.03.2026;
approved after reviewing 06.04.2026;
accepted for publication 14.04.2026.*

Пищевые системы

Food Systems

Научная статья

УДК 663.8

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-103-111

Использование вторичных сырьевых ресурсов и растительных ингредиентов в производстве функциональных напитков

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. Исследование посвящено разработке рецептурных решений для производства напитков из вторично переработанного сырья, фортифицированных нативными соединениями растительного сырья для придания готовой продукции специализированных диетических свойств. Объектом вторичной переработки являлась виноградная мезга технических разновидностей, выступающая отходом виноделия и образующая в объеме до одной четвертой части от массы перерабатываемой ягоды. С целью формирования жидкой основы функционального напитка получены водные экстракты из виноградных выжимок, черного и зеленого чая, гибискуса, подобранные в таком сочетании, чтобы напиток содержал в своем составе пектиновые, полифенольные, дубильные вещества, танины, придающие продукту профилактические свойства. Оценка физико-химических показателей виноградного сырья позволила установить значительное содержание пектиновых и полифенольных веществ как в соке ягод, так и в выжимках, что подтверждает технологическую и функциональную значимость виноградного сырья в технологии напитков. При исследовании экстрактов гибискуса и зеленого и черного чая установлено содержание других форм полифенольных веществ – танинов и дубильных веществ, обеспечивающих также напитку оптимальные органолептические и функциональные свойства. Предложенные рецептуры напитков, обогащенные пектиновыми, полифенольными, дубильными веществами и танинами, позволили расширить ассортимент продуктов с антиоксидантными, иммунологическими и противомикробными свойствами.

Ключевые слова: виноград, выжимки, экстракты, чай, гибискус, функциональный напиток, полифенольные вещества, антиоксидантные свойства

Для цитирования: Влащик Л. Г., Тарасенко А. В., Турбин В. А. Использование вторичных сырьевых ресурсов и растительных ингредиентов в производстве функциональных напитков // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 103–111. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-103-111

Original article

Use of secondary raw materials and herbal ingredients in the production of functional beverages

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, 350044

³Krym Federal University named after V.I. Vernadsky, 4 Academician Vernadsky Avenue, Simferopol, Russia, 295007

^{✉1}vlacshik@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3735-8367>

²tarasenko_anya1996@mail.ru

³viktor_turbin@mail.ru

Abstract. The study is devoted to the development of formulation solutions for the production of beverages from recycled raw materials fortified with native compounds of plant raw materials to give the finished product specialized dietary properties. The object of secondary processing was the grape pomace of technical varieties, which is a waste product of winemaking and forms up to one-fourth of the mass of the processed berries. In order to form a liquid base for a functional drink, we obtained aqueous extracts from grape pomace, black and green tea, and hibiscus, which were selected in such a way that the drink would contain pectin, polyphenols, tannins, and other substances that would give the product preventive properties. The assessment of the physical and chemical properties of the grape raw materials revealed a significant amount of pectin and polyphenols in both the grape juice and the pomace, which confirms the technological and functional significance of these substances.

Keywords: grapes, pomace, extracts, tea, hibiscus, functional drink, polyphenolic substances, antioxidant properties

For citation: Vlaschik L.G., Tarasenko A.V., Turbin V.A. Use of secondary raw materials and herbal ingredients in the production of functional beverages. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):103–111. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-103-111

Введение. Напиток – жидкость, приготовленная для употребления человеком в пищу. Развитие сегмента здорового питания в России опирается на требования национальных стандартов (в данном случае это – ГОСТ Р 56543-2015, который координирует производство функциональных напитков). Данный стандарт позиционирует такие напитки, которые содержат терапевтические дозы нутриентов, благотворно влияющих на физиологию потребителя. Важным критерием идентификации, согласно данному ГОСТу, выступает норма введения действующих веществ – на одну литровую порцию напитка должно приходиться не менее 15 и не более 50% от рекомендуемого суточного уровня потребления.

Задачей функциональных напитков является укрепление иммунной системы и профилактика заболеваний человека [1].

В современных условиях производство напитков ориентировано не только на потребительские свойства, но и на придание им функциональных качеств – способности насыщать организм витаминами и минералами. Функциональные напитки способны решать огромное количество различных задач и выполнять разнообразные функции. Их основная цель заключается в поддержании здоровья человека, профилактике различных заболеваний, а также в улучшении общего самочувствия и состояния организма. Помимо этого, они помогают поддерживать уровень энергии на оптимальном уровне, что особенно важно в современных реалиях.

В культуре питания населения земного шара существуют свои особенности приготовления и употребления напитков. Создание авторских чаев из различных плодов и трав –

это способ сделать обычное питье настоящим эликсиром здоровья. Биологическая ценность данных напитков обусловлена синергией входящих в их состав нутриентов: витаминных комплексов, энзимов, минеральных веществ и органических кислот, которые в совокупности способствуют укреплению иммунитета и нормализации метаболизма. Благодаря безопасности и комплексу профилактических действий такие чаи рекомендуются в качестве ежедневного элемента функционального питания для людей всех групп и возрастов.

По популярности напитков в мире чай, полученный путём заваривания высушенных листьев кустарника *Camellia sinensis* в кипящей воде, занимает второе место. Чайные листья обрабатывают разными способами, в результате чего чайный напиток выглядит и ощущается по-разному.

Зеленый чай считался традиционным китайским лечебным напитком с самых древних времен. Ученые разных стран и в настоящее время исследуют лечебные и профилактические свойства чайных напитков. В результате недавних исследований подтверждены заключения, что зеленый чай обладает рядом физиологических свойств, благотворно влияющих на организм человека при его регулярном употреблении (в частности, имеет антифиброзные и нейропротекторные свойства, снижает риск сердечнососудистых заболеваний, обладает противовирусными и антибактериальными свойствами) [2].

К употреблению напитков у людей растут запросы и меняются предпочтения. Сегодня мало, чтобы продукт был только вкусным и имел приятный аромат. Нужно, чтобы он еще и решал какие-то проблемы.

В настоящее время рынок функциональных напитков пополняется новыми видами продукции, поскольку люди все больше заботятся своим здоровьем, ментальным благополучием, сном, заботятся о желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Полезные продукты становятся нормой для обычного человека.

Безалкогольные напитки очень популярны у населения, особенно у молодых людей, что обуславливает их доступность для широкого круга с целью оздоровления. Кроме того, они являются технологичными с позиций комбинаторики рецептур и удобства внесения обогащающих компонентов.

Использование различных экстрактов из пряно-ароматического и плодово-ягодного сырья позволит расширить ассортимент такой продукции и удовлетворить потребности различных слоев населения [3].

Цель исследования – подбор и обоснование сырьевых компонентов для разработки новых функциональных напитков.

Задачи работы – технология и комбинаторика рецептур напитков, содержащих функциональные растительные ингредиенты; оценка их пищевой и биологической значимости.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве объекта исследования использовали: виноград и продукты его переработки – виноградный сок, виноградные выжимки, экстракты зеленого и черного чая, купажный экстракт из гибискуса и виноградных выжимок, готовые напитки.

Рассматривая вторичные продукты виноделия в качестве сырьевой базы, следует отметить, что их выход в процессе переработки составляет до 20–25%. Преимущественно это виноградная кожица и семена, богатые биологически активными веществами.

Основными источниками биологически активных веществ служат виноградная кожица и косточка. В рамках разработки экстракта как функционального ингредиента для технологии напитков на растительной основе проведено исследование выжимок распространенных технических сортов винограда «сирра», «каберне совиньон» и «мускат розовый» с целью оценки содержания в них биологически активных соединений, в том числе пектинов и антиоксидантов.

Виноград, несмотря на наличие антиоксидантов, не обеспечивает напиткам достаточно выраженных функциональных показателей. Для компенсации этого недостатка было принято решение дополнить рецептуру чайными экстрактами, которые служат ценным источником фенольных соединений, таких как танины и дубильные вещества, которые могут усилить антиоксидантную способность напитков, оказать полезный эффект на продукт.

Для исследования взяты крупнолистовые черные чаи «принцесса Нури» и «мацеста чай». Представителями зеленого чая были зеленый чай высшего сорта «мацеста чай» и байховый чай «Ахмад».

Одним из составляющих функциональных компонентов была взята суданская роза, или гибискус, богатый антоцианами и витамином С, а также обладающий детоксикационными свойствами [4].

С целью определения качества исходного сырья были определены их физико-химических свойства.

Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Качественные характеристики виноградного сырья
Table 1. Qualitative characteristics of grape raw materials

Показатель	Сорт «сира»	Сорт «каберне совиньон»	Сорт «мускат розовый»
Титруемая кислотность, г/дм ³	7,6	10,4	8,8
Содержание сахаров, г/100 см ³	23,4	24,8	22,2
pH	3,7	3,5	2,9
Глюкоацидометрический коэффициент	3,0	2,2	2,4
Пектиновые вещества, %	1,7203	1,5999	0,9481
Полифенольные соединения, мг/дм ³	1857,0	1785,6	1203,1

В результате исследования компонентов химического состава изучаемых объектов установлены различия по содержанию как пищевых, так и функциональных компонентов. Повышенными показателями нутриентов отличаются красные сорта винограда «сира» и «каберне совиньон», поэтому было принято решение использовать данные сорта в технологии напитков в качестве источника функциональных ингредиентов.

Согласно полученным данным, именно у изучаемого сорта «сира» отмечено самое высокое количество полимерных форм фенольных соединений, достигающее 1857,0 мг/дм³.

Для разработки основы напитков из растительного сырья были получены экстракты и определены их характеристики, представленные в таблице 2.

Анализ позволил выявить следующие закономерности. В подтверждение повышенной биологической ценности красных сортов винограда следует отметить, что экстракты из данных сортов отличаются максимальным содержанием сухих веществ по сравнению с сортом «мускат розовый» (10 и 9% соответственно и 6% у сорта «мускат розовый»).

Сравнительный анализ концентрации водородных ионов показал, что экстракт из сорта «мускат розовый» имеет достаточно кислую среду (pH 2,96), что в технологии напитков потребует дополнительных технологических операций по нормализации среды.

Таблица 2. Характеристика основных качественных характеристик пектинового экстракта

Table 2. Characteristics of the main quality characteristics of pectin extract

Показатель	Сорт винограда		
	«каберне совиньон»	«сира»	«мускат розовый»
Массовая доля сухих веществ, %	9,00	10,00	6,00
pH	3,52	3,38	2,96
Содержание пектиновых веществ, %	2,24	2,46	1,92

Пектиновые вещества, содержащиеся в экстракте, обладают антирадиационными и иммунологическими свойствами. По данному показателю экстракты из красных сортов винограда имеют значительное преимущество, что указывает на их функциональную значимость в технологии разрабатываемых напитков [5].

Для потребительской оценки напитков для потенциальных покупателей важен не только состав продукта, но и его внешний вид.

Сенсорная оценка экстрактов показала, что данные ингредиенты имеют насыщенный цвет, характерный для данных сортов винограда, гармоничный кисло-сладкий вкус и виноградный аромат (табл. 3).

Таблица 3. Сенсорная оценка пектинового экстракта из виноградных выжимок изучаемых сортов
Table 3. Sensory evaluation of pectin extract from grape pomace of the studied varieties

Качественные показатели	Сорт винограда		
	«каберне совиньон»	«сира»	«мускат розовый»
Внешний вид	Однородная, слегка вязкая жидкость		
Вкус и аромат	Выраженный кисло-сладкий вкус и аромат свойственный исходному сырью	Выраженный слабокислый вкус и характерный для исходного сырья аромат	
Цвет	Насыщенный ярко рубиновый		Светло-золотистый тон с нотками розового

Анализ экстракта гибискуса, включенного в рецептуру напитка, подтвердил его ценность в качестве функционального ингредиента, что обусловлено высоким содержанием антиоксидантных и фенольных соединений, а также богатым минеральным составом, который выступает дополнительным преимуществом данного ингредиента.

Данные экспериментальных исследований химического состава экстракта гибискуса приведены в таблице 4.

Таблица 4. Пищевая и биологическая ценность экстракта гибискуса
Table 4. Nutritional and biological value of hibiscus extract

Показатель	Содержание, мг/дм ³
Содержание антиоксидантных и фенольных соединений в гибискусе	
Фенольные вещества	1227,2
Антоцианы в пересчете нацианидин-3-глюкозид	798,6
Флавонолы	295,8
Содержание макроэлементов	
Калий	122,1
Натрий	30,3
Кальций	91,0
Магний	39,6
Содержание микроэлементов	
Железо	0,210
Марганец	3,100
Кобальт	0,021

Экстракт гибискуса отличается высоким содержанием фенольных и антиоксидантных соединений, что подчеркивает его функциональную значимость в технологии напитков.

В технологии напитков планируется использовать, кроме указанных компонентов, и чайные экстракты. С целью подтверждения их технологической значимости как компонентов для обогащения напитков необходимыми нутриентами проведены испытания в отношении выбранных чайных образцов. Для этого авторами определена совокупность критериев, наиболее важных для оценки сырья. К числу этих критериев относится: содержание в образцах сухих веществ, величина водородного показателя рН, показатель массовой концентрации танина и концентрации фенолкарбоновых кислот.

Изучаемые показатели характеризуют биологическую и технологическую ценность чайных экстрактов, особенно в отношении содержания фенолкарбоновых кислот, являющихся мощными природными антиоксидантами, нейтрализующими активные формы кислорода, защищая клетки организма от стресса, а также обладающими противомикробными, иммуномодулирующими и противовоспалительными свойствами [6, 7].

Результаты экспериментального исследования систематизированы в таблице 5.

Сравнительный анализ содержания сухих веществ выявил минимальные расхождения между экстрактами черного и зеленого чая «мацеста», которые варьируются от 1,35 до 1,60%.

Среди сухих веществ данных экстрактов значительную долю занимают соединения антиоксидантной природы.

Танины, содержащиеся в экстракте в количестве до 15,75 мг/кг, способствуют усвоению витамина С, подавляюще влияют на рост болезнетворных микробов и деактивируют токсичные вещества.

Таблица 5. Физико-химические параметры чайного экстракта
Table 5. Physicochemical parameters of tea extract

Чайный экс- тракт	Наименование исследуемых показателей							
	сухие вещества, %	хлороге- новая кислота, мг/дм ³	сиреневая кислота, мг/дм ³	кофейная кислота, мг/дм ³	галловая кислота, мг/дм ³	танины, мг/кг	сумма фенолкар- боновых кислот, мг/дм ³	pH
Чай зеленый «мацеста»	1,60	8,1	8,8	8,0	9,6	15,75	36,1	5,26
Чай зеленый «Ахмад»	1,58	6,4	7,6	8,2	9,0	9,22	32,1	5,30
Чай черный «принцесса Нури»	1,44	4,0	6,0	10,4	10,2	13,18	31,9	5,28
Чай черный «мацеста»	1,35	3,2	5,4	12,2	10,0	14,20	32,2	5,22

Содержание фенолкарбоновых кислот от 31,9 до 36,1 мг/дм³ подтверждает высокую антиоксидантную и антимикробную способность чайных экстрактов [8].

Результаты исследования. В рамках исследования было предложено три рецептуры функциональных напитков, две из которых относятся к категории готовых к употреблению жидких продуктов и один представляет из себя смесь для заваривания.

Первый вариант напитка включает в себя комбинацию трех экстрактов из чая, гибискуса и виноградных выжимок с добавлением раствора сорбита, который выступает в роли подсластителя. Для второго варианта напитка применено купажирование экстрактов гибискуса и виноградных выжимок. Третий вариант разработан как сухая смесь для заваривания, в состав которой входит измельченный гибискус, чай, виноградные выжимки, скомбинированные в соотношении, оптимизированном с учетом целевой функциональной направленности продукта.

Результаты оптимизации рецептур готовых напитков по критерию соотношения компонентов, обеспечивающего заданную функциональную направленность, систематизированы в таблице 6.

Физико-химические параметры разработанных вариантов напитков приведены в таблице 7.

Установлено, что высокое содержание органических 3,8–4,2% и фенолкарбоновых кислот 283,6–856,0 мг/дм³, отражающееся в показателях общей кислотности, придает напиткам антиоксидантные свойства. Ключевым преимуществом разработанных рецептур

является отсутствие необходимости использовать антиокислители для защиты от микробиологической порчи. В результате этого удается сократить расход на сырье, упростить технологический процесс и сохранить исходное качество напитка.

Таблица 6. Оптимизированные рецептуры напитков: соотношение компонентов и функциональная значимость
Table 6. Optimized beverage formulations: component ratio and functional significance

Рецептурный компонент	Содержание рецептурного компонента	
	На 1000 кг	%
Напиток «жизненная сила»		
Экстракт виноградных выжимок	550,0	55,0
Экстракт гибискуса	150,0	15,0
Сорбита раствор 50%-й	200,0	20,0
Экстракт зеленого чая	100,0	10,0
Напиток «моя энергия»		
Экстракт из виноградных выжимок и гибискуса	750,0	75,0
Сорбита раствор 50%-й	200,0	20,0
Экстракт зеленого чая	50,0	5,00
Напиток «долголетие» (для самостоятельного заваривания)		
Сухие измельченные виноградные выжимки	650,0	65,0
Сухой измельченный гибискус	200,0	20,0
Сухой чай зеленый	150,0	15,0

Таблица 7. Физико-химические показатели качества готовых напитков
Table 7. Physical and chemical properties of prepared beverage samples

Наименование показателя	Оптимальные рецепты напитков		
	«жизненная сила»	«моя энергия»	«долголетие»
Активная кислотность (рН)	3,6	3,7	4,5
Массовая доля титруемых кислот, %	3,9	3,8	4,2
Массовая доля сухих веществ, %	16,5	16,5	13,0
Содержание фенольных соединений, мг/дм ³	856,0	683,0	283,6

Органолептическая оценка напитков демонстрирует его высокие потребительские качества, а именно выраженный вкус и устойчивый аромат. Высокая пищевая и биологическая ценность разработанных напитков обусловлена содержанием полисахаридов, пектинов, гемицеллюлозы и сахаров, которые являются компонентами, формирующими вязкость и консистенцию напитка, что подтверждается высоким содержанием сухих веществ, которое варьируется в пределах 13,0–16,5% [9, 10].

Антиоксидантные свойства напитков напрямую связаны с содержанием фенольных соединений. Наиболее высокий показатель отмечен у напитков «жизненная сила» (856,0 мг/дм³) и «моя энергия» (683,0 мг/дм³) [11].

Результаты оценки вкусо-ароматических характеристик разработанных напитков представлены в таблице 8.

Выводы. Была подтверждена функциональная направленность экстрактов виноградных выжимок, гибискуса, а также различных чайных экстрактов, что открывает новые возможности для расширения ассортимента и рецептов напитков с функциональными свойствами. Проведенные исследования позволили разработать технологии и рецептуры напитков «жизненная сила», «моя энергия», «долголетие», обогащённых биологически активными веществами.

Таблица 8. Органолептические показатели готовых продуктов
Table 8. Organoleptic indicators of prepared products

Наименование показателя	Напитки		
	«жизненная сила»	«моя энерги»	«долголети»
Внешний вид и цвет	Жидкость темно-рубинового цвета		Однородная сыпучая масса темного цвета
Аромат	Яркий аромат сухофруктов	Яркий аромат сухофруктов	Фруктово-растительный
Вкус	Сладко-кислый	Сладко-кислый с небольшой оскоминой	Чайный, менее экстрактивный
Консистенция	Однородная, слегка вязкая жидкость		Сухая

Список литературы

1. Влащик Л. Г. Разработка технологии пектинопродуктов с высокими качественными показателями из выжимок винограда различных сортов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. № 1(313). С. 8. EDN: MNLBTN
2. Рябина Е. И., Зотова Е. Е., Пономарева Н. И. Танины чая и травяных экстрактов: природа, содержание, активность // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: химия. биология. фармация. 2014. № 4. С. 47–51. EDN: TGZPFT
3. 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

4. Ермолаева Г. А., Шагиев М. Ю. Исследование сырья для чайного напитка на основе каркаде // Аллея науки. 2018. Т. 1. № 7(23). 435–438 с. EDN: UWZQNI
5. 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
6. Formula and characteristics of an optimized functional drink made from hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) and green tea (*Camellia sinensis* L.) / A.M. Preciado-Saldaña, J.A. Domínguez-Avila, J.F. Ayala-Zavala [et al.] // Food Science and Technology International. 2019. № 25(7). Pp. 547–561. DOI: 10.1177/1082013219840463
7. Определение галловой кислоты, катехина, эпикатехина и кофеина в экстрактах черного чая / Д. О. Мареева, Т. Г. Цюпко, В. В. Милевская, А. З. Темердашев // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19. № 4. С. 323–330. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.4.011. EDN: VCMIID
8. Ariel R.F., Andrea A., Rubén B. Grape Pomace as a Sustainable Source of Bioactive Compounds: Extraction, Characterization, and Biotechnological Applications of Phenolics // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2013. № 61(38). Pp. 8987–9003. DOI: 10.1021/jf402586f
9. Оптимизация технологических режимов экстрагирования чайного сырья, используемого в технологии эмульсионных напитков / Р. К. Щекалева, Е. И. Черевач, М. В. Палагина, Е. Ю. Тарашкевич // Индустрия питания. 2020. Т. 5. № 2. С. 79–87. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-10. EDN: XSWCUP
10. Livney Y.D., Roos Y., Livney Y. Nanoencapsulation Technologies / Engineering Foods for Bioactives Stability and Delivery. Food Engineering Series. Springer. New York, NY., 2017. 1209 p.
11. Carmen C., Reyes A., Rafael G. Beneficial Effects of Green Tea – A Review // Journal of the American College of Nutrition. 2006. Vol. 25, No. 2. Pp. 79–99. DOI:10.1080/07315724.2006.10719518

References

1. Vlashchik, L.G. Development of technology for pectin products with high quality indicators from grape pomace of various varieties. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2010;1(313):8. (In Russ.). EDN: MNLBTN
2. Ryabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I. The tannins in tea and herbal extracts: the nature, content and activity. *Proceeding of Voronezh state university. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2014;(4):47–51. (In Russ.). EDN: TGZPFT
3. Vlaschik L.G., Tarasenko A.V. Study of grape and hibiscus processing products as promising raw materials for the production of extracts with enhanced 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
4. Ermolaeva G.A., Shagiev M.Yu. Study of raw materials for a tea drink based on hibiscus. *Alleya nauki*. 2018;1(7):435–438. (In Russ.). EDN: UWZQNI
5. Vlaschik, L.G., Tarasenko A.V. 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
6. Preciado-Saldaña A.M., Domínguez-Avila J.A., Ayala-Zavala J.F. [et al.]. Formula and characteristics of an optimized functional drink made from hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) and green tea (*Camellia sinensis* L.). *Food Science and Technology International*. 2019;25(7):547–561. DOI: 10.1177/1082013219840463
7. Mareeva D. O., Tsupko T. G., Milevskaya V. V., Temerdashev A. Z. Determination of gallic acid, catechin, epicatechin, and caffeine in black tea extracts. *Analytics and Control*. 2015;19(4):323–330. (In Russ.). DOI: 10.15826/analitika.2015.19.4.011. EDN: VCMIID
8. Ariel R.F., Andrea A., Rubén B. Grape Pomace as a Sustainable Source of Bioactive Compounds: Extraction, Characterization, and Biotechnological Applications of Phenolics // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2013;61(38):8987–9003. DOI: 10.1021/jf402586f
9. Shchekaleva R.K., Cherevach E.I., Palagina M.V., Tarashkevich E.Yu. Optimization of technological modes for the extraction of tea raw materials used in the technology of emulsion drinks. *Food industry*. 2020;5(2):79–87. (In Russ.). DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-10. EDN: XSWCUP
10. Livney Y.D., Roos Y., Livney Y. Nanoencapsulation Technologies. Engineering Foods for Bioactives Stability and Delivery. Food Engineering Series. Springer. New York, NY., 2017. 1209 p.
11. Carmen C., Reyes A., Rafael G. Beneficial Effects of Green Tea – A Review. *Journal of the American College of Nutrition*. 2006;25(2):79–99. DOI:10.1080/07315724.2006.10719518

Сведения об авторах

Влащик Людмила Гавриловна – кандидат технических наук, доцент, 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: 8282-6080

Тарасенко Анна Вячеславовна – ассистент 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 плодоовощеводства 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 – assistant 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 декларируют отсутствие конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 15.05.2026;
одобрена после рецензирования 02.06.2026;
принята к публикации 09.06.2026.*

*The article was submitted 15.05.2026;
approved after reviewing 02.06.2026;
accepted for publication 09.06.2026.*

Научная статья
УДК 664.681.2
DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-112-120

Определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката

Рита Мухамедовна Жилова^{✉1}, Лариса Жантемировна Ширитова²

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

^{✉1}r.zhilova@list.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3130-5532>

²l.shiritova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7598-6550>

Аннотация. Вафельное тесто – это суспензия частичек муки, покрытых гидратными оболочками в водной жидкой фазе. Тесто имеет жидкую консистенцию, что дает возможность получить тонкие вафельные листы – основной полуфабрикат вафельного производства. Целью исследования являлось установление оптимального режима выпечки и основных закономерностей тепло- и массообмена коллоидного капиллярно-пористого теста – вафельного полуфабриката. На основании современных достижений теории тепло- и массообмена о формах связи влаги с тестом были установлены основные закономерности переноса энергии в вафельном тесте. Вафельное тесто в первые секунды выпечки получает от греющих поверхностей формы наибольшее количество тепла, что приводит к интенсивному массообмену в контактном слое. По мере выпечки падает интенсивность теплообмена вследствие образования паровой прослойки между вафельным листом и формой, уменьшается фактическая площадь контактирования и массообмен, который в этот период осложняется удалением адсорбционно связанной влаги из слоя, примыкающего к греющей поверхности. В результате исследования установлено, что наилучшими условиями выпечки вафельного полуфабриката являются: температура формы 170 °С, продолжительность процесса около 2 мин; остаточная влажность листов должна быть не ниже 1,5 и не выше 2,5%.

Ключевые слова: вафельное тесто, выпечка, теплообмен, массообмен, влага, качество

Для цитирования: Жилова Р. М., Ширитова Л. Ж. Определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 112–120. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-112-120

Original article

Determination of the optimal parameters of the waffle semi-finished product baking process

Rita M. Zhilova^{✉1}, Larisa Zh. Shiritova²

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

^{✉1}r.zhilova@list.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3130-5532>

²l.shiritova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7598-6550>

Abstract. Waffle dough is a suspension of flour particles covered with hydrate shells in an aqueous liquid phase. The dough has a liquid consistency, which makes it possible to produce thin waffle sheets, the main semi-finished product of waffle production. The purpose of this study was to establish the optimal baking regime and the basic patterns of heat and mass transfer in a colloidal capillary-porous dough, which is the main semi-finished product of waffle production. Based on the modern achievements of the theory of heat and mass transfer, the main patterns of energy transfer in waffle dough were established. In the first seconds of baking, the waffle dough receives the greatest amount of heat from the heating surfaces of the mold, which leads to intensive mass transfer in the contact layer. As the baking process progresses, the intensity of heat transfer decreases due to the formation of a vapor layer between the waffle sheet and the mold, which reduces the actual contact area and mass transfer, which is further complicated by the removal of adsorbed moisture from the layer adjacent to the heating surface. Based on these findings, it was determined that the optimal conditions for baking waffle sheets are as follows: the mold temperature should be 170°C, and the baking process should last approximately 2 minutes. The residual moisture content of the sheets should be between 1.5% and 2.5%.

Keywords: wafer dough, baking, heat exchange, mass exchange, moisture, quality

For citation: Zhilova R.M., Shiritova L.Zh. Determination of the optimal parameters of the waffle semi-finished product baking process. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):112–120. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-112-120

Введение. Мучные кондитерские изделия характеризуются высокой энергетической ценностью, приятными органолептическими свойствами (вкус, аромат) и эстетической привлекательностью. Калорийность этих изделий варьируется в диапазоне 3500–6000 ккал на килограмм продукта. Исходная рецептурная композиция, включающая разнообразные компоненты, обуславливает возможность производства широкого ассортимента изделий, насчитывающего свыше 3000 наименований [1–3].

В технологическом процессе производства мучных кондитерских изделий одним из важных этапов является выпечка полуфабрикатов, так как организация оптимального режима выпечки позволяет получить изделия высокого качества. Процесс выпечки вафельного теста отличается большой сложностью и представляет собой комплекс тесно связанных друг с другом явлений, протекающих в самом тесте и на его поверхности [4–6].

Цель исследования – определение оптимальных параметров процесса выпечки вафельного полуфабриката, способствующих получению изделий наилучшего качества.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования являлся полуфабрикат из вафельного теста.

Экспериментальная часть работы проводилась с использованием стандартных методик анализа мучных кондитерских изделий

[1, 2]. Содержание влаги определялось согласно ГОСТ 5900-2014. Реологические свойства теста измерялись на ротационном вискозиметре «Brookfield DV-II+Pro». Текстурные характеристики полуфабриката оценивались инструментально с помощью текстурометра «Brookfield СТЗ».

Все исследования проводились на кафедре технологии продуктов общественного питания и химии ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

Результаты исследования. Технологический процесс выпечки вафельного полуфабриката характеризуется двойным механизмом разрыхления: бурным выделением пара в сочетании с действием химических разрыхлителей (двууглекислого натрия) [7, 8]. При выпечке вафельного полуфабриката происходит значительное удаление влаги, что позволяет рассматривать процесс как комбинированный: выпечка–сушка коллоидного капиллярно-пористого тела. Выпечка осуществляется контактным способом от горячих поверхностей – двух металлических плит с зазором в 2–3 мм. Края форм плотно прижаты друг к другу, и по периметру имеется ряд углублений для удаления влаги и избытка теста [7, 8].

В целях установления оптимального режима выпечки изучалось влияние температуры формы на процесс прогрева теста. Результаты этого эксперимента представлены на рисунке 1.

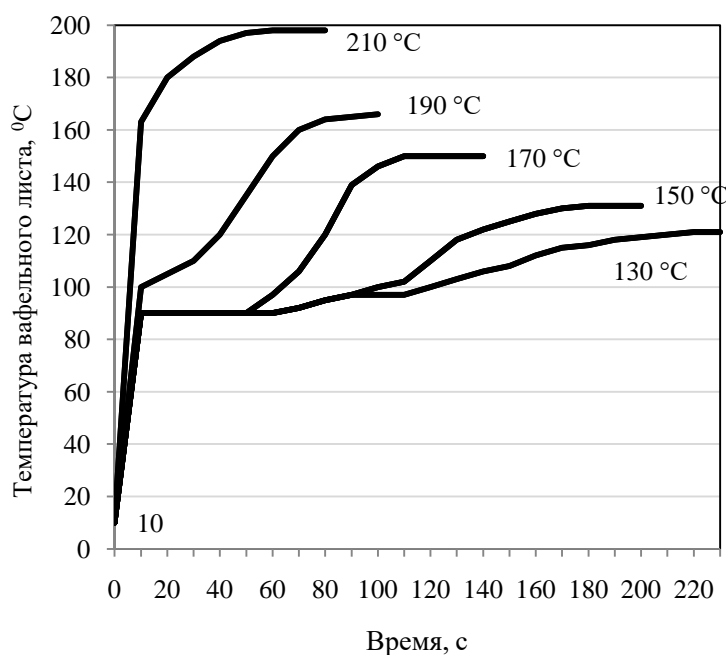


Рисунок 1. Температурные кривые выпечки вафельных листов
Figure 1. Temperature curves of baking waffle sheets

Полученные температурные кривые показали, что с повышением температуры формы (130, 150, 170, 190, 210 °C) увеличивалась температура вафельного листа в течение всего процесса выпечки.

На рисунке 1 также видно, что прогрев теста в первые 5 с во всех опытах происходит очень интенсивно вне зависимости от температуры формы.

Температурная кривая при 210 °C отличается от остальных кривых, полученных при более низкой температуре вафельной формы, тем, что она имеет только один период постоянства температуры, который наступает в конце выпечки, в то время как другие кривые имеют два периода постоянства температуры – через 5 с от начала выпечки и в конце выпечки. Наличие первого периода является положительным фактором, так как температура листа в этот период выпечки колебалась от 93 до 103 °C (в зависимости от температуры формы), а при этой температуре процесс парообразования происходит интенсивно, и обугливания изделий не наблюдается. Отсутствие первого периода постоянства температуры при 210 °C приводит к резкому повышению температуры листа, которая через 20 с достигает 180 °C, что приводит к подгоранию изделий. Второй период указывает на конец процесса выпечки, и это

совпадает с легким отделением листа от вафельной формы.

Продолжительность выпечки вафельного листа (рис. 1) значительно сокращается при температуре формы 190–210 °C. Однако это приводит к подгоранию листов. Лучшие результаты достигались при температурах формы от 150 до 170 °C. Полуфабрикат характеризовался хорошим качеством, при этом продолжительность выпечки резко сокращалась.

Исследование процесса выпечки вафельных полуфабрикатов при разных температурах формы показало, что объемная масса вафельных листов с повышением температуры формы уменьшалась. Этому способствовало увеличение разрыхленности листов, которая зависит от давления пара и газов в тесте в процессе выпечки. Изменение давления парогазовой среды вафельного теста в процессе выпечки представлено на рисунке 2.

Установлено, что при температурах формы 130, 140, 160 °C (рис. 2) давление парогазовой смеси в тесте в процессе выпечки изменяется. Например, при постоянной температуре выпечки 160 °C давление парогазовой смеси в тесте очень быстро нарастает и через 20 с от начала выпечки достигает максимума ($23,1 \cdot 10^3$ Па выше атмосферного). Затем давление в тесте начинает падать вследствие

уменьшения интенсивности массообмена в контактном слое из-за образования паровой прослойки между формой и вафельным листом. Через 60 с от начала выпечки давление

падало еще интенсивнее за счет дальнейшего снижения массообмена в результате удаления из теста адсорбционно связанной влаги.

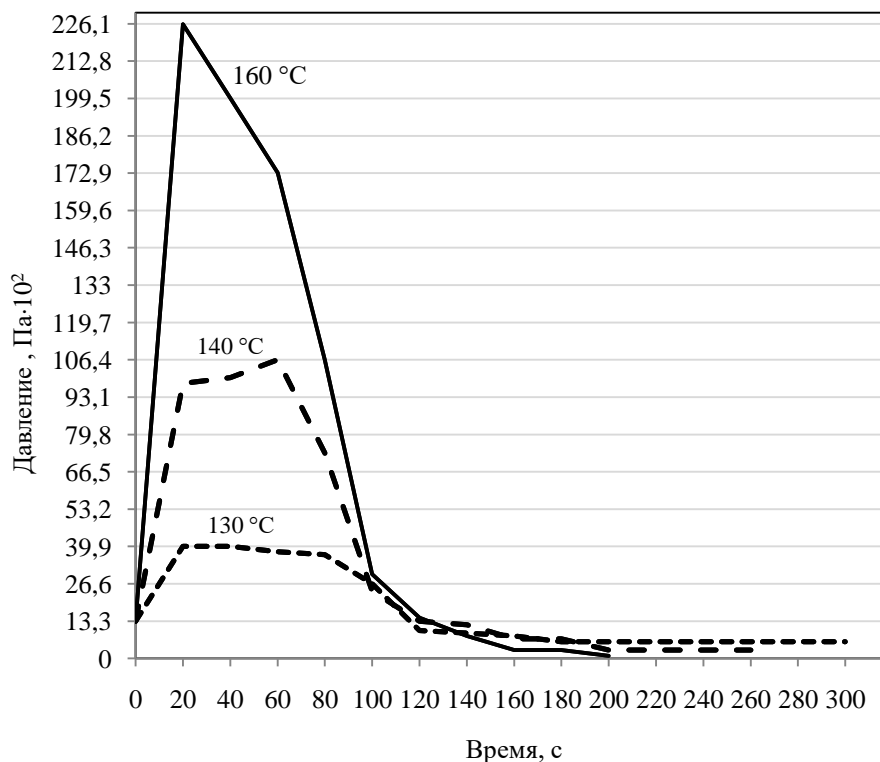


Рисунок 2. Изменение давления парагазовой среды вафельного теста в процессе выпечки
Figure 2. Change in pressure of the vapor-gas medium of the waffle dough during baking

Из рисунка 2 видно, что чем выше температура формы в процессе выпечки, тем больше давление парагазовой смеси в тесте на протяжении всего периода выпечки.

Результаты проведенного исследования показали, что сильная пористость вафельных листов достигается в основном за счет бурного процесса фазового превращения воды в пар во всей массе теста, что приводит к резкому увеличению давления пара в тесте, и в незначительной степени благодаря разложению химических разрыхлителей.

Полученная кривая кинетики выпечки вафельного теста (рис. 3) показывает, что процесс выпечки вафельного листа складывается из двух одновременно протекающих процессов: выпечки и сушки. На кривой влагоотдачи отсутствует участок прогрева теста, что объясняется высокой интенсивностью теплообмена при контактном способе выпечки и небольшой толщиной выпекаемого теста.

Из кривой влагоотдачи видно, что почти весь процесс «выпечка–сушка» характеризуется периодом падающей скорости влагоотдачи и незначительным участком с постоянной скоростью влагоотдачи, который при выпечке других полуфабрикатов для тортов и пирожных составляет большую часть длительности процесса [2].

Процесс выпечки вафель имеет свою специфику [8]. На начальном этапе, в первые мгновения контакта с нагретыми поверхностями формы, вафельное тесто подвергается интенсивному тепловому воздействию, что стимулирует активный массообмен в прилегающем слое [8–10]. По мере протекания процесса, эффективность теплопередачи снижается из-за формирования паровой прослойки между вафельным листом и формой. Это приводит к уменьшению площади контакта и замедлению массообменных процессов, которые осложняются необходимостью удаления адсорбционно связанной влаги.

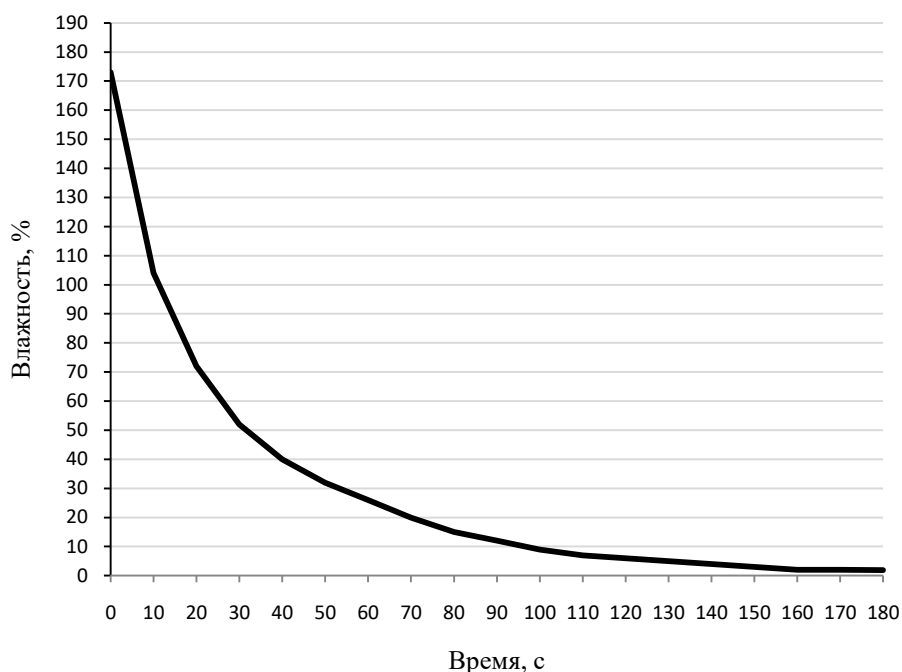


Рисунок 3. Кривая кинетики выпечки вафельного теста
Figure 3. Baking kinetics curve of waffle dough

Кривая скорости влагоотдачи (рис. 4), построенная на основании кривой влагоотдачи, также подтверждает характер выпечки в три

периода с превалирующим значением периода с убывающей скоростью.

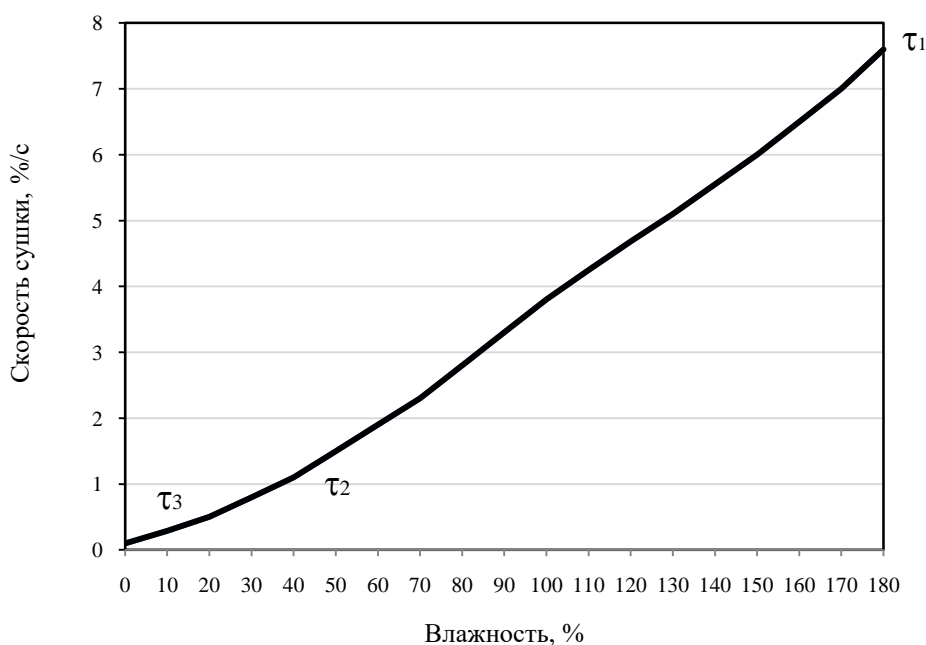


Рисунок 4. Кривая скорости влагоотдачи вафельного теста
Figure 4. Moisture release curve of waffle dough

На этой кривой имеются три критические точки, появление которых объясняется характером связи влаги с материалами и спе-

цифическими условиями процесса «выпечка–сушка». Первая критическая точка τ_1 разделяет период постоянной и падающей ско-

рости. Вторая критическая точка τ_2 соответствует влажности 53% и характеризует момент увеличения вязкости теста, что связано с процессами коагуляции белка и клейстеризации крахмала. К этому моменту выпечки наблюдается снижение давления парогазовой смеси в тесте. Эти изменения, происходящие в тесте, способствуют получению определенных размеров вафельного пласта.

После второй критической точки τ_2 скорость влагоотдачи снижается. Третья критическая точка τ_3 соответствует влажности 17%. Она характеризует окончание удаления из теста капиллярной и осмотически поглощенной влаги, после чего из теста начинает удаляться адсорбционно связанная влага. Удаление последней приводит к дальнейшему уменьшению скорости влагоотдачи и повышению температуры вафельного листа. В конце процесса выпечки лист достигает равновесной влажности, при этом он легко снимается с вафельной формы, обладает хорошей хрупкостью, что и характеризует момент окончания процесса.

Таким образом, анализ экспериментальных кривых кинетики нагрева и выпечки, а также скорости влагоотдачи показал, что процесс выпечки вафельных полуфабрикатов протекает в несколько периодов. Первый период τ_1 постоянной скорости влагоотдачи очень незначителен и составляет всего несколько секунд; при значительном повышении температуры листа скорость повышения его температуры зависит от температуры греющей поверхности. Второй период убывающей скорости влагоотдачи характеризуется наличием двух критических точек (τ_1 и τ_2). Сравнение соответствующих кривых выпечки вафельного листа показывает, что периодичность процессов имеет качественные и количественные различия между ними, которые определяются методами подвода тепла, что отражается на тепло- и массопереносе.

Полученные результаты исследования позволяют наметить пути рациональных затрат тепла в процессе выпечки. В первой половине выпечки подвод тепла должен быть максимальным, потому что выпечка сопровождается наибольшей влагоотдачей. Во второй половине выпечки, когда происходит удаление адсорбционно связанной влаги, затраты тепла следует уменьшить, так как интенсивный подвод тепла приводит к обугливанию изделий в результате резкого повышения температуры поверхности листа, примыкающего к вафельной форме.

При выпечке на существующих конвейерных вафельных печах с односторонним обогревом трудно получить ровные листы. Коробление листа в первую минуту после выпечки достигает 26 мм [10, 11].

Установлено, что причиной коробления листа в первую минуту после выпечки является наличие значительного градиента влажности в вафельном листе в конце выпечки между отдельными зонами листа. Для получения почти ровных листов их следует выпекать до влажности от 1,5 до 2,5%, что обеспечивает незначительный градиент влажности между отдельными зонами листа.

Наиболее рациональным следует считать выпечку вафельных листов при двустороннем обогреве формы. Это способствует лучшему отделению листов от формы, сокращению времени выпечки и получению ровных листов сразу после выпечки.

Выводы. В результате проведенного исследования установлено, что наиболее оптимальными параметрами процесса выпечки вафельного полуфабриката являются: температура формы 170 °С, продолжительность процесса 2 мин; остаточная влажность – не ниже 1,5 и не выше 2,5%.

Список литературы

1. Саломатов А. С., Зубач Д. С. Современные требования к разработке мучных кондитерских изделий // Научные вестн. 2019. № 2(7). С. 172–175. EDN: YXLINV
2. Технология мучных кондитерских изделий: учебное пособие / Г. А. Сидоренко, В. П. Попов, Т. М. Крахмалева, А. Г. Белов. Оренбург: Изд-во Оренбургского государственного университета, 2024. 100 с. ISBN: 978-5-7410-3243-5. EDN: MSKMJU
3. Железнякова А. В., Угрюмова Е. А. Виды теста для производства мучных кондитерских изделий // Исследования молодых ученых: материалы студенческой международной научно-практической кон-

ференции. Курск: Изд-во Курского института кооперации АНО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 2021. С. 54–57. EDN: KYERKE

4. Фединашина Е. Ю., Игнатова А. А., Елисеева С. А. Разработка мучных кондитерских изделий функциональной направленности // Здоровое питание и нутриционная поддержка: медицина, образование, инновационные технологии: сборник материалов XV Всероссийского форума. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское региональное отделение общественной организации «Союз педиатров России», 2020. С. 47–50. EDN: ZRIGIG

5. Совершенствование технологии и рецептур полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий / Б. А. Нехай, М. Ю. Тамова, Е. В. Барашкина, И. Ю. Котенко // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: материалы VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня основания Кубанского государственного технологического университета. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. С. 321–329. EDN: GQATMZ

6. Баева А. А., Джабоева А. С., Гагулаев В. В. Влияние пасты из айвы на физико-химические и пищевые показатели качества полуфабрикатов из песочного теста // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Уфа: Аэтерна, 2019. С. 30–32. EDN: ZGYBEL

7. Крюк Р. В., Глушак С. В. Совершенствование процесса приготовления теста вафельного // Пищевые инновации в биотехнологии: сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. Т. 1. С. 45–46. EDN: XPMNHV

8. Журавлев А. А., Плотникова И. В., Шевякова Т. А. Исследование реологических свойств вафельного теста // Материалы XLIV отчетной научной конференции за 2005 год. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2006. Ч. 1. С. 94–95. EDN: VSJGFF

9. Гришина В. Е., Анистратова О. В., Альшевская М. Н. Изучение реологических характеристик теста для производства бельгийских вафель // Балтийский морской форум: материалы XIII Международного Балтийского морского форума: в 6 томах. XII Национальная научная конференция. Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2025. С. 53–61. EDN: BVEFPQ

10. Румянцева В. В., Юрченко Т. И. Технология вафельных листов на основе нетрадиционных видов растительного сырья // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2024. № 4(87). С. 36–39. DOI: 10.33979/2219-8466-2024-87-4-36-39. EDN: EGIMLE

11. Красина И. Б. Филиппова Е. В., Тарасенко Н. А. Технологические аспекты обогащения вафельных листов функциональными ингредиентами // Пищевая наука и технология. 2013. Т. 22. № 1. С. 28–30. EDN: XIKUZD

References

1. Salomatov A.S., Zubach D.S. Modern requirements for the development of flour confectionery. *Nauchnye vesti*. 2019;2(7):172–175. (In Russ.). EDN: YXLINV

2. Sidorenko G.A., Popov V.P., Krakhmaleva T.M., Belov A.G. *Tekhnologiya muchnyh konditerskih izdelij: uchebnoe posobie* [Technology of flour confectionery products: a tutorial]. Orenburg: Izd-vo Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2024. 100 p. ISBN: 978-5-7410-3243-5. (In Russ.). EDN: MSKMJU

3. Zheleznyakova A.V., Ugryumova E.A. Types of types for production of pastic pastry products. *Issledovaniya molodyh uchenyh: materialy studencheskoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Research by young scientists: Proceedings of the international student scientific and practical conference]. Kursk: Kurskij institut kooperacii ANO «Belgorodskij universitet kooperacii, ekonomiki i prava», 2021. Pp. 54–57. (In Russ.). EDN: KYERKE

4. Fedinishina E.Yu., Ignatova A.A., Eliseeva S.A. Development of functional flour confectionery products. *Zdorovoe pitanie i nutricionnaya podderzhka: medicina, obrazovanie, innovacionnye tekhnologii. Sbornik materialov XV Vserossijskogo foruma* [Healthy nutrition and nutritional support: medicine, education, innovative technologies. Collection of materials from the XV All-Russian Forum]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskoe regional'noe otdelenie obshchestvennoj organizacii «Soyuz pediatrov Rossii», 2020. Pp. 47–50. (In Russ.). EDN: ZRIGIG

5. Nekhay B.A., Tamova M.Yu., Barashkina E.V., Kotenko I.Yu. Improving the technology and recipes of semi-finished products for flour confectionery. *Hlebobulochnye, konditerskie i makaronnye izdeliya XXI veka: materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 105-letiyu so dnya*

osnovaniya Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Bakery, confectionery and pasta products of the XXI century: Proceedings of the VIII International scientific and practical conference dedicated to the 105th anniversary of the founding of the Kuban State Technological University]. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2023. Pp. 321–329. (In Russ.). EDN: GQATMZ

6. Baeva A.A., Dzhaboeva A.S., Gagulayev V.V. The influence of quince paste on the physicochemical and nutritional quality indicators of semi-finished shortcrust pastry products. *Razvitie nauki i tekhniki: mekhanizm vybora i realizacii prioritetov: Sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. [Development of science and technology: mechanism for selecting and implementing priorities: Collection of articles from the All-Russian scientific and practical conference]. Ufa: Aeterna, 2019. Pp. 30–32. (In Russ.). EDN: ZGYBEL

7. Kryuk R.V., Glushak S.V. Improving the process of preparing wafer dough. *Pishchevye innovacii v biotekhnologii: Sbornik tezisev VI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh* [Food innovations in biotechnology: Collection of abstracts of the VI International scientific conference of students, graduate students and young scientists]. Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2018. Vol. 1. Pp. 45–46. (In Russ.). EDN: XPMNHV

8. Zhuravlev A.A., Plotnikova I.V., Shevyakova T.A. Study of rheological properties of wafer dough. *Materialy XLIV otchetnoj nauchnoj konferencii za 2005 god* [Proceedings of the XLIV reporting scientific conference for 2005]. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2006. Part 1. Pp. 94–95. (In Russ.). EDN: VSJGFF

9. Grishina V.Ye., Anistratova O.V., Alshevskaya M.N. Study of rheological characteristics of batter for belgian waffle production. *Baltijskij morskoy forum. Materialy XIII Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma: v 6 tomah. XII Nacional'naya nauchnaya konferenciya* [Baltic Maritime Forum. Proceedings of the XIII International Baltic Maritime Forum: in 6 volumes. XII National Scientific Conference]. Kaliningrad: Kaliningradskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2025. Pp. 53–61. (In Russ.). EDN: BVEFPQ

10. Rumyantseva V.V., Yurchenko T.I. Technology of waffer sheets based on non-traditional types of plant raw materials. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2024;4(87):36–39. (In Russ.). DOI: 10.33979/2219-8466-2024-87-4-36-39. EDN: EGIMLE

11. Krasina I.B., Filippova E.V., Tarasenko N.A. *Tekhnologicheskie aspekty obogashcheniya vafel'nyh listov funkcional'nymi ingredientami* [Technological aspects of enrichment of wafer sheets with functional ingredients]. *Food science and technology*. 2013;22(1):28–30. (In Russ.). EDN: XIKUZD

Сведения об авторах

Жилова Рита Мухамедовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4954-0259

Ширитова Лариса Жантемировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 4393-1731

Information about the authors

Rita M. Zhilova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4954-0259

Larisa Zh. Shiritova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4393-1731

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 декларируют отсутствие конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 18.05.2026;
одобрена после рецензирования 05.06.2026;
принята к публикации 11.06.2026.*

*The article was submitted 18.05.2026;
approved after reviewing 05.06.2026;
accepted for publication 11.06.2026.*

Научная статья

УДК 664.681.15

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-121-128

Комплексная оценка показателей качества и безопасности сахарного печенья, обогащенного талканом овсяным

Наталья Викторовна Сокол^{✉1}, Надежда Сергеевна Санжаровская²

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

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²hramova-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8403-7892>

Аннотация. В условиях роста спроса на функциональные продукты питания с повышенной пищевой ценностью особую значимость приобретает разработка инновационных рецептур и технологий мучных кондитерских изделий с использованием отечественного растительного сырья и экологических методов обработки. Настоящая работа посвящена комплексной оценке показателей качества и безопасности сахарного печенья, обогащенного овсяным талканом. В качестве объектов исследований применялись образцы овсяного талкана, обработанные озоном в течение 5 и 15 мин, а также контрольные и экспериментальные образцы сахарного печенья с дозировкой добавки от 5 до 15% к массе муки. Комплексный анализ охватывал оценку физико-химических, органолептических характеристик готовой продукции, динамику изменения показателей качества при длительном хранении и контроль микрофлоры согласно действующим нормативным документам. Доказано, что оптимальным для выработки обогащенного сахарного печенья является вариант с 15%-ной дозировкой овсяного талкана относительно массы муки в тесте. Установлено, что образцы с 15-минутным озонированием по истечении 4 месяцев не проявили признаков порчи и потери качественных характеристик, тогда как контрольный вариант уже на третьем месяце хранения утратил органолептические свойства. Предлагаемый гарантированный срок годности обогащенного овсяным талканом сахарного печенья составляет 120 суток. Разработанное решение демонстрирует промышленную применимость, открывая перспективы для масштабирования на другие виды мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: сахарное печенье, овсяный талкан, озонирование, органолептические показатели, микробиологическая безопасность

Для цитирования: Сокол Н. В., Санжаровская Н. С. Комплексная оценка показателей качества и безопасности сахарного печенья, обогащенного талканом овсяным // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 121–128. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-121-128

Original article

Comprehensive assessment of quality and safety indicators of sugar cookies fortified with oat talkan

Natalia V. Sokol^{✉1}, Nadezhda S. Sanzharovskaya²

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

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²hramova-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8403-7892>

Abstract. Amid rising consumer demand for functional foods enriched with valuable nutrients, developing innovative formulations and processing technologies for flour confectionery using domestic plant raw materials and eco-friendly methods gains critical importance. This study presents a comprehensive evaluation of quality and safety parameters for sugar cookies fortified with ozone-treated oat talkan. Research objects included oat talkan samples processed with ozone for 5 and 15 minutes, alongside control and experimental cookie batches incorporating the additive at 5–15% flour weight ratios. Comprehensive analysis encompassed physicochemical properties, sensory attributes of the finished product, quality dynamics during extended storage, and microbiological monitoring per current regulatory standards. The variant with 15% oat talkan relative to flour mass, combined with 15-minute ozonation, proved optimal for fortified sugar cookie production. Samples subjected to extended ozonation showed no spoilage or quality degradation after four months, unlike the control, which lost sensory properties by the third month. The proposed guaranteed shelf life for oat talkan-enriched sugar cookies is 120 days. This solution demonstrates industrial feasibility and scaling potential to other flour confectionery products.

Keywords: sugar cookies, oat talkan, ozonation, sensory properties, microbiological safety

For citation: Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S. Comprehensive assessment of quality and safety indicators of sugar cookies fortified with oat talkan. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):121–128. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-121-128

Введение. Мучные кондитерские изделия (МКИ) занимают значимое место в рационе людей любого возраста и пользуются широкой популярностью. Сегодня потребители уделяют повышенное внимание качеству и безопасности пищевых продуктов, что стимулирует разработку новаторских технологий и подходов для снижения рисков микробного загрязнения при одновременном обогащении продукции полезными веществами [1].

Тренды здорового питания радикально изменили отношение к МКИ, побуждая производителей снижать долю сахара и жиров, отдавать предпочтение натуральным ингредиентам и функциональным добавкам, т.к. при покупке потребители оценивают не только вкус и внешний вид, но и предполагаемую пользу для организма [2–4]. Проблемы обеспечения безопасности и качества мучных кондитерских изделий остаются острыми, особенно с учетом угрозы размножения в них патогенных микроорганизмов.

На российском рынке для оптимизации состава мучных кондитерских изделий и придания им функциональных свойств целесообразно использовать обогащающие добавки отечественного производства. Перспективными компонентами являются продукты переработки овса, в том числе пророщенное зерно, известное как «талкан».

Овсяный талкан богат биологически активными веществами природного происхождения – витаминами, ферментами, макро- и микроэлементами, аминокислотами. В отличие от овсяной муки, он содержит повышенное количество витаминов группы В – это связано с тем, что пророщенное зерно не подвергается обработке, а, следовательно, сохраняет все витамины, входящие в состав ростков и оболочек зерна. Продукт также включает оба типа клетчатки: нерастворимую, нормализующую микрофлору кишечника и очищающую желудочно-кишечный тракт, и растворимую – β -глюкан, снижающий уровень сахара в крови [5].

Традиционные рецептуры и технологии производства сахарного печенья не предусматривают использование овсяного талкана, в том числе из-за риска микробного загрязнения и нестабильности качественных показателей готового продукта.

Экологичной альтернативой классическим технологиям служит озонирование, которое обеспечивает высокий окислительный потенциал, возможность генерации озона на месте, низкие энергозатраты, безотходность и экономичность, совместимые с требованиями экологической безопасности [6–9].

Литературные и экспериментальные [10] данные свидетельствуют о положительном

влиянии процесса озонирования на муку и продукты ее переработки, однако применение его именно к овсяному талкану, предназначенному для производства мучных кондитерских изделий, остается недостаточно изученным.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки технологий, сочетающих обогащение кондитерских изделий полезными ингредиентами с обеспечением микробиологической безопасности готового продукта.

Целью исследования является всесторонняя оценка характеристик качества и безопасности сахарного печенья, обогащенного овсяным талканом, обработанным озонированием.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие **задачи**:

- исследовать влияние овсяного талкана на физико-химические и органолептические показатели сахарного печенья;
- обосновать гарантийные сроки хранения образцов сахарного печенья;
- выполнить расчет пищевой ценности разработанного продукта.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследования послужили: овсяный талкан (ТУ 10.89.19-733-37676459-2017), обработанный озонированием в течение 5 и 15 мин; контрольный образец сахарного печенья – мучное кондитерское изделие, изготовленное по базовой рецептуре без до-

бавок; а также опытные варианты печенья с введением овсяного талкана в дозировках 5, 10 и 15% от массы муки.

Органолептические и физико-химические параметры сравнивались с требованиями ГОСТ 24901-2014, микробиологические показатели – с нормами ТР ТС 021/2011.

Качество готового печенья оценивали по показателям формы, поверхности, цвета, вида в изломе, вкуса и запаха. Определение щелочности печенья проводили в соответствии с ГОСТ 5898, намокаемости – с ГОСТ 10114. Пищевую ценность печенья определяли расчетным методом.

Результаты исследования. Предыдущие исследования [10] подтвердили, что озонирование мучной смеси не ухудшает физико-химические свойства сырья, но при этом положительно влияет на его микробиологический статус. Для оценки воздействия овсяного талкана на органолептические и физико-химические характеристики готовой продукции, а также для подбора оптимальных дозировок были изготовлены опытные образцы сахарного печенья с добавлением талкана в диапазоне 0–15% (с интервалом 5%) к массе муки. Контрольным вариантом послужила стандартная рецептура сахарного печенья без внесения талкана.

Влияние дозировки овсяного талкана на физико-химические показатели печенья показано на рисунках 1 и 2.

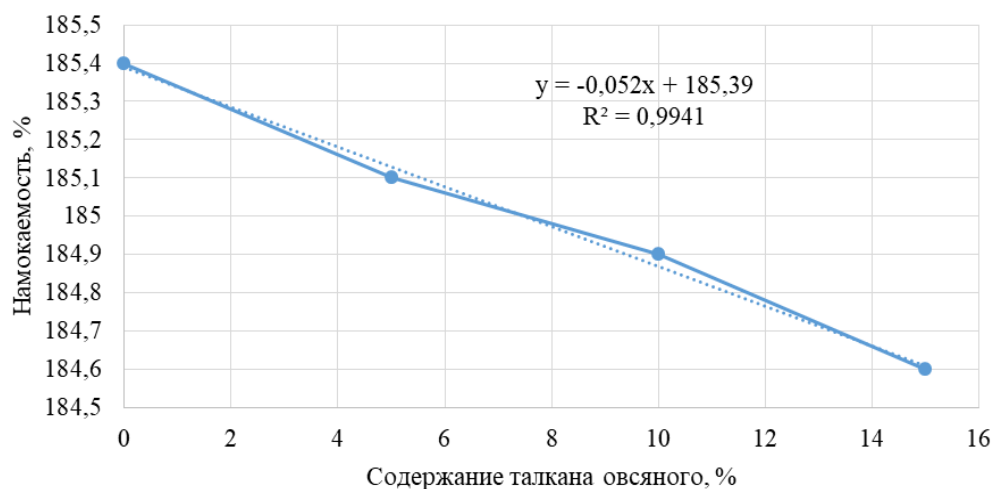


Рисунок 1. Намокаемость сахарного печенья
Figure1. Wetting of sugar cookies

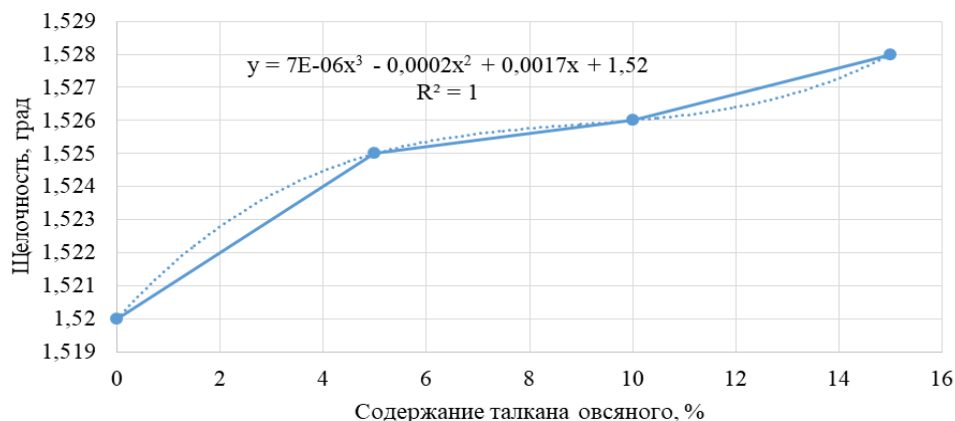


Рисунок 2. Щелочность сахарного печенья
Figure 2. Alkalinity of sugar cookies

С увеличением дозировки овсяного талкана намокаемость сахарного печенья незначительно уменьшилась (от 185,4 до 184,6%), щелочность увеличилась, но существенно не изменилась и также соответствовала требованиям ГОСТ 24901-2014.

Оптимальной дозировкой овсяного талкана допустимо считать 15% от общего количества муки.

Органолептические показатели сахарного печенья с добавлением талкана исследовали в процессе проведения дегустации с внесением оценок в дегустационные листы согласно 5-балльной оценочной системе. Результаты представлены на рисунке 3.

Добавление овсяного талкана в рецептуру сахарного печенья способствует повышению органолептических свойств продукта, в частности его вкусовых качеств и окраски.

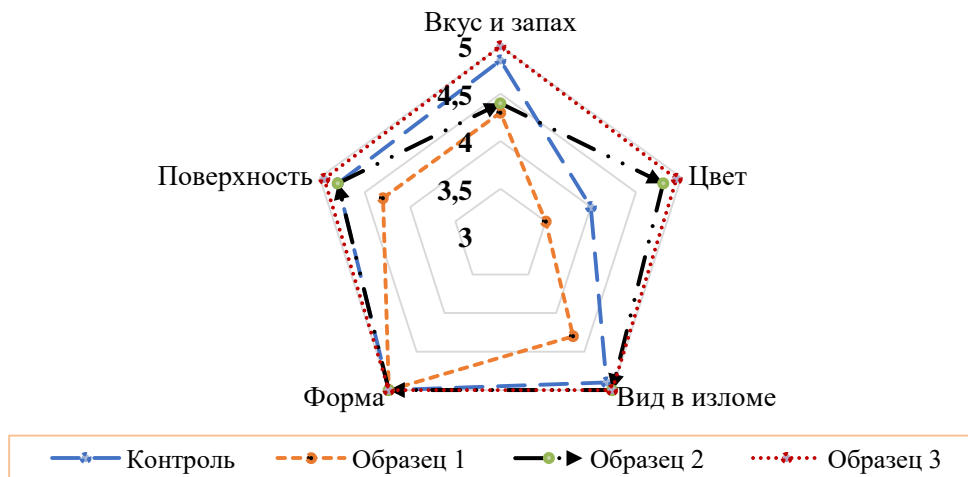


Рисунок 3. Органолептические показатели сахарного печенья
Figure 3. Organoleptic characteristics of sugar cookies

Наилучшую органолептическую оценку получили варианты образцов под номерами 2 и 3 с соотношением 10 и 15% талкана овсяного, которые были более привлекательны для потребителя в ходе проведения сенсорной оценки, что коррелируется с ранее полученными результатами. Оптимальным вариантом для выпуска обогащенного сахарного печенья признан образец № 3 с 15%-ной до-

зировкой овсяного талкана относительно массы муки в тесте.

На следующем этапе эксперимента по изучению влияния процесса озонирования на сроки хранения обогащенного сахарного печенья было выпечено три образца:

– контрольный образец (без добавления талкана овсяного и применения процесса озонирования);

– образец 1 с добавлением талкана овсяного в количестве 15% и временем процесса озонирования 5 мин;

– образец 2 с добавлением талкана овсяного в количестве 15% и процессом озонирования в течение 15 мин.

Для определения гарантийного срока хранения образцы сахарного печенья помещали

в полимерную упаковку с зажимами и выдерживали 4 месяца при температуре $(15 \pm 3)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не выше 75%. Ежемесячно проводили органолептическую оценку опытных образцов. Результаты органолептического анализа по окончании 4 месяцев хранения представлены на рисунке 4.

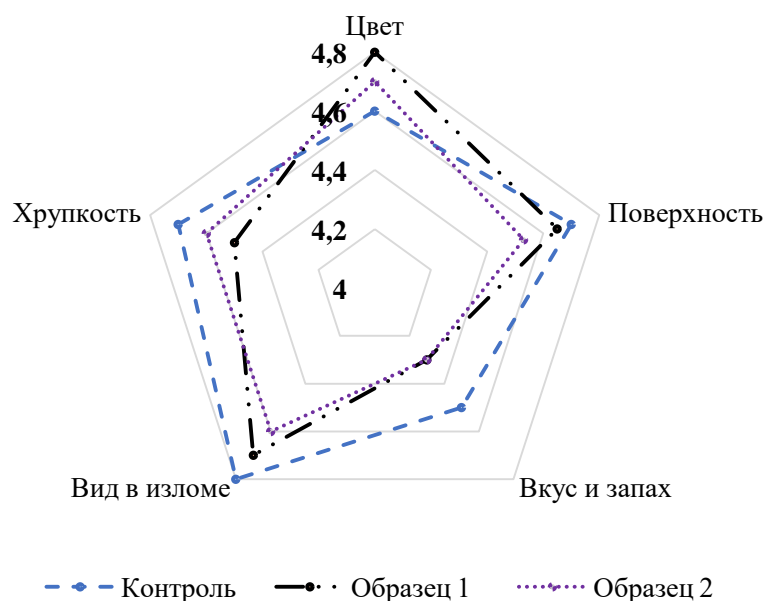


Рисунок 4. Органолептический анализ сахарного печенья после хранения
Figure 4. Organoleptic analysis of sugar cookies after storage

В первые два месяца хранения органолептические свойства печенья оставались стабильными. К концу четвертого месяца в контрольном образце были выявлены дефекты – посторонние привкусы и запахи, квалифицируемые как пороки. Образец с овсяным талканом, обработанный озонированием в течение 15 мин, сохранил вкусоароматиче-

ские качества на протяжении всего периода хранения.

Микробиологический контроль опытных образцов подтвердил полное соответствие всех трех вариантов требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Данные протокола испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты микробиологических исследований сахарного печенья
Table 1. Results of microbiological studies of sugar cookies

Образец	КМАФАнМ в КОЕ/г	БГКП (колиформы)	Патогенные, в том числе сальмонеллы	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
Значение по ТР ТС 021/2011	Не более 1×10^4	Не допускаются	Не допускаются	Не более 100	Не более 50
Контроль	1×10^2	Не обнаружены	Не обнаружены	–	–
Образец 1	1×10	Не обнаружены	Не обнаружены	–	–
Образец 2	1×10	Не обнаружены	Не обнаружены	–	–

Анализ результатов позволил заключить, что образцы с 15-минутным озонированием по прошествии 4 месяцев не проявили плесени или иных признаков порчи – лишь слабое снижение интенсивности аромата и вкуса. В отличие от них, контрольный вариант уже на третьем месяце хранения утратил органолептические свойства, что свидетельствует о возможности продлить срок хранения

сахарного печенья в среднем на 1 месяц при озонировании длительностью не менее 15 мин. Предлагаемый гарантированный срок годности обогащенного овсяным талканом сахарного печенья составляет 120 суток.

Расчет пищевой ценности разработанного обогащенного продукта представлен в таблице 2.

Таблица 2. Энергетическая и пищевая ценность печенья сахарного с овсяным талканом
Table 2. Energy and nutritional value of sugar cookies with oatmeal talkan

Показатель	Содержание в 100 г	Процент рекомендуемого уровня суточного потребления в 100 г продукта	Рекомендуемый уровень суточного потребления
Белки, г	7,5	9,7	75
Жиры, г	15,0	18,5	83
Углеводы, г	67,0	18,4	365
Пищевые волокна, г	3,1	10,4	30
Энергетическая ценность, ккал/кДж	440/1860	17,5	2500/10460
Витамины			
Витамин А, мкг	253,1	31,6	800
Тиамин, мг	0,2	12,7	1,4
Рибофлавин, мг	–	3,1	1,6
Ниациновый эквивалент, мг	1,6	9,0	18,0
Пантотеновая кислота, мг	0,1	2,3	6,0
Витамин Е, мг	4,1	41,4	10,0
Макроэлементы			
Калий, мг	126,2	3,6	3500,0
Кальций, мг	25,8	2,6	1000,0
Магний, мг	26,5	6,6	400,0
Фосфор, мг	106,7	13,3	800,0
Микроэлементы			
Железо, мг	1,3	9,4	14,0
Цинк, мг	0,4	2,7	15,0
Липиды			
Полиненасыщенные жирные кислоты, г	1,4	12,4	11,0

Как следует из таблицы 2, химический состав готового продукта отличается высоким содержанием витамина А и Е, а также может являться источником пищевых волокон для конечного потребителя. При употреблении 100 г в сутки можно удовлетворить 41,4, 36,6 и 13,3% суточной профилактической дозы витаминов Е, А и фосфора.

Выводы. Проведенное исследование подтвердило эффективность технологии обогащения сахарного печенья овсяным талканом 15-минутным озонированием, обеспечивающей высокие органолептические и физико-химические показатели, а также продление срока годности до 120 суток. Разработанная рецептура и технология может быть реко-

мендована для промышленного внедрения в производство функциональных МКИ, а полученные результаты создают основу для дальнейших исследований по обогащению других кондитерских изделий отечественными нутриентами.

Список литературы

1. Думанишева З. С., Кодзокова О. Т., Скрипин П. В. Использование продуктов переработки растительного сырья в технологии сахарного печенья // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 4(38). С. 114–121. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-114-121. EDN: НПКУР
2. Доржиев В. В., Доржиева А. А., Халапханова Л. В. Сахарное печенье с использованием муки из ячменя // Хлебопродукты. 2024. № 3. С. 52–55. DOI: 10.32462/0235-2508-2024-33-3-52-55. EDN: BCNPHR
3. Повышение качества мучного кондитерского изделия путем внесения нетрадиционного сырья / Е. Н. Ефремова, Е. С. Таранова, Е. А. Зенина, И. А. Шагай // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (179). С. 190–198. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-190-198. EDN: XTVFAI
4. Иванова Н. Г., Лесникова В. Д. Технология печенья для профилактики развития гестационного сахарного диабета // Вестник Международной академии холода. 2025. № 4. С. 51–57. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-4-51-57. EDN: TKQJEF
5. Ганиева Е. С., Канарейкина С. Г., Канарейкин В. И. Овсяной талкан – перспективный компонент в технологии кисломолочных продуктов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. № 6(77). С. 64–70. DOI: 10.33979/2219-8466-2022-77-6-64-70. EDN: DBXQTT
6. Бурак Л. Ч. Современные методы консервирования, применяемые в пищевой промышленности. Обзор // The Scientific Heritage. 2022. № 89(89). С. 106–124. DOI: 10.5281/zenodo.6575888. EDN: CLHMWH
7. Бурак Л. Ч. Использование технологии озонирования в пищевой промышленности // Sciences of Europe. 2022. № 98(98). С. 85–100. DOI: 10.5281/zenodo.6973824. EDN: IORPDE
8. Varga L., Szigeti J. Use of ozone in the dairy industry: a review // International Journal of Dairy Technology. 2016. Vol. 69. № 2. Pp. 157–168. DOI: 10.1111/1471-0307.12302
9. Technologies for disinfection of food grains: advances and way forward / R. Sirohi [et al.] // Food Research International. 2021. Vol. 145. P. 110396. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110396
10. Сокол Н. В., Санжаровская Н. С., Коваленко А. В. Практическое обоснование применения процесса озонирования сырья в технологии мучных кондитерских изделий // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 1(43). С. 117–125. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-117-125. EDN: VTPHSA

References

1. Dumanisheva Z.S., Kodzokova O.T., Skripin P.V. Use of products of plant raw processing in sugar biscuit technology. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;4(38):114–121. (In Russ.) DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-114-121. EDN: НПКУР
2. Dorzhiev V.V., Dorzhieva A.A., Khalaphanova L.V. Sugar cookies using barley flour. *Khleboproducty*. 2024;3:52–55. (In Russ.) DOI: 10.32462/0235-2508-2024-33-3-52-55. EDN: BCNPHR
3. Efremova E.N., Taranova E.S., Zenina E.A., Shagai I.A. Improving the quality of flour confectionery by introducing non-traditional raw materials. *Bulletin of KrasGAU*. 2022;2(179):190–198. (In Russ.) DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-190-198. EDN: XTVFAI
4. Ivanova N.G., Lesnikova V.D. Bakery products for preventing gestational diabetes mellitus. *Journal international academy of refrigeration*. 2025;4:51–57. (In Russ.) DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-4-51-57. EDN: TKQJEF
5. Ganieva E.S., Kanarekina S.G., Kanarekin V.I. Oatmeal talkan is a promising component in the technology of fermented dairy products. *Technology and commodity science of innovative food products*. 2022;6(77):64–70. (In Russ.) DOI: 10.33979/2219-8466-2022-77-6-64-70. EDN: DBXQTT
6. Burak L.Ch. Modern methods of canning used in the food industry. review. *The Scientific Heritage*. 2022;89(89):106–124. (In Russ.) DOI: 10.5281/zenodo.6575888. EDN: CLHMWH
7. Burak L. Ch. Using ozonizing technology in the food industry. *Sciences of Europe*. 2022;98(98):85–100. (In Russ.) DOI: 10.5281/zenodo.6973824. EDN: IORPDE
8. Varga L., Szigeti J. Use of ozone in the dairy industry: a review. *International Journal of Dairy Technology*. 2016;69(2):157–168. DOI: 10.1111/1471-0307.12302

9. Sirohi R. [et al.]. Technologies for disinfection of food grains: advances and way forward. *Food Research International*. 2021;145:110396. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110396

10. Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S., Kovalenko A.V. Practical justification of the application of the ozonation process of raw materials in the technology of flour confectionery products. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):117–125. (In Russ.) DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-117-125. EDN: VTPHSA

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

Санжаровская Надежда Сергеевна – 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: 4016-4986, Scopus ID: 57217177533

Information about the authors

Natalia V. Sokol – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Nadezhda S. Sanzharovskaya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 4016-4986, Scopus ID: 57217177533

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 декларируют отсутствие конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 06.04.2026;
одобрена после рецензирования 24.04.2026;
принята к публикации 30.04.2026.*

*The article was submitted 06.04.2026;
approved after reviewing 24.04.2026;
accepted for publication 30.04.2026.*

Научная статья

УДК 664.34:641.55/.56

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-129-139

Жирнокислотный состав, свойства и перспективы использования йеменского кунжутного масла

Вахиб Бин Фрейджан¹, Махфуд Аль-Хамади², Анас Али Надхари³, Саад Аль-Арнут⁴,
Махер Али Алмактари⁵, Василий Владимирович Верхотуров⁶✉

¹⁻⁵Санский университет, а/я 1247, Сана, Йеменская Республика

⁶Калининградский государственный технический университет, Советский проспект, 1,
Калининград, Россия, 236022

¹waheeb.bin.freijan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7418-5401>

²m.alhamadi@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-4030-5779>

³alnedhary@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-5754-7718>

⁴m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0003-2463-3972>

⁵m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-2512-2325>

✉⁶biovervv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2979-9867>

Аннотация. Семена кунжута (*Sesamum indicum* L.) культивируются на протяжении тысячелетий и широко используются в пищевой промышленности, кулинарии и различных отраслях сельского хозяйства. Цель настоящей статьи – исследовать жирнокислотный состав и физико-химические свойства масла семян кунжута, выращенного в Йеменской Республике. В работе описана методика подготовки семян кунжута, экстракция масла, жирнокислотный состав и физико-химические свойства масла семян кунжута, выращенного на территории Йемена. Проведенное исследование показывает, что кунжутное масло играет значительную роль в традиционной кухне и культуре Йемена, а также широко применяется в современной пищевой индустрии. Масло используется в технологиях приготовления широкого спектра продуктов питания, таких как хлебобулочные изделия, десерты и кондитерские изделия. Жирнокислотный состав и полезные свойства обуславливают перспективность применения масла, полученного из семян *Sesamum indicum*, в качестве функционального пищевого ингредиента в рационе населения арабских государств и компонента рецептурных композиций традиционных и современных кулинарных изделий, а также эффективного технологического ресурса в процессе переработки и изготовления продукции пищевых предприятий. Качественный и количественный профиль липидных компонентов свидетельствует о потенциальной роли кунжутного масла в обеспечении рационального питания населения республики.

Ключевые слова: кунжут, масло, жирнокислотный состав, физико-химические свойства, пищевые продукты, Йеменская Республика

Для цитирования: Фрейджан В. Б., Аль-Хамади М., Аль-Надхари А., Аль-Арнут С., Али Мактари М., Верхотуров В. В. Жирнокислотный состав, свойства и перспективы использования йеменского кунжутного масла // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 129–139. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-129-139

Original article

Fatty acid composition, properties and prospects for using Yemen sesame oil

Waheeb Bin Frejan¹, Mahfoudh Al-Hamadi², Anas Al-Nadhary³, Saad Al-Arnoot⁴,
Maher Ali Almaqtari⁵, Vasily V. Verkhoturov^{✉6}

¹⁻⁵Sana'a University, Sana'a, Yemen, PO Box 1247

⁶Kaliningrad State Technical University, 1 Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, Russia, 236022

¹waheeb.bin.frejan@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7418-5401>

²m.alhamadi@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-4030-5779>

³alnedhary@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-5754-7718>

⁴m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0003-2463-3972>

⁵m.almaqtari@su.edu, <https://orcid.org/0000-0002-2512-2325>

^{✉6}bioovervv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2979-9867>

Abstract. Sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) have been cultivated for thousands of years and are widely used in the food industry, cooking and various agricultural industries. The purpose of this article is to study the fatty acid composition and physicochemical properties of sesame seed oil grown in the Republic of Yemen. The paper describes the methodology for preparing sesame seeds, oil extraction, fatty acid composition and physicochemical properties of sesame seed oil grown in the Republic of Yemen. The study shows that sesame oil plays a significant role in the traditional cuisine and culture Republic of Yemen, and is also widely used in the modern food industry. The oil is used in technologies for preparing a wide range of food products, such as bakery products, desserts and confectionery. The fatty acid composition and properties determine the prospects of using oil obtained from *Sesamum indicum* seeds as a functional food ingredient in the diet of the population of the Arab states and a component of recipe compositions of traditional and modern culinary products, as well as an effective technological resource in the process of manufacturing food products. The qualitative and quantitative profile of lipid components testifies to the potential role of sesame oil in ensuring the rational nutrition of the population of the republic.

Keywords: sesame seeds, oil, fatty acid composition, physical and chemical properties, food products, Republic of Yemen

For citation: Frejan W.B., Al-Hamadi M., Al-Nadhary A., Al-Arnoot S., Al-Maqtari M., Verkhoturov V.V. Fatty acid composition, properties and prospects for using Yemen sesame oil. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):129–139. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-129-139

Введение. Семена кунжута (*Sesamum indicum* L.) культивируются на протяжении тысячелетий и широко используются в пищевой промышленности, кулинарии и различных отраслях АПК [1]. Помимо восхитительного вкуса и характерной текстуры, семена кунжута имеют сложный химический состав пищевых и биологически активных соединений. Фитохимический состав семян представлен углеводами, азотсодержащими соединениями, витаминами, липидами и антиоксидантами различной структуры, которые обладают физиологической активностью и применяются для профилактики заболеваний раз-

личной этиологии. Биоактивные полипептиды, выделенные из семян кунжута, являются перспективными источниками пищевых добавок, нутрицевтиков и функциональных ингредиентов [2]. Применение кунжута в здоровом питании в различных странах мира становится все более актуальным. Пищевая ценность, химический состав, фармакологические и функциональные свойства зависят от условий хранения и способов переработки кунжута [3, 4].

Многочисленные исследования подчеркивают разнообразные полезные свойства семян кунжута для здоровья: антиоксидантное, про-

тивораковое, противовоспалительное, гепатопротекторное, нефропротекторное и нейропротекторное [5]. Высокое содержание масла (50%) и благоприятный баланс моно- и полиненасыщенных жирных кислот и биологически активных соединений, а также устойчивость к водному стрессу делают кунжут перспективной сельскохозяйственной культурой для глобального расширения сельского хозяйства [6]. Растительные масла, получаемые из различных источников (семена, орехи, фрукты и другое сырье), играют важную роль в рационе населения различных стран и поддержании здоровья с помощью правильного питания. Потребление растительных масел оказывает положительное воздействие на здоровье, в том числе благодаря ненасыщенным жирным кислотам и эссенциальным компонентам [7, 8].

Кунжутное масло – один из самых популярных продуктов из кунжута среди потребителей, используется для приготовления различных блюд путем термической обработки. В научных публикациях отмечается влияние температуры и времени обжаривания на сенсорные характеристики, летучие компоненты, состав жирных кислот и окислительную стабильность масла [9, 10]. Спрос на кунжутное масло растет благодаря его питательным и профилактическим свойствам, а также перспективам промышленного применения в качестве альтернативного источника топлива [11, 12]. В доступной научной литературе практически отсутствует информация о химическом составе семян кунжута, выращенного в Республике Йемен.

Цель исследования – изучить жирнокислотный состав и физико-химические свойства масла семян кунжута, выращенного в Республике Йемен.

Материалы, методы и объекты исследования. Семена кунжута были отобраны в естественных условиях выращивания при температуре 35 °С на территории центра сельскохозяйственных исследований, расположенного в Вади Хадрамаут (округ Аль-Сувейри, Йемен). Перед дальнейшей обработкой семена в течение трех дней высушивали в естественных условиях. Затем они подвергались очистке от шелухи с последующей дополнительной сушкой при температуре от 100 до 105 °С в течение тридцати

минут. Высушенные измельченные семена использовали для экстракции масла гексаном методом Сокслета.

Для определения характеристик кунжутного масла были использованы аналитические приборы и лабораторные установки: экстрактор Сокслета [13]; вискозиметр (Brookfield RV DV-I+), рефрактометра (TAGO Co. Ltd.); цифровой анализатор влажности (MX-50); плотномер (DMA 35, Anton Paar); спектрофотометр Bruker Tensor 27 FT-IR; газовый хромато-масс-спектрометр Shimadzu GC-17A. Процентное содержание свободных жирных кислот масла из семян было определено по методике [14]. Степень омыления определяли с использованием стандарта [15]. Показатель преломления определен в соответствии с официальными методами [16].

Влажность была измерена с помощью анализатора в течение 30 мин при температуре 105 °С [17]. Вязкость полученного образца измеряли с помощью вискозиметра [18]. Плотность и жирнокислотный состав кунжутного масла анализировали по методике С. Omonhinmin с соавт. [19]. Обработка статистической информации была выполнена с применением пакета прикладных программ STATISTICA.

Результаты исследования. Извлечение кунжутного масла проводили с использованием гексана на аппарате Сокслета. Выход кунжутного масла составил $49 \pm 3\%$, что согласуется с опубликованными ранее данными и указывает на эффективность применяемого метода экстракции. Следует отметить, что аппарат Сокслета – прибор, эффективно используемый для непрерывной экстракции труднорастворимых веществ из растительного сырья. Принцип, основанный на многократном проходе чистого растворителя через образец в определенных условиях, позволяет растворителю извлекать целевые компоненты.

Кунжутное масло имеет ряд уникальных характеристик и физико-химических свойств, которые позволяют использовать данный продукт в различных отраслях – пищевой, фармацевтической, косметической и химико-технологической. Общеизвестно, что цвет кунжутного масла существенно изменяется в диапазоне оттенков – от светлого золотисто-желтого до насыщенно-темного коричневатого цвета – в зависимости от условий предва-

рительной подготовки и способа последующей обработки семян кунжута. В наших исследованиях использовали рациональный способ термической обработки семян кунжута, поэтому цвет масла имел светло-желтый оттенок (рис. 1). Органолептическая оценка

выявила наличие приятного, характерного аромата и мягкого вкуса. Наиболее выраженные органолептические показатели были отмечены у масла, полученного из обжаренных семян кунжута.



Рисунок 1. Визуализация этапов выделения кунжутного масла из семян *Sesamum indicum* и внешний вид готового продукта (Йемен)

Figure 1. Visualization of the stages of extracting sesame oil from *Sesamum indicum* seeds and the appearance of the finished product (Yemen)

Процент свободных жирных кислот в кунжутном масле составил $3,3 \pm 0,5\%$, что является одним из показателей качества и свежести растительного масла. Высокое содержание свободных кислот влияет на технологичность масла в производстве пищевых продуктов и полуфабрикатов. Процент свободных жирных кислот в растительном (кунжутном) масле представляет собой количественный показатель содержания в свободной форме органических кислот в процессе гидролиза сложноэфирных связей в молекулах триглицеридов.

Свободные жирные кислоты образуются вследствие гидролиза сложноэфирных связей триглицеридов, который протекает во время хранения масла и активизируется при неблагоприятных условиях производства и транспортировки. Данный показатель является критерием стабильности растительного масла, пищевой ценности и сохранности продукта. Кислотность кунжутного масла является ключевым показателем его качества и технологических характеристик, усложняет процессы очистки и рафинирования масла, сокращает срок хранения. Масло с низкой кислотностью целесообразно использовать при производстве кондитерских изделий, маргаринов, майонезов и других продуктов, а с по-

вышенной – для технических целей (например, химико-технологических и фармацевтических).

Йодное число – важнейший физико-химический показатель качества любого масла, отражающий степень ненасыщенности жирных кислот, входящих в состав масла. Высокое йодное число указывает на значительное количество двойных связей в остатках ненасыщенных жирных кислот, с которыми вступают в реакцию присоединения молекулы йода. Безусловно, ненасыщенные жирные кислоты играют важную роль в обмене веществ, функционировании клеточных мембран, выработке гормонов и поддержании общего здоровья организма, поэтому кунжутное масло является продуктом, обладающим профилактическими свойствами. Следует отметить, что в кулинарии арабских стран, в том числе Республики Йемен, кунжутное масло используется в салатах и холодных закусках (рис. 2).

Показатель преломления кунжутного масла составил $1,48 \pm 0,01$, что свидетельствует о высоком содержании атомов углерода в жирно-кислотном составе. Данный показатель характеризует угол отклонения луча света при переходе из воздуха в среду масла и рассчитывается относительно эталонного мате-

риала (воздуха). Технологические значения показателя преломления – критерий при проверке фальсификации, при регистрации изменений, происходящих в ходе рафинации, фильтрации и упаковки масла. Плотность масла ($0,84 \pm 0,02$ г/мл при $25\text{ }^\circ\text{C}$) является

важным физическим параметром, характеризующим массу единицы объема масла при определенной температуре. Плотность зависит от химического состава, природы исходного сырья и особенностей технологического процесса изготовления масла.

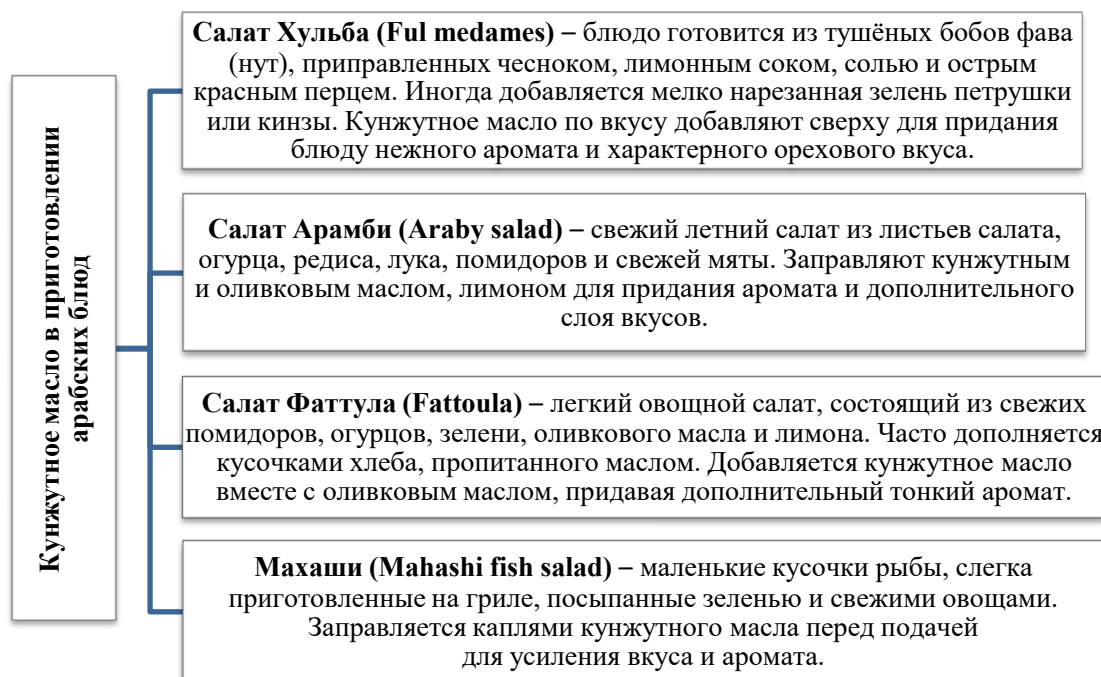


Рисунок 2. Примеры использования кунжутного масла из семян *Sesamum indicum* для приготовления блюд арабской кухни

Figure 2. Examples of using sesame oil made from *Sesamum indicum* seeds in Arabic cuisine

Контроль плотности при стандартизации и сертификации позволяет убедиться в соблюдении технологий производства и избежать подделок. Вязкость масла достигла максимума при $25\text{ }^\circ\text{C}$, составив $29,86$ сПз, что характеризует сопротивление жидкости течению под действием приложенной силы. Вязкость масла зависит от множества факторов, включая температуру, степень очистки и т. д. Данный показатель учитывается при процессах фильтрации, транспортировании и упаковке, а также позволяет выбрать оптимальные режимы нагрева с целью энергосбережения и сохранения ценных компонентов. Физико-химические показатели кунжутного масла представлены в таблице 1.

Жирнокислотный состав кунжутного масла – важнейший показатель, определяющий его качество, пищевую ценность, функциональные и технологические свойства.

Таблица 1. Свойства масла из семян кунжута, выращенного в Йемене

Table 1. Properties of sesame oil from seeds grown in Yemen

Параметры	Единицы	Результаты
Содержание масла	%	49
СЖК (в виде олеиновой кислоты)	%	$3,3 \pm 0,5$
Кислотное число	мг NaOH/г	$7,2 \pm 0,1$
Йодное число	г/100 г	$101,2 \pm 0,1$
Число омыления	мг KOH/г	$187,0 \pm 0,1$
Показатель преломления	–	$1,48 \pm 0,01$
Содержание влаги	%	$0,06 \pm 0,03$
Плотность	г/мл	$0,84 \pm 0,02$
Вязкость	сПз	29,86

Состав, содержание жирных кислот и количественное их соотношение непосредственно влияют на его назначение, способы обработки и оценку с точки зрения питания и безопасности. Структурные и физико-химические особенности жирных кислот позволяют проводить селективную очистку масла и получать фракции для конкретных продуктов (маргарина, кондитерские изделия, корма для животных). Знание жирнокислотного состава масел позволяет целенаправленно создавать специализированные масла с заданными свойствами и выбирать оптимальные способы экстракции, рафинации и дезодорирования,

позволяя минимизировать отходы и повысить выход готового продукта.

В следующей серии экспериментов определен жирнокислотный состав йеменского кунжутного масла с богатым содержанием жирных кислот, среди которых доминируют важные для человека ненасыщенные соединения (рис. 3). Практически 85% всех жирных кислот составляют моно- и полиненасыщенные кислоты, что позволяет отнести кунжутное масло к ценной части рациона человека, поскольку эти соединения являются важными структурными компонентами мембран и участвуют в различных метаболических процессах клетки.

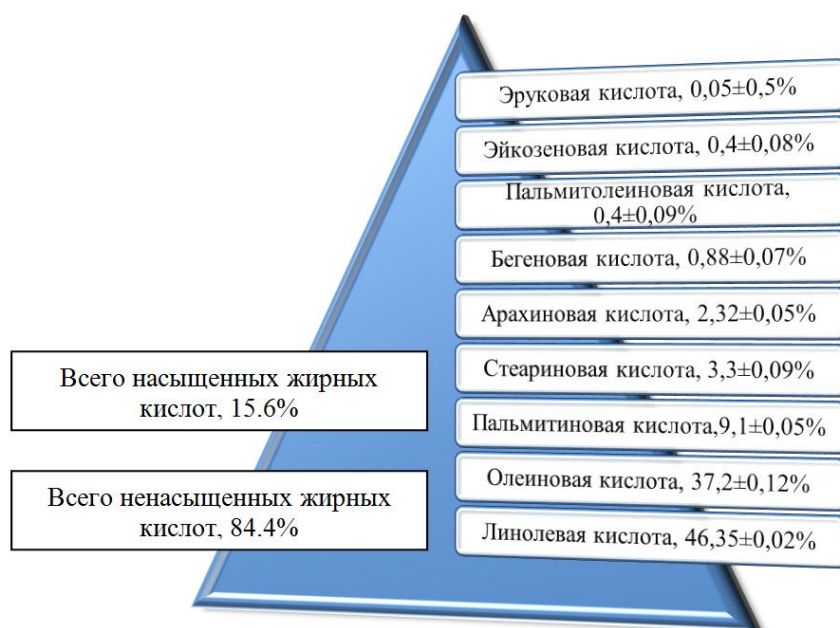


Рисунок 3. Состав жирных кислот масла семян кунжута, выращенного в Йемене
Figure 3. Fatty acid composition of sesame seed oil produced in Yemen

Кроме того, ненасыщенные кислоты придают маслу специфический приятный ореховый аромат и тонкий пикантный вкус, что объясняет популярность кунжутного масла в традиционной арабской кухне. Насыщенные жирные кислоты присутствуют в количестве около 15%. Благодаря физическим и химическим свойствам кислот кунжутное масло является важным пищевым ингредиентом рецептов. Растительное масло используют в кулинарной обработке – для жарки, приготовления холодных соусов и маринадов. Таким образом, содержание в кунжутном масле полезных жирных кислот определяет его широкое применение как полезного компонента питания, незаменимого помощника кулинара

и надежного сырья для пищевой промышленности.

Жирнокислотный профиль кунжутного масла сильно зависит от генетических, агрономических и экологических факторов. Изменчивость температуры, количества осадков, химического состава почвы, сорта и методов экстракции значительно влияет на соотношение и количественное содержание жирных кислот в растительном масле [20]. Эти естественные различия объясняют незначительные отклонения, наблюдаемые между нашими результатами и данными о составе масла из семян кунжута, выращенного в других странах – Индии, Эфиопии и Бразилии.

В последние годы с повышением уровня интереса населения к здоровому питанию и ростом осведомленности о здоровье потребление кунжута и продуктов его переработки становится все более актуальным. На международном рынке резко вырос спрос на семена кунжута, причем основными странами-потребителями являются страны Азии и Востока. Кунжут – один из самых популярных продуктов среди потребителей, входит в состав рецептов различных арабских блюд.

На рынке можно приобрести традиционные продукты, которые пользуются большой популярностью у потребителей, включая кунжутное масло, кунжутную пасту, кунжутные конфеты, кунжутные пирожные и другую выпечку, а также пельмени с кунжутной начинкой. Традиционная йеменская кухня известна своими уникальными вкусовыми сочетаниями и использованием различных специй и растительных масел, которые придают вкус и аромат блюду.

Среди традиционных блюд, содержащих кунжут и кунжутное масло, особое внимание заслуживает выпечка – хлебобулочные и кондитерские изделия: Малавах (Malawah); Маамуль (Ma'amoul); Манакиш (Manakish); Bint Al sahn (Bint as-Sahn); Баразек (Barazek). Использование масличных семян в хлебобулочных изделиях в последние годы приобрело популярность благодаря их органолептическим, текстурным и питательным свойствам. Добавление масличных семян изменяет реологию теста, объем изделий и их текстуру, влияя на их органолептические характеристики и привлекательность для потребителя [21].

Хлебобулочные изделия входят в число наиболее широко потребляемых продуктов питания в мире, однако в их традиционных рецептурах часто отсутствуют необходимые питательные вещества, такие как высококачественные белки, пищевые волокна и биологически активные соединения. Для решения этой проблемы было проведено множество исследований по использованию семян различных сельскохозяйственных культур для обогащения мучных и сахаристых изделий.

Семена кунжута используются при приготовлении кулинарных блюд и кондитерской продукции в качестве пищевого и вкусового ингредиента, в том числе с целью увеличения сроков хранения за счет антиокислительной

активности [22–24]. Так, кунжут и масло из него входят в рецептуру популярной йеменской выпечки Bint Al sahn (Bint as-Sahn): мука 450 г (+50 г на «подпыл» лепёшек); дрожжи сухие 1 ч. л.; вода 150 мл; сахар 1 ст. л.; яйца 3 шт.; масло сливочное 150 г (75 г – в тесто, 75 г – для смазки); масло кунжутное 2 ст. л.; кунжут для посыпки 1 ст. л.; соль 1 ч. л.; мёд 2 ст. л. (для подачи).

Кухня Йемена – богатое наследие кулинарных традиций, сформировавшееся под влиянием географического расположения страны, природно-климатических условий и национально-исторических связей со странами Ближнего Востока и Аравийского полуострова. Кухня Йемена характеризуется разнообразием блюд, основанных на зерновых культурах, мясе, овощах и специях, отражающих богатство природы, национальное и религиозное многообразие населения Ближнего Востока.

Кунжут в йеменской кухне используют в качестве текстурного ингредиента или в виде кунжутного масла для приготовления разных блюд: салатов, выпечки, соусов и халвы. Большинство хлебобулочных изделий из местных зерновых культур отличается по ингредиентному составу и технологии приготовления (Рашуш – Rashoosh; Джакхунун – Jachnun; Малавах – Malawach). Хлеб всегда считался популярным продуктом питания в Йемене, он является важной составляющей культуры страны [25].

Выводы. Проведенное исследование показывает, что кунжутное масло играет значительную роль в традиционной кухне и культуре Йемена, а также широко применяется в современной пищевой промышленности. В промышленном секторе оно находит применение в технологиях приготовления широкого спектра продуктов питания, таких как хлебобулочные изделия, мясные и рыбные блюда, десерты и кондитерские изделия. В настоящей статье представлена методика экстракции масла из семян кунжута, выращенного в Республике Йемен. Проведен анализ ключевых физико-химических показателей и представлена качественная характеристика жирно-кислотного профиля. Результаты исследования подтвердили перспективность применения масла, полученного из семян *Sesamum indicum*, в качестве функционального пище-

вого ингредиента в рационе населения арабских государств и компонента рецептурных композиций традиционных и современных кулинарных изделий, а также эффективного технологического ресурса в процессе переработки и изготовления продукции пищевых

предприятий. Качественный и количественный профиль липидных компонентов свидетельствует о потенциальной роли кунжутного масла в обеспечении рационального питания населения республики.

Список литературы

1. Structural characterization and prebiotic activity of oligosaccharides derived from sesame meal produced by different oil extraction methods / H.F. Duan, X.R. Chen, R. Zhang [et al.] // Food research international. 2026. No. 225. P. 118032. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.118032
2. Mostashari P., Mousavi Khaneghah A. Sesame Seeds: A Nutrient-Rich Superfood // Foods. 2024. Vol. 13. No. 8. P. 1153. DOI: 10.3390/foods13081153
3. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development of Food, and Industrial Applications / P. Wei, F. Zhao, Z. Wang [et al.] // Nutrients. 2022. Vol. 14. No. 19. P. 4079. DOI: 10.3390/nu14194079
4. Black sesame seeds: Nutritional value, health benefits, and food industrial applications / Z. Xu, M. Li, J. Nanjie [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2024. Vol. 153. No. 1. P. 104740. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104740
5. A systematic review on the nutrition, health benefits, and allergy risks of sesame seeds / J. Zhao, J. Fan, J. Tang [et al.] // Food chemistry. 2026. No. 500. P. 147516. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.147516.
6. Sesame, an Underutilized Oil Seed Crop: Breeding Achievements and Future Challenges / S. Rauf, T. Basharat, A. Gebeyehu [et al.] // Plants. 2024. Vol. 13. No.18. P. 2662. DOI: 10.3390/plants13182662
7. Health Effects of Various Edible Vegetable Oil: An Umbrella Review // P. T. Voon, C. M. Ng, Y. T. Ng [et al.] // Advances in nutrition. 2024. Vol. 15. No. 9. P. 100276. DOI: 10.1016/j.advnut.2024.100276
8. Physicochemical Properties, Fatty Acid Composition, and Nutritional Quality of Thai Perilla Seed Oil, Sesame Seed Oil, and Their Blended Oil / R. Singanusong, J. Judphol, S. Jiamyangyuen, S. Rungchang // Journal of oleo science. 2026. Vol. 75. Is. 3. P. 225–237. DOI: 10.5650/jos.ess25211
9. Gülen S., Günal-Köroğlu D., Turan S. Effects of cold-pressed oil additives in varying proportions: Physico-chemical characteristics of mayonnaises // Food chemistry. 2025. No. 469. P. 142576. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.142576
10. Effects of Roasting Conditions on the Quality of Sesame Oil: Sensory Profiles, Volatile Components, Fatty Acids and Oxidative Stability / M. Zheng, Y. Chen, P. Yang [et al.] // Foods. 2026. Vol. 15. No. 1. P. 146. DOI: 10.3390/foods15010146
11. Reyad S., Albakry B. S. Sesame oil, properties and advantages // The Future of Biology. 2022. No. 1. Pp.1–9. DOI: 10.37229/fsa.fjb.2022.03.15
12. Comprehensive Investigations into the Oil Extraction Process of Yellowish and Blackish Sesame Varieties, Parameters Optimization, and Absorbance Spectra Characteristics / A. Kabutey, S.H. Kibret, S.S. Soe, M. Musayev // Foods. 2025. Vol. 14. No. 19. P. 3450. DOI: 10.3390/foods14193450
13. Effect of diet contains sesame seed on adult Wistar rat testis / J.A. Mahabadi, H.H. Bafrani, H. Nikzad [et al.] // International Journal of Morphology. 2013. Vol. 31. No. 1. Pp. 197–202. DOI: 10.4067/S0717-95022013000100033
14. Utilization of Moringa oleifera oil for biodiesel production: A systematic review / C. A. Omonhinmin, E. Olomukoro, A. Ayoola, E. Egwim // AIMS Energy . 2020. Vol. 8. No. 1. Pp. 102–121. DOI: 10.3934/energy.2020.1.102
15. Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils / M. M. Özcan, K. Ghafoor, F. Al Juhaimi [et al.] // South African Journal of Botany. 2019. No. 124. Pp. 333–337. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.010
16. Palm olein as renewable raw materials for industrial and pharmaceutical products applications: Chemical characterization and physicochemical properties studies / D. Derawi, B. M. Abdullah, H. Z. Huri [et al.] // Advances in Materials Science and Engineering. 2014. No. 2014. P. 134063. DOI: 10.1155/2014/134063
17. Das M. Composition of seed and characteristics of oil from Karingda / M. Das, S. K. Das, S. H. Suthar // International Journal of Food Science and Technology. 2002. Vol. 37. No. 8. Pp. 893–896. DOI: 10.1046/j.1365-2621.2002.00638

18. Sensory and Physicochemical Qualities of Palm Olein and Sesame Seed Oil Blends during Frying of Banana Chips / S. M. Abdulkarim, M. W. Myat, H. M. Ghazali [et al.] // *Journal of Agricultural Science*. 2010. Vol. 2. No. 4. Pp. 18–29. DOI: 10.5539/jas.v2n4p18
19. Physicochemical Characteristics of Malaysian Crude Palm Kernel Oil / M.A. Bahadi, M.F.M. Yusoff, A.W.M. Japir [et al.] // *Malaysian Journal of Chemistry*. 2019. Vol. 21. No 2. Pp. 17–27.
20. Associations of the Seed Fatty Acid Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm with Agronomic Traits and FAD2 Variations / E.-G. Kim, S. Lee, T.-J. Yang [et al.] // *Plants*. 2024. Vol. 13. No. 12. P. 1590. DOI: 10.3390/plants13121590
21. de Lamo B., Gómez M. Bread Enrichment with Oilseeds. A Review // *Foods*. 2018. Vol. 7. No. 11. P. 191. DOI: 10.3390/foods7110191
22. Authenticity assessment of commercial bakery products with chia, flax and sesame seeds: Application of targeted and untargeted metabolomics results from seeds and lab-scale cookies / F.I. Brigante, A.L. Mas, A. Erban [et al.] // *Food Control*. 2022. Vol. 140. No. 1. P. 109114. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109114
23. Al-Alwani H.I. The effect of replacing wheat flour with sesame and flax flour on the chemical composition, fatty acids, and antioxidant properties of biscuits / H. I. Al-Alwani, N. J. Fadhil, S. I. Yousif // *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 23. No. 4. P. 74–84. DOI: 10.25130/tjas.23.4.7
24. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products / F. Saman, A. Ammar, A. Khushi [et al.] // *Applied Food Research*. 2025. Vol. 5. No. 2. P. 101534. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101534
25. Al-Mussali M. S., Al-Gahri M. A. Nutritive Value of Commonly Consumed Bread in Yemen // *Journal of Chemistry*. 2009. Vol. 6. No. 2. P. 975960. DOI: 10.1155/2009/975960

References

1. Duan H.F., Chen X.R., Zhang R. [et al.]. Structural characterization and prebiotic activity of oligosaccharides derived from sesame meal produced by different oil extraction methods. *Food research international*. 2026;(225):118032. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.118032
2. Mostashari P., Mousavi Khaneghah A. Sesame Seeds: A Nutrient-Rich Superfood. *Foods*. 2024;13(8):1153. DOI: 10.3390/foods13081153
3. Wei P., Zhao F., Wang Z. [et al.]. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development of Food, and Industrial Applications. *Nutrients*. 2022;14(19): 4079. DOI: 10.3390/nu14194079
4. Xu. Z., Li M., Nanjie J. [et al.]. Black sesame seeds: Nutritional value, health benefits, and food industrial applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2024;153(1):104740. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104740
5. Zhao J., Fan J., Tang J. [et al.]. A systematic review on the nutrition, health benefits, and allergy risks of sesame seeds. *Food chemistry*. 2026;(500):147516. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.147516
6. Rauf S., Basharat T., Gebeyehu A. [et al.]. Sesame, an Underutilized Oil Seed Crop: Breeding Achievements and Future Challenges. *Plants*. 2024;13(18):2662. DOI: 10.3390/plants13182662
7. Voon P.T., Ng C.M., Ng Y.T. [et al.]. Health Effects of Various Edible Vegetable Oil: An Umbrella Review. *Advances in nutrition*. 2024;15(9):100276. DOI: 10.1016/j.advnut.2024.100276
8. Singanusong R., Judphol J., Jiamyangyuen S., Rungchang S. Physicochemical Properties, Fatty Acid Composition, and Nutritional Quality of Thai Perilla Seed Oil, Sesame Seed Oil, and Their Blended Oil. *Journal of oleo science*. 2026;75(3):225–237. DOI: 10.5650/jos.ess25211
9. Gülen S., Günal-Köroğlu D., Turan S. Effects of cold-pressed oil additives in varying proportions: Physico-chemical characteristics of mayonnaises. *Turan. Food chemistry*. 2025;(469):142576. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.142576
10. Zheng M., Chen Y., Yang P. [et al.]. Effects of Roasting Conditions on the Quality of Sesame Oil: Sensory Profiles, Volatile Components, Fatty Acids and Oxidative Stability. *Foods*. 2026;15(1):146. DOI: 10.3390/foods15010146
11. Reyad S., Albakry B.S. Sesame oil, properties and advantages. *The Future of Biology*. 2022;(1):1–9. DOI: 10.37229/fsa.fjb.2022.03.15
12. Kabutey A., Kibret S.H., Soe S.S., Musayev M. Comprehensive Investigations into the Oil Extraction Process of Yellowish and Blackish Sesame Varieties, Parameters Optimization, and Absorbance Spectra Characteristics. *Foods*. 2025;14(19):3450. DOI: 10.3390/foods14193450

13. Mahabadi J.A., Bafrani H.H., Nikzad H. [et al.]. Effect of diet contains sesame seed on adult Wistar rat testis. *International Journal of Morphology*. 2013;31(1):197–202. DOI: 10.4067/S0717-95022013000100033
14. Omonhinmin C.A., Olomukoro E., Ayoola A., Egwim E. Utilization of Moringa oleifera oil for biodiesel production: A systematic review. *AIMS Energy*. 2020;8(1):102–121. DOI: 10.3934/energy.2020.1.102
15. Özcan M.M., Ghafoor K., Al Juhaimi F. [et al.]. Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils. *South African Journal of Botany*. 2019;(124):333–337. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.010
16. Derawi D., Abdullah B.M., Huri H.Z. [et al.]. Palm olein as renewable raw materials for industrial and pharmaceutical products applications: Chemical characterization and physicochemical properties studies. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2014;(2014):134063. DOI: 10.1155/2014/134063
17. Das M., Das S.K., Suthar S.H. Composition of seed and characteristics of oil from Karingda. *International Journal of Food Science and Technology*. 2002;37(8):893–896. DOI: 10.1046/j.1365-2621.2002.00638
18. Abdulkarim S.M., Myat M.W., Ghazali H.M. [et al.]. Sensory and Physicochemical Qualities of Palm Olein and Sesame Seed Oil Blends during Frying of Banana Chips. *Journal of Agricultural Science*. 2010;2(4):18–29. DOI: 10.5539/jas.v2n4p18
19. Bahadi M.A., Yusoff M.F.M., Japir A.W.M. [et al.]. Physicochemical Characteristics of Malaysian Crude Palm Kernel Oil. *Malaysian Journal of Chemistry*. 2019;21(2):17–27.
20. Kim E.-G., Lee S., Yang T.-J. [et al.]. Associations of the Seed Fatty Acid Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm with Agronomic Traits and FAD2 Variations. *Plants*. 2024;13(12):1590. DOI: 10.3390/plants13121590
21. de Lamo B., Gómez M. Bread Enrichment with Oilseeds. A Review. *Foods*. 2018;7(11):191. DOI: 10.3390/foods711019122
22. Brigante F.I., Mas A.L., Erban A. [et al.]. Authenticity assessment of commercial bakery products with chia, flax and sesame seeds: Application of targeted and untargeted metabolomics results from seeds and lab-scale cookies. *Food Control*. 2022;140(1):109114. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109114
23. Al-Alwani H.I., Fadhil N.J., Yousif S.I. The effect of replacing wheat flour with sesame and flax flour on the chemical composition, fatty acids, and antioxidant properties of biscuits. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 2023;23(4):74–84. DOI: 10.25130/tjas.23.4.7
24. Saman F., Ammar A., Khushi A. [et al.]. F. Saman, A. Ammar, A. Khushi [et al.]. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products. *Applied Food Research*. 2025;5(2):101534. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101534
25. Al-Mussali M.S., Al-Gahri M.A. Nutritive Value of Commonly Consumed Bread in Yemen. *Journal of Chemistry*. 2009;6(2):975960. DOI: 10.1155/2009/975960

Сведения об авторах

Фрейджан Вахиб Бин – доктор философии (химия), доцент кафедры химии, факультет естественных наук, Санский университет

Аль-Хамеди Махфуд – доктор философии (химия), доцент кафедры химии, факультет естественных наук, Санский университет, Scopus ID: 57218317236

Аль-Надхари Анас – доктор философии (химия), доцент кафедры химии, факультет образования, филиал Хавлан, Санский университет

Аль-Арнут Саад – доктор философии (биология), доцент кафедры биологических наук, факультет естественных наук, Санский университет, Scopus ID: 59941964400

Али Алмактари Махер – доктор философии (химия), профессор кафедры химии, факультет естественных наук, Санский университет, Scopus ID: 54890627100

Верхотуров Василий Владимирович – доктор биологических наук, профессор института агроинженерии и пищевых систем, Калининградский государственный технический университет, SPIN-код: 2947-5104, Author ID: 287647, Scopus ID: 6701351908

Information about the authors

Waheeb Bin Frejan – Ph.D. (Chemistry), Associate Professor of Chemistry Department; Faculty of Science, Sana'a University

Mahfoudh Al-Hamadi – Ph.D. (Chemistry), Associate Professor of Chemistry Department, Faculty of Science, Sana'a University, Scopus ID: 57218317236

Anas Al-Nadhary – Ph.D. (Chemistry); Associate Professor of Chemistry Department; Faculty of Education, Khawlan Branch, Sana'a University

Saad Al-Arnoot – Ph.D. (Biological), Associate Professor of Biological Department, Faculty of Science, Sana'a University, Scopus ID: 59941964400

Maher Ali Almaqtari – Ph.D. (Chemistry), Professor of Chemistry Department, Faculty of Science, Sana'a University, Scopus ID: 54890627100

Vasily V. Verkhoturov – Doctor of Biological Sciences; Director of the Institute of Agroengineering and Food Systems, Kaliningrad State Technical University, SPIN-code: 2947-5104, Author ID: 287647, Scopus ID: 6701351908

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 декларируют отсутствие конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 01.04.2026;
одобрена после рецензирования 20.04.2026;
принята к публикации 27.04.2026.*

*The article was submitted 01.04.2026;
approved after reviewing 20.04.2026;
accepted for publication 27.04.2026.*

Научная статья

УДК 664.8

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-140-151

Сравнительный анализ пищевой ценности овощей, консервированных конвективным и инфракрасным методами сушки на примере лука репчатого, свёклы, моркови и картофеля

Валентина Николаевна Храмова^{✉1}, Екатерина Владимировна Храпова²,
Игорь Валерьевич Беспалов³, Юлия Александровна Кумышева⁴

^{1,2}Волгоградский государственный технический университет, проспект имени В. И. Ленина, 28, Волгоград, Россия, 400005

³Волгоградский государственный университет, проспект Университетский, 100, Волгоград, Россия, 400062

⁴Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}hramova_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

²caucus6@gmail.com

³bespalovigor@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0360-5871>

⁴ykumysheva@mail.ru

Аннотация. Обеспечение организованных коллективов качественной овощной продукцией в течение года – сложная задача. Отсутствие научно обоснованных коэффициентов замены свежих овощей сушёными для современных методов сушки создаёт риск некорректного проектирования рационов. Цель исследования – научно обосновать и экспериментально подтвердить, что современные методы сушки (инфракрасная) при соблюдении оптимальных технологических параметров не приводят к критической потере пищевой ценности овощей, обеспечивая продукт, пригодный для полной или частичной рецептурной замены свежего сырья в системах детского и социального питания. Объектами исследования стали корнеплоды свёклы, моркови, репчатый лук и клубни картофеля урожая 2024 года, а также образцы, подвергнутые конвективной и инфракрасной сушке. Конвективная сушка проводилась при двухступенчатом режиме (80 ± 5 и 50 ± 5 °С) до влажности 7–8%, инфракрасная сушка – при 55 ± 2 °С в течение 1,5 часов. Определение белков, жиров, углеводов, влаги и витамина С выполнялось стандартными методами. Инфракрасная сушка обеспечивает сохранность витамина С на уровне 60–71%, что в 1,3–1,5 раза выше, чем при конвективной сушке (48–57%). Определены коэффициенты восстановления, обеспечивающие соответствие макронутриентов свежим овощам на 95–104%: картофель 1:4,2; лук, морковь, свёкла 1:6,2–6,4. В готовых блюдах показатели практически идентичны. В организованном питании сушёные овощи при правильном восстановлении могут служить полноценной альтернативой свежим.

Ключевые слова: сушёные овощи, инфракрасная сушка, конвективная сушка, пищевая ценность, витамин С, рецептурная замена, организованное питание

Для цитирования: Храмова В. Н., Храпова Е. В., Беспалов И. В., Кумышева Ю. А. Сравнительный анализ пищевой ценности овощей, консервированных конвективным и инфракрасным методами сушки на примере лука репчатого, свёклы, моркови и картофеля // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 140–151. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-140-151

Original article

Comparative analysis of the nutritional value of vegetables preserved by convective and infrared drying methods using the example of onions, beetroot, carrots and potatoes

Valentina N. Khramova^{✉1}, Ekaterina V. Khrapova²,

Igor V. Bespalov³, Yulia A. Kumysheva⁴

^{1,2}Volgograd State Technical University, 28 V.I. Lenin Avenue, Volgograd, Russia, 400005

³Volgograd State University, 100 Universitetsky Avenue, Volgograd, Russia, 400062

⁴Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}hramova_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

²caucus6@gmail.com

³bespalovigor@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0360-5871>

⁴ykumysheva@mail.ru

Abstract. Providing organized groups with high-quality vegetable products all year-round is a complex task. The lack of scientifically substantiated ratios for substituting fresh vegetables with dried ones for modern drying methods creates the risk of inappropriate dietary planning. The objective of the study was to scientifically substantiate and experimentally confirm that modern drying methods (infrared), when optimal process parameters are observed, do not lead to a critical loss of the nutritional value of vegetables, providing a product suitable for full or partial prescription replacement of fresh raw materials in child and social nutrition systems. The objects of the study were beetroots, carrots, onions, and potato tubers from the 2024 harvest, as well as samples subjected to convective and infrared drying. Convective drying was carried out in a two-stage mode (80 ± 5 °C and 50 ± 5 °C) to a moisture content of 7–8%, while infrared drying was carried out at 55 ± 2 °C for 1.5 hours. Protein, fat, carbohydrate, moisture, and vitamin C content were determined using standard methods. Infrared drying preserves 60–71% of vitamin C, which is 1.3–1.5 times higher than convective drying (48–57%). Recovery ratios were determined to ensure a 95–104% macronutrient balance with fresh vegetables: potatoes 1:4.2; onions, carrots, and beets 1:6.2–6.4. The ratios in prepared dishes are virtually identical. In organized meals, dried vegetables, when properly reconstituted, can serve as a complete alternative to fresh ones.

Keywords: dried vegetables, infrared drying, convective drying, nutritional value, vitamin C, recipe substitution, organized food service

For citation: Khramova V.N., Khrapova E.V., Bespalov I.V., Kumysheva Yu.A. Comparative analysis of the nutritional value of vegetables preserved by convective and infrared drying methods using the example of onions, beetroot, carrots, and potatoes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):140–151. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-140-151

Введение. Обеспечение населения, в особенности организованных коллективов (детские сады, школы, объекты социального обслуживания), качественной овощной продукцией в течение всего календарного года является сложной логистической и технологической задачей. Анализ действующих норм в части детского питания и объектов социального обслуживания допускают включение в рацион овощей в разных агрегатных состоя-

ниях. Среднесуточные пищевые наборы для детей должны включать картофель; овощи свежие, замороженные или консервированные (СанПиН 2.3/2.4.3590-20). Под консервированными овощами понимают продукты переработки овощного сырья, сохранённые различными способами, включая термическую обработку (ГОСТ 28322-2014).

Сушёные овощи представляют собой продукты, высушенные путем термической обра-

ботки или воздушно-солнечной сушки и другими способами до достижения массовой доли влаги, обеспечивающей их сохранность (ГОСТ 32065-2013). Так как сушка является одним из способов консервации, сушёные овощи правомерно относятся к категории консервированных продуктов. Это позволяет использовать их в питании вместе с другими видами консервированной овощной продукции, включая организованное питание в детских и социальных учреждениях. В таком случае их использование не противоречит требованиям действующей нормативной документации.

В организациях социального обслуживания населения Волгоградской области регламентированы нормы овощей следующим образом: капуста белокочанная свежая, картофель, прочие овощи (Приказ Министерства труда и социальной защиты населения Волгоградской области №1356 от 10 сентября 2014 г. с изменениями на 3 сентября 2025 года). Таким образом, кроме капусты белокочанной в питании проживающих на объектах социального обслуживания допускаются сушёные овощи.

В настоящее время в открытом доступе коэффициенты восстановления овощей представлены сборниками рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Однако отсутствие научного обоснования сохранения их пищевой ценности для современных методов сушки создает риск некорректного проектирования рационов. Проблема усугубляется тем, что конвективная сушка, традиционно применяемая в пищевой промышленности, по данным российских и зарубежных исследователей, приводит к снижению содержания витамина С и каротиноидов до 70%. Это ставит под сомнение возможность полноценной рецептурной замены, что недопустимо в педиатрии и диетологии.

Вопросы влияния различных способов сушки на качество растительного сырья находятся в фокусе внимания мирового научного сообщества. Исследованиями последних лет установлено, что ультразвуковая и микроволновая предобработка способствует интенсификации процесса, однако влияние на биологически активные вещества неоднозначно [1]. Работа Ogrodowska и соавт. (2019) на примере редиса демонстрирует, что ин-

фракрасно-конвективная сушка позволяет сохранить общее содержание фенольных соединений значимо лучше, чем исключительно конвективная [2].

Установлено, что ИК-излучение определённой длины волны активно поглощается водой, но не поглощается тканью продукта, что позволяет удалять влагу при 40–60 °С. Это обеспечивает практически полное сохранение витаминов, цвета, вкуса и аромата. Глубина проникновения лучей достигает 15–20 мм. Нагрев внутренних слоёв идёт интенсивнее, чем при конвекции. Объём продукта уменьшается в 3–4 раза, масса – в 4–8 раз. Восстановленный продукт пригоден для любых видов кулинарной обработки [3].

В работе Onwude D. (2022) количественно оценено снижение содержания витамина С, каротиноидов и фенолов в сушёных фруктах и овощах. Установлено, что конвективная сушка приводит к потерям витамина С до 90%, каротиноидов – до 6–65%, фенолов – до 11–81% по сравнению со свежим сырьём. Ключевой вывод: основная доля потерь обусловлена окислительной дегградацией в процессе сушки, тогда как варьирование параметров (температура, скорость потока, влажность) влияет незначительно. Изменение температуры на 20–40 °С даёт дополнительные потери на 9–15%. Сублимационная, вакуумная и микроволновая сушка обеспечивают несколько лучшее сохранение нутриентов, однако остаточное содержание витамина С и каротиноидов лишь на 30% выше, чем при конвекции. Таким образом, выбор режимов сушки целесообразно определять энергоэффективностью и органолептическими свойствами, а не стремлением максимизировать пищевую ценность, поскольку потери нутриентов неизбежны уже на этапе удаления влаги [4].

В работе Г. А. Купина с соавт. (2025) проведено комплексное исследование влияния параметров сушки и формы нарезки на качество кабачков. Сравнивалось два способа сушки – конвективная и инфракрасная (комбинированная) при температурах 55–70 °С. Образцы нарезались кружочками и кубиками после предварительной обработки электромагнитным полем. Установлено, что повышение температуры сокращает время сушки, однако наибольшая сохранность биологически активных веществ достигается в процессе

конвективной сушки при 55 °С. ИК-сушка показала более интенсивное разрушение нутриентов. Форма нарезки значимо влияет на режимы [5].

Мурашевым С. В. изучено влияние хранения и переработки на сохранность витамина С. Показано, что при хранении свежих овощей потери витамина С достигают 45–50% через 2–3 месяца, а к концу зимнего хранения 70–85%. При замораживании потери составляют 27–38% за 6–10 месяцев; при сушке сохраняется 25–55% витамина С (в зависимости от культуры). Корнеплоды сохраняют витамин С лучше листовых культур. Несмотря на потери при сушке, долгосрочная стабильность нутриентов в сушёных овощах выше, чем в свежих. Свежие овощи к моменту употребления зимой могут иметь пищевую ценность ниже, чем сушёные, хранившиеся тот же период, благодаря инактивации ферментов при снижении влажности [6].

Несмотря на обилие публикаций по листовым и плодовым овощам, наблюдается явный дефицит системных исследований применительно к столовым корнеплодам (свёкла, морковь) и стратегически важному картофелю. Исследований, сравнивающих конвективный и инфракрасный способы сушки овощей в рамках детского и социального питания, недостаточно. Именно эти две технологии являются наиболее востребованными и конкурентоспособными среди существующих. Их ключевое различие заключается в способе подвода тепловой энергии к продукту.

При конвективной сушке нагрев осуществляется за счёт циркуляции горячего воздуха (пара). Такой метод предполагает длительную обработку сырья при температурах в пределах 60–90 °С, что существенно увеличивает риск разрушения витаминов и других неустойчивых при нагреве соединений, а также может негативно сказаться на естественном цвете и аромате продукции. В то же время использование более щадящих температурных режимов способно улучшить конечные характеристики высушенных овощей.

Инфракрасная сушка, напротив, основана на проникающем действии электромагнитных волн, которые нагревают продукт изнутри, минуя интенсивный прогрев окружающей среды (достаточно диапазона 40–60 °С). Благодаря этому продолжительность обработки

заметно сокращается, а органолептические свойства сохраняются значительно лучше. Оба метода позволяют снизить влажность овощей до уровня 8–14%, что является основным барьером для развития микрофлоры и обеспечивает длительный срок хранения без применения химических консервантов. Это формирует научную лагуну, которую призвано восполнить настоящее исследование [7].

Мы предполагаем, что проведение сравнительного анализа химического состава свежих, конвективно-сушеных и ИК-сушеных овощей позволит выявить достоверные различия в степени деструкции термолабильных витаминов и биологически активных веществ. Если будет доказано, что при инфракрасной сушке (методе высокоинтенсивного подвода энергии без использования промежуточного теплоносителя) потери пищевой ценности ниже, чем при конвективной сушке, то это послужит научным основанием для модернизации таблиц замены продуктов в системе организованного питания и расширения ассортимента сушеных овощей.

Цель исследования – научно обосновать и экспериментально подтвердить, что современные методы сушки (инфракрасная) при соблюдении оптимальных технологических параметров не приводят к критической потере пищевой ценности овощей, обеспечивая продукт, пригодный для полной или частичной рецептурной замены свежего сырья в системах детского и социального питания.

Задачи исследования:

- 1) провести анализ отечественного и зарубежного опыта изучения влияния конвективной и инфракрасной сушки на качество овощной продукции;
- 2) определить инструментарий и разработать программу сравнительных лабораторных испытаний, включая выбор методов определения массовой доли влаги, витамина С, белков, жиров, углеводов;
- 3) выполнить экспериментальную оценку физико-химических показателей свежих и сушеных образцов;
- 4) провести математико-статистическую обработку результатов и рассчитать коэффициенты пищевой адекватности;
- 5) сравнить фактическую пищевую ценность сушёных овощей со свежими с учётом естественных потерь витаминов и минераль-

ных веществ, происходящих при длительном хранении свежей продукции (в том числе сезонных потерь в зимне-весенний период), и обосновать целесообразность рецептурной замены с использованием коэффициентов сохранности нутриентов.

Материалы, методы и объекты исследования. В работе использованы следующие методы: аналитический (контент-анализ научной литературы), экспериментальный (лабораторные методы), сравнительно-сопоставимый и математической статистики.

Объект исследования – корнеплоды столовой свёклы, моркови, репчатого лука и клубни картофеля урожая 2024 года, а также образцы, подвергнутые конвективной и инфракрасной сушке. Данные овощи были отобраны для проведения сравнительного анализа в репрезентативных условиях ввиду их широкого распространения в рационах и с учетом различий структурно-механических свойств, а также разного исходного содержания биологически активных веществ [8].

В качестве ключевого индикатора сохранности пищевой ценности был выбран витамин С, который является наиболее лабильным и чувствительным к внешним воздействиям. Его стабильность служит маркером степени шадящего воздействия технологического процесса [9–11]. Дополнительно в рамках исследования оценивалась сохранность макронутриентов – белков, жиров, углеводов, которые характеризуют базовую питательную ценность продукта, а также органолептические показатели восстановленных овощей и коэффициенты сохранности нутриентов.

Выбор свёклы, моркови, лука и картофеля обусловлен их базовой ролью в структуре питания населения РФ. Согласно нормам, картофель и овощи являются обязательным компонентом суточного рациона, причем суточные наборы для детей в зависимости от возрастной группы достигают 187 и 320 г соответственно (СанПиН 2.3/2.4.3590-20). В учреждениях социального обслуживания суточная норма картофеля доходит до 400 г, прочих овощей – до 270 г (Приказ Министерства труда и социальной защиты населения Волгоградской области №1356). Следовательно, стабильность состава именно этой группы продуктов критически важна. Подготовка сырья осуществлялась по единой технологии:

мойка, механическая очистка, нарезка на кубик 10×10 мм (картофель, свёкла, морковь) и соломка размером 3×25 мм (лук).

Образцы сушёных овощей были отобраны на различных предприятиях-производителях сушёной продукции. Конвективная сушка проводилась в производственных условиях на автоматизированной сушильной линии при двухступенчатом температурном режиме: в первый час температура пара составляла 80±5 °С, во второй час снижалась до 50±5 °С. Скорость потока воздуха поддерживалась на уровне 2 м/с. Сушка осуществлялась до достижения остаточной влажности 7–8%.

Инфракрасная сушка (ИКС) осуществлялась в промышленной ИК-сушильной установке при температуре в рабочей камере 55±2 °С, мощность излучения 0,7 кВт/м² в течение 1,5 часов до достижения аналогичного уровня остаточной влажности 7–8% [7].

Для обеспечения достоверности выборки каждая партия сушёных овощей была отобрана от трёх различных производственных циклов. Хранение образцов до момента анализа осуществлялось в соответствии с рекомендациями производителей: в герметичной упаковке при температуре не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не более 75% (ГОСТ 32065-2013).

Определение массовой доли белка выполняли классическим методом Кьельдаля. Суть подхода – перевести азот, входящий в состав аминокислот, в аммиак. Для этого пробу минерализовали, а затем количественно учитывали выделившийся аммиак. Массовую долю жира находили экстракцией в аппарате Сохлета: предварительно высушенный образец овощей многократно обрабатывали органическим растворителем, после чего растворитель отгоняли, а полученный жир высушивали до неизменной массы. Содержание углеводов определяли расчётным путём – из общей массы сухого остатка вычитали сумму массовых долей белка, жира и золы. Влажность устанавливали методом высушивания: навеску измельчённого продукта смешивали с песком и помещали в сушильный шкаф при температуре 103±2 °С до момента, когда масса переставала меняться. Концентрацию витамина С (аскорбиновой кислоты) измеряли йодометрическим титрованием, основанным на окислении кислоты йодом в кислой среде. Содерж-

жание витамина С рассчитывали по объёму рабочего раствора йода, пошедшего на титрование, руководствуясь методическими указаниями МУ 1-40/3805-91.

Результаты исследования. Для достижения цели исследования был проведён сравнительный анализ химического состава и пищевой ценности свежих овощей и образцов, подвергнутых конвективной и инфракрасной сушке. Все показатели для сушёных образцов пересчитаны с учётом коэффициента усушки и степени сохранности нутриентов, установленной в ходе анализа литературных данных.

Конвективная сушка приводит к более значительной деструкции термолабильных соединений. Сохранность витамина С при данном методе принята на уровне 45–50% от исходного содержания в пересчёте на сухое вещество. Инфракрасная сушка, обеспечивающая более щадящий режим, позволяет сохранить до 60% витамина С [2]. В таблице 1 представлены сравнительные данные по содержанию основных нутриентов в свежих и сушёных образцах.

Таблица 1. Сравнительная таблица по содержанию основных нутриентов в свежих и сушёных овощах
Table 1. Comparative table of the main nutrient content in fresh and dried vegetables

Показатель	Состояние	Лук репчатый	Морковь	Свёкла	Картофель
Белки, г	свежий	1,4	1,3	1,5	2
	конвективная сушка	9	8	9,7	8,5
	инфракрасная сушка	9,2	8,2	9,9	8,6
Жиры, г	свежий	0,2	0,1	0,1	0,4
	конвективная сушка	1,3	0,6	0,7	1,7
	инфракрасная сушка	1,3	0,6	0,7	1,7
Углеводы, г	свежий	8,2	6,9	8,8	16,3
	конвективная сушка	52,7	42,6	56,9	69,3
	инфракрасная сушка	53,9	43,5	58,0	70,1
Энергетическая ценность, ккал	свежий	41	35	42	77
	конвективная сушка	259	208	271	327
	инфракрасная сушка	264	212	277	330
Витамин С, мг	свежий	10	5	10	20
	конвективная сушка	23,0	19,2	37,9	44,0
	инфракрасная сушка	32,9	25,0	48,3	60,5
Влажность, г	свежий	86	88	86	78,6
	конвективная сушка	5,9	8,9	8,1	7,5
	инфракрасная сушка	6,1	7,8	8,5	7,8

В процессе сушки за счёт удаления влаги происходит закономерное увеличение содержания белков, жиров и углеводов в пересчёте на 100 г продукта в 5–7 раз в зависимости от вида овоща. Различия между методами сушки по содержанию макронутриентов находятся в пределах погрешности (1–2%), что подтверждает их высокую термическую стабильность в исследованных режимах. Сумма влаги, белков, жиров и усвояемых углеводов в сушёных

образцах составляет 70–90 г в зависимости от вида овоща. Оставшаяся часть (10–30 г) приходится на пищевые волокна, золу и другие неучтённые компоненты (органические кислоты и др.), что соответствует природе растительного сырья и не противоречит физико-химическим закономерностям. С увеличением доли сухих веществ в обезвоженных овощах закономерно повышается их калорийность и энергетическая ценность. Чтобы кор-

ректно оценить, как разные способы сушки влияют на сохранность аскорбиновой кислоты, необходимо пересчитать её содержание в готовых сушёных образцах на исходное свежее сырьё. При этом учитывалась реальная

остаточная влажность продукта. Данные в таблице 2 приведены в пересчёте на первоначальную влажность. Они показывают, сколько витамина С останется в 100 г сушёного продукта после восстановления.

Таблица 2. Изменение содержание витамина С в процессе сушки овощей
Table 2. Changes in vitamin C content during the vegetable drying process

Показатель	Состояние	Лук репчатый	Морковь	Свёкла	Картофель
Витамин С, мг	свежий	10	5	10	20
	конвективная сушка	4,8	2,4	5,1	11,4
	инфракрасная сушка	6,1	3,2	6,4	14,2

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы относительно реальной сохранности витамина С. Инфракрасный (ИК) способ сушки показал значительно лучшие результаты по сохранению аскорбиновой кислоты во всех изученных образцах по сравнению с конвективным. При ИК-обработке лука сохранность витамина С составила 61%, в то время как при классическом конвективном методе – лишь 48%. Для моркови эти значения равнялись 64 и 48% соответственно; для столовой свёклы 64 и 51%; для картофеля 71 и 57%.

Наиболее полно витамин С сохранён у картофеля (71% под воздействием инфракрасного излучения). Это может быть обусловлено его плотной текстурой относительно других овощей и более низким содержанием влаги (78,6%), что сокращает продолжительность нагрева. Свёкла, также обладающая достаточно плотной структурой, показала хороший результат (64%). Наибольшие потери при обоих вариантах сушки наблюдались у репчатого лука (диапазон 48–61%). Причина также может быть связана с его рыхлой структурой и высоким уровнем ферментов, которые активизируют окислительные процессы при повреждении тканей [11].

Для дальнейшего использования сушёных овощей в рамках социального питания необходимо рассчитать коэффициент восстановления, при котором питательная ценность готового продукта окажется максимально близка к свежему сырью. Данные расчёта коэффициентов и их соответствия по основным макронутриентам представлены в таблице 3.

Инфракрасная сушка демонстрирует несколько более высокие показатели абсолютного содержания нутриентов после восстановле-

ния, что обусловлено лучшей сохранностью исходных веществ. Однако при корректировке коэффициента восстановления оба метода позволяют достичь сопоставимых результатов по итоговому соответствию свежим овощам.

Для использования в рецептурах блюд рекомендуется применять усреднённые коэффициенты восстановления, представленные в таблице 4.

Коэффициент восстановления закономерно различается для разных видов овощей и определяется соотношением сухих веществ в свежем и сушёном продукте. Наименьший коэффициент отмечен у картофеля (4,2), что обусловлено его более высокой исходной плотностью и меньшей влажностью свежих клубней (78,6%). Для остальных овощей коэффициент варьируется в диапазоне 6,2–6,4.

При использовании рассчитанных коэффициентов восстановления содержание белков, жиров и углеводов в восстановленных овощах в большинстве случаев соответствует показателям свежих овощей с высокой точностью. Для картофеля достигнуто соответствие на 100–102%, для лука на 100–104%, для моркови 99–101%, для свёклы на 101–110%. Небольшие отклонения по жирам для моркови и свёклы связаны с их крайне низким исходным содержанием (0,1 г), что делает точное воспроизведение затруднительным, однако абсолютная погрешность остаётся незначительной.

В таблице 5 представлены результаты сравнительного анализа пищевой ценности двух блюд – каши гречневой с овощами и борща, приготовленных с использованием свежих и сушёных овощей. Сушёные овощи предварительно восстанавливались согласно рассчитанным коэффициентам гидратации (для лука, моркови, свёклы и картофеля).

Таблица 3. Результаты расчёта коэффициента восстановления сушёных овощей
Table 3. Results of calculating the rehydration coefficient of dried vegetables

Наименование	Показатель	Свежие	Вид сушки	Сушёные, г	После восстанов- ления, г	Соответст- вие, %
Лук репчатый	белки, г	1,4	конвекция	9,0	1,41	100,7
			инфракрасная	9,2	1,46	104,3
	жиры, г	0,2	конвекция	1,3	0,2	100
			инфракрасная	1,3	0,21	105
	углеводы, г	8,2	конвекция	52,7	8,23	100,4
			инфракрасная	53,9	8,56	104,4
Морковь	белки, г	1,3	конвекция	8,0	1,29	99,2
			инфракрасная	8,2	1,3	100
	жиры, г	0,1	конвекция	0,6	0,1	100
			инфракрасная	0,6	0,1	100
	углеводы, г	6,9	конвекция	42,6	6,87	99,6
			инфракрасная	43,5	6,9	100
Свёкла столовая	белки, г	1,5	конвекция	9,7	1,52	101,3
			инфракрасная	9,9	1,55	103,3
	жиры, г	0,1	конвекция	0,7	0,11	110
			инфракрасная	0,7	0,11	110
	углеводы, г	8,8	конвекция	56,9	8,89	101
			инфракрасная	58	9,06	103
Картофель	белки, г	2,0	конвекция	8,5	2,02	101
			инфракрасная	8,6	2,05	102,5
	жиры, г	0,4	конвекция	1,7	0,4	100
			инфракрасная	1,7	0,4	100
	углеводы, г	16,3	конвекция	69,3	16,5	101,2
			инфракрасная	70,1	16,69	102,4

Таблица 4. Сводная таблица по восстановлению и области применения сушёных овощей
Table 4. Summary table on rehydration and application area of dried vegetables

Наименование свежих овощей	Наименование сушёных овощей	Коэффициент восстановления	Область применения
Лук репчатый	Лук репчатый сушёный	1:6,3–6,4	В супах, соусах, тушёных блюдах
Морковь столовая	Морковь сушёная	1:6,2–6,3	В супах, соусах, тушёных блюдах
Свёкла столовая	Свёкла сушёная	1:6,4	В борщах и свекольниках
Картофель	Картофель сушёный	1:4,2	В супах-пюре, блюдах из отварного протёртого картофеля

Таблица 5. Пищевая ценность блюд со свежими и с сушёными овощами
Table 5. Nutritional value of dishes with fresh and dried vegetables

Наименование блюда	Каша гречневая с овощами		Борщ с овощами	
	свежими	сушёными	свежими	сушёными
Массовая доля белка, %	3,8	3,1	0,6	0,6
Массовая доля жира, %	5	5,2	1,7	1,8
Массовая доля углеводов, %	19,59	20,66	3,32	3,24
Массовая доля влаги, %	70,7	70,1	92,9	92,9
Массовая доля золы, %	0,91	0,94	1,48	1,46
Пищевая и энергетическая ценность, %	139	142	31	32

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы. В каше гречневой с овощами содержание белка в образце с сушёными овощами незначительно ниже (3,1% против 3,8%), что может быть связано с частичной потерей азотистых соединений при термической обработке в процессе сушки либо с особенностями распределения сухих веществ при восстановлении. Показатели жира (5,2% против 5,0%) и углеводов (20,66% против 19,59%) в образце с сушёными овощами несколько выше, что обусловлено более высокой концентрацией сухих веществ в исходном сушёном сырье и их полным переходом в блюдо. Энергетическая ценность блюда с сушёными овощами составила 142 ккал, что на 2 единицы выше, чем у блюда со свежими овощами (139 ккал) – это находится в пределах допустимой погрешности.

В борще с овощами содержание белка в обоих образцах идентично (0,6%), что свидетельствует о стабильности данной группы нутриентов при сушке и восстановлении. Незначительное увеличение массовой доли жира в образце с сушёными овощами (1,8% против 1,7%) может быть связано с более полным извлечением липидов из сушёного сырья в процессе варки. Содержание углеводов практически не различается (3,24% против 3,32%), что подтверждает высокую сохраняемость углеводного комплекса при сушке. Энергетическая ценность обоих образцов сопоставима (32 ккал и 31 ккал).

Заключение. Обзор доступных научных работ показал, что данные о том, какой способ сушки – конвекционный или инфракрасный – лучше сохраняет качество растительного сырья, часто противоречивы. Это доказывает необходимость отдельных исследований для каждого вида продукции, особенно для корнеплодов, которые являются основой рационов. Известно, что при длительном хранении свежие овощи теряют до половины витамина С уже через 2–3 месяца, а к концу зимы потери могут достигать 70–85%. Сушёные же овощи, напротив, сохраняют основные питательные элементы (макронутриенты) гораздо дольше, так как низкая влажность останавливает работу ферментов.

Результаты экспериментов подтвердили, что по количеству белков, жиров и углеводов сушёные овощи практически не уступа-

ют свежим. Выведенные в ходе работы коэффициенты позволяют восстановить исходный уровень этих нутриентов с точностью 99–110%. Для картофеля достигнуто соответствие на 100–102%, для лука на 100–104%, для моркови на 99–101%, для свёклы на 101–110%. Наибольшие отклонения по жирам для свёклы связаны с их крайне низким исходным содержанием (0,1 г) и не оказывают существенного влияния на общую адекватность рационов.

При пересчёте на исходную влажность содержание витамина С в образцах после ИК-сушки составило 6,1–14,2 мг/100 г против 4,8–11,4 мг/100 г после конвективной сушки, что подтверждает щадящий характер инфракрасного нагрева, однако полное сохранение этого лабильного витамина при любом методе сушки невозможно. Применение инфракрасной сушки позволяет минимизировать потери пищевой ценности овощей по сравнению с традиционной конвективной сушкой, однако следует учитывать, что наиболее термолабильные витамины (в частности, витамин С) неизбежно разрушаются в процессе удаления влаги. Тем не менее по содержанию основных макронутриентов сушёные овощи полностью сопоставимы со свежими. Это формирует научную базу для актуализации нормативно-технической документации (технические условия, рекомендации по замене продуктов) в системе социального и детского питания.

Рассчитаны практические коэффициенты восстановления, позволяющие при гидратации сушёных овощей получить продукт с макронутриентным составом, соответствующим свежим овощам. Для использования в рецептурах блюд рекомендованы следующие усреднённые коэффициенты восстановления: картофель 1:4,2; лук репчатый 1:6,3–6,4; морковь 1:6,2–6,3; свёкла 1:6,4. Область применения включает супы, соусы, тушёные блюда, борщи, свекольники, супы-пюре и блюда из отварного протёртого картофеля.

Экспериментально подтверждено, что при рассчитанных коэффициентах восстановления сушёные овощи обеспечивают получение готовых блюд с пищевой ценностью, сопоставимой с блюдами из свежих овощей. В каше гречневой с овощами содержание белка в образце с сушёными овощами составило 3,1% (против 3,8% в контроле), жира 5,2% (против

5,0%), углеводов 20,66% (против 19,59%). В борще с овощами содержание белка в обоих образцах идентично (0,6%), жира 1,8% против 1,7%, углеводов 3,24% против 3,32%. Энергетическая ценность обоих блюд сопоставима (142 ккал против 139 ккал для каши, 32 ккал против 31 ккал для борща), что находится в пределах допустимой погрешности.

Таким образом, результаты эксперимента подтверждают, что при корректно подобранных коэффициентах восстановления сушёные овощи обеспечивают получение готовых блюд с пищевой ценностью, сопоставимой с блюдами из свежих овощей. Небольшие отклонения по отдельным показателям находятся в пределах погрешности лабораторных ме-

тодов и не оказывают существенного влияния на общую адекватность рационов.

Использование данных коэффициентов позволяет гарантировать, что при замене свежих овощей на сушёные в рецептурах блюд их макронутриентный состав будет сохранён на требуемом уровне. Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением комбинированных методов, оценкой влияния различных режимов хранения на стабильность витаминного комплекса в сушёных корнеплодах, а также с разработкой специализированных рекомендаций для различных возрастных групп населения с учётом частичной потери термолабильных витаминов.

Список литературы

1. Changes of Radical Scavenging Activity and Polyphenols Content During Storage of Dried Apples / M. Nowacka, M. Dadan, A. Wiktor, D. Witrowa-Rajchert // *International Journal of Food Properties*. 2014. Vol. 17. No. 6. P. 1317–1331. DOI: 10.1080/10942912.2012.711408
2. The impact of different drying methods on quality of radish sprouts / A. Wiktor, M. Dadan, B. Francisco [et al.] // *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2019. No. 597. P. 41–51. DOI: 10.22630/ZPPNR.2019.597.11
3. Салмаханов Т. М., Усов А. В. Изучение процессов инфракрасной сушки овощей // *Холодильная техника и биотехнологии: сборник тезисов IV национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. С. 11–12. EDN: UFIEDQ
4. How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? / D. I. Onwude, K. Iranshahi, D. Rubinetti [et al.] // *Food and Bioproducts Processing*. 2022. Vol. 131. P. 176–187. DOI:10.1016/j.fbp.2021.11.005
5. Комплексное исследование влияния параметров сушки и формы нарезки на физико-химические и органолептические показатели кабачков / Г. А. Купин, Т. В. Першакова, А. А. Тягушева, Е. С. Семиряженко // *Вестник КрасГАУ*. 2025. № 6(219). С. 228–244. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-228-244. EDN: HQZHPI
6. Мурашев С. В. Изменение содержания аскорбиновой кислоты при хранении и переработке // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2015. № 41. С. 64–68. EDN: VVCVZT
7. Оценка эффективности сушки овощей / Э. Р. Батыршина, М. Ю. Карпухин, О. С. Горбунова, Л. М. Стахеева // *Право и управление*. 2024. № 12. С. 432–436. DOI: 10.24412/2224-9133-2024-12-432-436. EDN: RYWTWE
8. Анализ показателей качества сублимационных продуктов на примере лука и свеклы / У. Р. Кадиров, М. М. Арипов, Д. Юсупова, Ш. М. Маматов // *Universum: технические науки*. 2023. № 1-3 (106). С. 30–33. DOI: 10.32743/UniTech.2023.106.1.14859. EDN: GMIOHT
9. A Comparison of the Effects of Low-Temperature Vacuum Drying and Other Methods on Cauliflower's Nutritional-Functional Properties / A. Pasten, A. Vega-Galvez, E. Uribe [et al.] // *Processes*. 2024. Vol. 12. No. 8. P. 1629. DOI: 10.3390/pr12081629
10. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review / M. Hasan, A. Malik, S. Ali [et al.] // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019. Vol. 43. No. 12. P. 14280. DOI: 10.1111/jfpp.14280
11. Rojas Silva, Meliza Lindsay. Emerging technologies to improve food drying: ultrasound and ethanol on convective and infrared drying [thesis]. Piracicaba: University of São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2019. DOI: 10.11606/T.11.2020.tde-06032020-150533

References

1. Nowacka M., Dadan M., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D. Changes of Radical Scavenging Activity and Polyphenols Content During Storage of Dried Apples. *International Journal of Food Properties*. 2014;17(6):1317–1331. DOI: 10.1080/10942912.2012.711408
2. Wiktor A., Dadan M., Francisco B. [et al.]. The impact of different drying methods on quality of radish sprouts. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2019;(597):41–51. DOI: 10.22630/ZPPNR.2019.597.11
3. Salmakhanov T.M., Usov A.V. Study of processes of infrared drying of vegetables. *Holodil'naya tekhnika i biotekhnologii: sbornik tezisov IV nacional'noj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenykh* [Refrigeration engineering and biotechnology: collection of abstracts of the IV national conference of students, graduate students and young scientists]. Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2023. Pp. 11–12. (In Russ.). EDN: UFIEDQ
4. Onwude D.I., Iranshahi K., Rubineti D. [et al.] How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? *Food and Bioproducts Processing*. 2022;131:176–187. DOI: 10.1016/j.fbp.2021.11.005
5. Kupin G.A., Pershakova T.V., Tyagushcheva A.A., Semiryazhko E.S. Comprehensive study on drying parameters and cutting form influence on physicochemical and organoleptic indicators of zucchini. *Bulletin of KSAU*. 2025;(6):228–244. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-228-244
6. Murashev S.V. Izmenenie soderzhaniya askorbinovoj kisloty pri hranenii i pererabotke [Changes in the content of ascorbic acid during storage and processing]. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2015;(41):64–68. (In Russ.). EDN: VVCVZT
7. Batyrshina E.R., Karpukhin M.YU., Gorbunova O.S., Stakheeva L.M. Evaluation of the effectiveness of drying vegetables. *Law and Management*. 2024;(12):432–436. (In Russ.). DOI: 10.24412/2224-9133-2024-12-432-436. EDN: RYWTWE
8. Kadirov U.R., Aripov M.M., Yusupova D., Mamatov Sh.M. Analysis of quality indicators of freezing products on the example of onion and beet. *Universum: technical sciences*. 2023;1-3(106):30–33. (In Russ.). DOI: 10.32743/UniTech.2023.106.1.14859. EDN: GMIOHT
9. Pasten A., Vega-Galvez A., Uribe E. [et al.]. A Comparison of the Effects of Low-Temperature Vacuum Drying and Other Methods on Cauliflower's Nutritional–Functional Properties. *Processes*. 2024;12(8):1629. DOI: 10.3390/pr12081629
10. Hasan M., Malik A., Ali S. [et al.] Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019;43(12):14280. DOI: 10.1111/jfpp.14280
11. Rojas Silva, Meliza Lindsay. Emerging technologies to improve food drying: ultrasound and ethanol on convective and infrared drying [thesis]. Piracicaba: University of São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2019. DOI: 10.11606/T.11.2020.tde-06032020-150533

Сведения об авторах

Храмова Валентина Николаевна – доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 5483-6255

Храпова Екатерина Владимировна – соискатель кафедры технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Беспалов Игорь Валерьевич, аспирант кафедры технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 5961-0845

Кумышева Юлия Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2129-7939

Information about the authors

Valentina N. Khramova – Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Food Production Technology, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 5483-6255

Ekaterina V. Khrapova – Applicant of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University

Igor V. Bespalov – Postgraduate Student, of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 5961-0845

Yulia A. Kumysheva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2129-7939

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 15.05.2026;
одобрена после рецензирования 02.06.2026;
принята к публикации 09.06.2026.*

*The article was submitted 15.05.2026;
approved after reviewing 02.06.2026;
accepted for publication 09.06.2026.*

ЭКОНОМИКА

ECONOMY

Региональная и отраслевая экономика

Regional and Sectoral Economy

Научная статья

УДК 338.43:339.5

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-152-164

**Тревожные тенденции экспорта и импорта продовольственных товаров
и сельскохозяйственного сырья**

Эльдар Сафарович Баккуев^{✉1}, Мадина Николаевна Энеева²,
Мадина Шараповна Газаева³, Лариса Хабасовна Кунижева⁴

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>

²eneeva74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0425-7914>

³mtramova@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-8868-4309>

⁴abazova.lara@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5417-2543>

Аннотация. Внешняя торговля продовольственными товарами и сельскохозяйственным сырьем – важный фактор динамики сельского хозяйства и всей экономики. С одной стороны, она расширяет пространственно-национальное хозяйство, создавая своеобразную квазитерриторию, с другой стороны – осуществляет приток инвестиций в национальное хозяйство, формирует новые цепочки ценностей, интегрирует национальное сельское хозяйство в региональное и мировое. Внешняя торговля продовольственными товарами и сельскохозяйственным сырьем – один из наиболее динамично развивающихся секторов национального хозяйства. В то же время, несмотря на то, что в последние годы наблюдается положительное сальдо торгового баланса, все еще остаются товарные позиции, по которым страна зависит от импорта. Авторами проводится анализ динамики экспортно-импортных операций, выявляются ключевые дисбалансы, такие как рост импортозависимости по критически важным категориям товаров при одновременном снижении конкурентоспособности ряда отечественных экспортных позиций. В работе обосновывается, что сложившиеся тревожные тенденции (диспаритет цен, усиление санкционного давления, деградация логистических коридоров) требуют корректировки государственной аграрной и внешнеторговой политики. Кроме того, большую долю экспорта занимают так называемые сырьевые продукты – зерно, мясо и т. д.

Ключевые слова: сельское хозяйство, внешняя торговля сельхозпродукцией, экспорт, импорт, цены, продуктовые и рыночные тенденции

Для цитирования: Баккуев Э. С., Энеева М. Н., Газаева М. Ш., Кунижева Л. Х. Тревожные тенденции экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 152–164. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-152-164

Original article

Alarming trends in the export and import of food products and agricultural raw materials

Eldar S. Bakkuev^{✉1}, Madina N. Eneeva², Madina Sh. Gazeeva³, Larisa Kh. Kunizheva⁴

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

^{✉1}bakkuev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2175-6619>

²eneeva74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0425-7914>

³mtramova@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-8868-4309>

⁴abazova.lara@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5417-2543>

Abstract. Foreign trade in food products and agricultural raw materials is a key driver of agricultural growth and the overall economy. On the one hand, it expands the spatial and national economy, creating a kind of quasi-territory. On the other hand, it attracts investment into the national economy, creates new value chains, and integrates national agriculture into regional and global economies. Foreign trade in food products and agricultural raw materials is one of the most dynamically developing sectors of the national economy. At the same time, despite a positive trade balance in recent years, the country remains dependent on imports for certain commodities. The authors analyze the dynamics of export-import transactions, identifying key imbalances, such as increasing import dependence for critical product categories while simultaneously reducing the competitiveness of a number of domestic export products. The paper argues that current alarming trends (price disparities, increased sanctions pressure, and the deterioration of logistics corridors) require adjustments to state agricultural and foreign trade policies. Moreover, a large share of exports is made up of so-called raw materials-grain, meat, etc.

Keywords: agriculture, foreign trade in agricultural products, export, import, prices, food and market trends

For citation: Bakkuev E.S., Eneyeva M.N., Gazeeva M.Sh., Kunizheva L.Kh. Alarming trends in the export and import of food products and agricultural raw materials. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2026;2(52):152–164. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-152-164

Введение. Внешняя торговля продовольственными товарами и сельскохозяйственным сырьем является важнейшим направлением экономического развития национальных хозяйств. Причем ее развитие связано не только с так называемой аграрной направленностью национального хозяйства, но также с его индустриализацией, сервизацией и инновативностью. Как правило, аграрные экономики выступают контрагентами сельскохозяйственного сырья и товаров в силу того, что не производят конкурентоспособной промышленной продукции или услуг.

При этом в силу климатических и иных природных условий, а также так называемого международного разделения труда аграрные страны экспортируют сельскохозяйственную продукцию, взамен получая необходимые промышленные товары и услуги. Но экспор-

тируют сельскохозяйственные продукты не только аграрные или развивающиеся страны, но и развитые индустриальные, причем доля последних во внешней торговле оказывается даже выше, чем первых. Причина последнего не только в том, что развитые страны экспортируют сельскохозяйственную продукцию, выращенную у себя, но и ту, которую приобретают у аграрных (развивающихся) стран. Правда, при этом аграрная продукция первых и вторых по своей стоимости (а также и потребительской стоимости) кардинально различаются. Развитые страны вывозят сельскохозяйственную продукцию, прошедшую глубокую переработку и превратившуюся, как правило, в готовую продукцию (иногда полуфабрикатной формы, но никогда – сельскохозяйственное сырье).

Развитые страны создали в своих национальных хозяйствах развитые аграрные сектора, оснащенные совершенными техникой, технологиями, научными разработками, маркетингом и менеджментом, а производимая их сельским хозяйством продукция давно икратно превосходит внутренние потребности. Поэтому они активно проектируют под себя зарубежные агропродовольственные рынки, причем не только (а в отдельных секторах и сегмента даже не столько) с точки зрения конечного потребителя, сколько производителя. Все это делается прямо (через крупные национальные и транснациональные компании) и косвенно (через международные институты, предоставление кредитов и т.д.). Таким образом, в мире сформировалась новая модель национальной и мировой агросферы.

Цель исследования. Внешняя торговля агропродовольственной продукцией должна быть направлена не на «выкачивание» ресурсов из страны (за счет интенсификации традиционных технологий выращивания продукции, эксплуатации земли, рабочей силы и др. естественных ресурсов), а на модернизацию сельского хозяйства, для чего необходимо формирование новой экспортно-импортной модели национального сельского хозяйства, учитывающей не только внешнюю (региональную и мировую) агропродовольственную конъюнктуру, но в первую очередь – состояние и развитие своего сельского хозяйства.

Целью представленного исследования является решение данной проблемы, которая требует выявления, формализации, квантификации и прогнозирования основных динамических и структурных тенденций, систематизации проблем и мер их разрешения в экспорте и импорте сельскохозяйственных продуктов.

Методологическая и методическая основа исследования. Методологическую основу внешней торговли составляет принцип сравнительного преимущества Д. Рикардо [1], дополненный новыми положениями в теореме Хекшера – Олина – Самуэльсона [2] и предложениями М. Портера [3]. Таким образом, на сегодня оформилась вполне удовлетворительная теория и методология внешней торговли, которая позволяет, во-первых, проводить корректный анализ событий и статистических данных, во-вторых, выявлять тен-

денции, давать их интерпретацию, и, в-третьих, разрабатывать мероприятия по повышению эффективности внешней торговли в национальной экономике.

Различным аспектам внешней торговли сельскохозяйственной продукцией большое внимание уделяется в отечественной литературе. В частности, вопросы государственного регулирования и господдержки экспорта продовольствия и сельхозпродукции удовлетворительно освещены в работах С. Беляева, В. Мазлоева, О. Хайрулина [4]. Вопросы транспортно-логистической инфраструктуры обстоятельно исследованы Д. Зюкиным, К. Бородиным [5].

Исследование факторов, влияющих на формирование экспорта и импорта сельхозпродуктов, является центральной проблемой в работах С. Никитиной, Ю. Чистякова, Н. Медведева [6] и др. Важным направлением отечественных исследований является изучение влияния внешней торговли на динамику национального хозяйства.

Большой сегмент исследований составляет так называемый «статистический анализ» состояния внешней торговли, который проведен Н. Чебановой [7]. Ценовому аспекту посвящено комплексное исследование академиков экономистов-аграрников И. Ушачева с соавторами [8]. Большое внимание уделяется исследованию экспорта и импорта конкретных видов сельхозпродукции – зерна, мяса, молочной продукции, овощей, плодов и т.д., что нашло отражение в исследованиях Д. Зюкина, Н. Банниковой, Д. Бурдель и др.

Перечисленные исследования носят преимущественно прикладной характер, отличаются привязанностью не только к конкретному национальному сельскому хозяйству и времени, товарам и товарным группам, но также и институциональной среде. Они не разбирают существующие противоречия ни в теории, ни на практике; чаще всего лишь констатируют состояние. Не обнаружено также принципиально новых положений методического характера; чаще всего используют два методических подхода, содержащихся в так называемых «гравитационных моделях» и «внешнеторговом мультипликаторе». Наиболее ценным, с нашей точки зрения, является аспект, связанный с формированием новых рынков экспорта отечественной сельхозпро-

дукции (так называемых рынков стран дальнего зарубежья, БРИКС), а также особенности «старых» рынков (в частности общих рынков Союзного государства России, Белоруссии, СНГ, ЕАЭС). В последнем, на наш взгляд, заключается неповторимый опыт формирования не только новых коммуникаций и трафиков (механизма борьбы за новые и удержание позиций на старых рынках), но и формирование новой модели внешней торговли сельскохозяйственной продукцией в современной России.

Результаты исследования. В индустриальном обществе существовала догма, согласно которой, если во внешней торговле (экспорте) доминирует сельскохозяйственная и сырьевая продукция, то это признак неразвитых экономик. Развитые экономики экспортируют промышленную продукцию: станки, машины, оборудование, технологии и т.д., а неразвитые – сельскохозяйственную продукцию, сырье, материалы и т.п. Первые делают это с целью экспансии, вторые – чтобы выживать. Однако практика XX века (не говоря уже о более глубокой истории) свидетельствует о недостаточной корректности приведенного утверждения.

Во-первых, не всякая сельскохозяйственная продукция свидетельствует об отсталости национального хозяйства. Во-вторых, объемы, структура, интенсивность и география экспорта сельскохозяйственной продукции и сырья свидетельствуют об уровне развития экономики, т. е. важно не то, что экспортируется, а как оно произведено, с помощью каких технологий, и каков в целом технологический уровень производства продукции. В-третьих, ценность внешней торговли – не в вывозе или ввозе продукции, а в формировании цепочек ценностей и технологических цепочек, обеспечивающих связь национального хозяйства с мировым хозяйством; его место в системе цепочек ценностей. Внешняя торговля (экспорт и импорт) призвана расширять пространство национальной экономики за счет экстерриториальной экспансии.

Согласно расчетам (табл. 1), корреляция между ВПСХ и экспортом продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья за период 2000–2021 гг. составляла +0,477, что свидетельствует о невысокой силе взаимосвязи между параметрами. Кстати, с им-

портом ВПСХ коррелировал сильнее (+0,958), а корреляция между экспортом и импортом продовольствия и сельскохозяйственного сырья составила ничтожную величину (+0,276). Таким образом, формально внешняя торговля, и в частности экспорт, не сильно влияла на динамику ВПСХ.

Однако разбивка периода на десятилетия показывает иное соотношение. В частности, в первое десятилетие (2000–2010 гг.) корреляция между ВПСХ и экспортом продовольственных товаров и сельхозпродукции составляла +0,972, а в период 2010–2020 гг. – 0,208, т.е. отрицательная и ничтожная. Зато за период 2015–2021 гг. она вновь выросла до +0,873. На этом фоне корреляция ВПСХ с импортом составила за период 2010–2020 гг. +0,914, а в 2015–2021 гг. +0,947. Между собой экспорт и импорт коррелировали в 2010–2020 гг. с силой –0,452, а в период 2015–2021 гг. +0,935. Таким образом, в пятилетнем интервале наблюдается более сильная корреляция между ВПСХ и экспортом, импортом продовольствия и сельхозсырья. Противоречивость выявленных тенденций требует более детального анализа как в динамическом, так и структурном (пространственном, товарном, ценовом и т. д.) аспекте.

Согласно данным таблицы 2, в 2000-е годы наблюдается опережающий рост экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья (кроме текстильного). Так, если в 2000 г. объем экспорта данной группы товаров составлял чуть более 1,6 млн долл., то в 2021 г. – уже почти 36,0 млрд долл., т.е. прирост за два десятка лет составил более чем 22 раза. Но главное даже не это, а то, что вырос удельный вес данной группы товаров в общем объеме экспорта; если в 2000 г. доля данной группы товаров в общем объеме экспорта составляла всего 1,6%, то в 2020 г. 8,8%. Доля продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья оказалась выше, чем экспорт машин, оборудования и транспортных средств (7,5%), продукции химической промышленности, каучука (7,1%), древесины и целлюлозно-бумажных изделий (3,7%) и др., уступая лишь объему минеральных продуктов, металлам, драгоценным камням и изделиям из них. Таким образом, экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья прочно занимает третью позицию в общей структуре экспорта России.

Таблица 1. Динамика ВПСХ (в рублях и дол. США), экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, а также их соотношения за период 2000–2021 гг.

Table 1. Dynamics of gross agricultural output (in rubles and US dollars), exports and imports of food products and agricultural raw materials, as well as their ratios for the period 2000–2021

Показатели	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 к 2000 гг. в размах
ВПСХ, млрд руб.	742,4	2587,8	5165,7	5112,3	5109,5	5348,8	5801,4	6468,8	7710,3	10,4
ВПСХ в дол. США; млрд дол.	26,4	85,2	85,2	76,4	87,6	85,5	89,6	89,9	104,7	4,0
Экспорт: всего	1,623	8,755	16,209	17,075	20,728	24,921	24,837	29,653	35,965	22,2
Импорт: всего	7,384	36,398	26,584	25,072	28,952	29,736	29,969	29,767	34,042	4,6
Доля экспорта продовольственных и сельхозсырья в ВПСХ, рассчитанных в дол. США	0,06	0,10	0,19	0,22	0,24	0,29	0,28	0,33	0,34	5,6
Доля импорта продовольственных и сельхозсырья в ВПСХ, рассчитанных в дол. США	0,28	0,43	0,31	0,33	0,33	0,35	0,33	0,33	0,33	1,2
Соотношение экспорта и импорта (доля экспорта в импорте); в %	22,0	24,1	61,0	68,1	71,6	83,8	82,9	99,6	105,6	4,8

* Таблица рассчитана на основании данных Россия в цифрах. Крат. стат. сб./Росстат, за соответствующие годы.

Таблица 2. Динамика экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья (кроме текстильного) в фактически действовавших ценах; 2000–2021 гг.

Table 2. Dynamics of exports and imports of food products and agricultural raw materials (except textiles) at current prices; 2000–2021

Показатели	2000 г.		2010 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу	млн долл. США	в % к итогу
ВПСХ, млрд руб.	742,4		2587,8		5165,7		5112,3		5109,5		5348,8		5801,4		6468,8		7710,3	
Среднегодовой курс рубля в дол.	28,13		30,36		60,66		66,90		58,33		62,54		64,73		71,94		73,65	
ВПСХ в дол. США; млрд дол.	26,4		85,2		85,2		76,4		87,6		85,5		89,6		89,9		104,7	
Экспорт: всего	1623	1,6	8755	2,2	16209	4,7	17075	6,0	20728	5,8	24921	5,5	24837	5,9	29653	8,8	35965	7,3
В т.ч.																		
В страны СНГ	739	5,3	2771	4,6	4258	9,5	4200	11,1	4884	10,1	5039	9,2	5947	11,0	6649	13,7	8190	12,6
В государства-члены ЕАЭС			1970	6,5	2422	8,5	2490	9,6	2961	8,8	3286	8,6	3769	9,8	4071	12,2	5327	11,7
В страны дальнего зарубежья	884	1,0	5984	1,8	11951	4,0	12875	5,2	15844	5,1	19882	5,0	18890	5,1	23004	8,0	27776	6,5
Импорт: всего	7384	21,8	36398	15,9	26584	14,5	25072	13,7	28952	12,7	29736	12,5	29969	12,3	29767	12,8	34042	11,6
В т.ч.																		
В страны СНГ	2072	17,9	6152	19,4	4380	20,8	4640	23,4	5612	22,5	5926	22,4	6292	22,8	6316	25,2	7014	22,3
В государства-члены ЕАЭС			3135	20,9	3626	26,0	3915	27,9	4593	25,7	4806	25,8	5139	25,6	5040	27,1	5606	23,5
В страны дальнего зарубежья	5312	23,8	30246	15,3	22204	13,7	20432	12,6	23340	11,5	23810	11,2	23676	10,9	23450	11,3	27028	10,3

* Таблица составлена на основании данных Россия в цифрах. Крат. стат. сб./Росстат, за соответствующие годы.

Отмеченная структурно-динамическая тенденция проявилась также и в пространственно-динамической. Данные статистики демонстрируют растущую долю экспорта и относительную стабильность доли импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в ВПСХ. Наблюдается ускоренный рост экспорта и снижение импорта.

Обобщение приведенных данных позволяет высказать ряд суждений. *Первое* – с 2010 г. в динамике экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья наблюдаются противоположные тенденции: рост объема экспорта и снижение объема импорта, причем темпы роста экспорта имеют более высокий уровень, чем импорта. *Второе* – соотношение между экспортом и импортом продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья проявляет тенденцию в пользу экспорта.

По-видимому, эта тенденция – опережающий рост экспорта над импортом продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья – становится устойчивой, т.е. положительное сальдо торгового баланса в этой группе товаров. *Третье* – накладка выявленных статистических тенденций на политические и социально-экономические события описанного периода позволяет увязать их, во-первых, с политическими событиями 2014 г. и последующих до 2022 г., когда были приняты ответные меры в отношении стран, введших ограничительные меры против «российских юридических и (или) физических лиц», содержащие перечень сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, запрещенных к ввозу в РФ. Запрет ввоза в Россию с 2014 г. касается «отдельных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, страной происхождения которых является государство, принявшее решение о введении экономических санкций в отношении российских юридических и (или) физических лиц или присоединившееся к такому решению».

Полагаем, что именно эти политические события стали ключевым фактором, приведшим к резким кардинальным изменениям в экспортно-импортной политике России в области продовольствия и сельскохозяйственного сырья. Сами по себе эти меры (от указов президента и постановлений правительства

до решений министерств и ведомств) лишь ускорили и, возможно, несколько изменили общий дизайн экспортно-импортной стратегии, но в целом они лежат в русле принятых ранее продовольственной доктрины и др. институциональных элементов системы продовольственной (и более широкой) безопасности (суверенитета) страны.

В связи с выявленными статистическими тенденциями макроэкономического характера заслуживает внимания их выражение на продуктовом уровне, где, кстати, выяснится, насколько самостоятельный характер имеют указанные меры «российского продовольственного эмбарго», с одной стороны, и как формируются макроэкономические тенденции экспортно-импортной политики в области продовольствия и сельского хозяйства, какие долгосрочные тенденции они оформляют и в чем их значимость для развития национально-сельского хозяйства – с другой стороны.

Официальные данные указывают на то, что в период с 2010 по 2021 гг. объем экспорта мяса (мясо свежее и замороженное) в физическом выражении вырос в 540 раз – с 0,3 тыс. т в 2010 г. до 162 тыс. т в 2021 г. Экспорт мяса птицы (свежей и замороженной) вырос за это время в 372 раза – с 18,5 тыс. т в 2010 г. до 305 тыс. т в 2021 г., в связи с чем возникает вопрос, за счет чего произошел этот рост, и как он отразился на внутреннем рынке? Для этого сопоставим объем производства соответствующих продуктов (скот и птица на убой в убойном весе) с объемом экспорта. Соотношение по мясу показало, что в 2010 г. всего 0,01% произведенного скота на убой направлялось на экспорт. В 2020 г. эта величина выросла до 2,24%, а в 2021 г. – до 2,58%.

Таким образом, наблюдается рост экспорта мяса и рост удельного веса экспорта мяса в производстве скота на убой. Правда, эта величина не превышает 3,0%. Если же ее сопоставить с величиной роста скота на убой, которая выросла за период с 2000 по 2021 гг. почти в 4 раза, то очевидно, что второе опережает первое. Что же касается мяса птицы, то здесь ситуация заметно иная. Во-первых, если объем производства птицы на убой (в убойном весе) за 2010–2021 гг. вырос в 1,8 раза, то экспорт данной продукции вырос в 9,2 раза. Во-вторых, доля экспорта мяса птицы в производстве птицы на убой выросла с

0,6% в 2010 г. до 6,0% в 2021 г., т. е. росла более высокими темпами, чем доля экспорта мяса в производстве скота на убой, причем это соотношение двукратное.

По-видимому, приведенные изменения в росте объема экспорта мяса и птицы не привели к негативным изменениям на внутреннем потребительском рынке в силу ничтожно малой доли их в производстве скота и птицы на убой (впрочем, отдельные колебания цен

на внутреннем рынке позволяют скорректировать данное утверждение). Зато польза от растущего экспорта – получение валютных средств.

В связи с последним заслуживает внимания география экспорта данной продукции, т.е. ответ на вопрос, на какой рынок – СНГ или дальше зарубежье – поставляется выращенное нашими хозяйствами мясо и птица (табл. 3).

Таблица 3. Доля экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в страны СНГ в общем объеме экспорта данной группы товаров в физическом объеме и по стоимости

Table 3. Share of exports of food products and agricultural raw materials to the countries of the Commonwealth of Independent States in the total volume of exports of this group of goods in physical volume and by value

Продукция	Физический объем				Стоимость, млн долл. США			
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.
Мясо свежее и замороженное (без мяса птицы)	66,7	92,4	46,6	44,2	66,7	98,4	38,8	35,1
Мясо птицы свежее и замороженное	10,8	82,4	36,8	33,4	20,3	90,4	26,2	26,2
Рыба свежая и мороженая	1,8	3,4	4,2	5,1	1,6	2,2	3,4	3,6
Ракообразные и моллюски	4,2	3,1	4,0	4,3	1,9	1,0	1,1	0,9
Молоко и сливки, несгущенные	76,8	91,2	93,4	89,1	77,2	89,0	92,8	87,9
Молоко и сливки, сгущенные	93,7	95,2	93,9	92,2	91,8	94,8	94,3	89,5
Сливочное масло	93,8	90,9	90,6	88,9	91,5	89,8	88,0	87,6
Картофель свежий или охлажденный	98,6	99,4	98,8	98,6	96,8	98,8	98,0	94,6
Горох сушеный	11,8	2,3	3,5	5,2	15,8	3,1	3,7	5,5
Злаки	3,9	6,3	6,1	7,5	5,3	7,5	5,8	6,9
из них:								
пшеница и меслин	3,2	7,2	6,6	10,1	3,5	7,4	6,1	9,1
ячмень	2,8	1,2	5,9	7,0	2,9	1,3	5,4	6,6
кукуруза	27,1	5,9	5,3	3,6	32,5	6,4	6,4	3,8
Мука пшеничная или пшенично-ржаная	35,3	33,8	38,5	39,4	40,2	37,8	37,6	39,1
Крупа	85,6	78,8	79,3	83,5	82,0	79,1	76,5	81,1
Масло подсолнечное, сафлоровое или хлопковое и их фракции	55,8	29,6	19,7	20,2	43,2	32,7	22,7	21,6
Готовые или консервированные продукты из мяса	87,0	83,8	86,4	86,2	88,2	85,0	81,4	83,1
Готовая или консервированная рыба	94,2	90,4	94,0	89,7	87,2	78,6	90,4	75,6
Сахар белый	94,7	49,3	87,1	97,8	92,6	43,1	87,6	97,6
Макаронные изделия	91,1	83,7	78,5	79,1	90,0	88,9	83,2	83,1
Алкогольные и безалкогольные напитки					62,8	55,3	58,1	63,9
из них водка	30,2	25,8	28,8	31,1	29,5	20,5	20,2	24,3
Сигары и сигареты					88,9	76,7	65,3	58,1

* Таблица составлена на основании данных Россия в цифрах. Крат. стат. сб./Росстат, за соответствующие годы.

Что касается территориального распределения российского экспорта продовольствия и сельскохозяйственного сырья, то оно, во-первых, неравномерно как внутри товаров

данной группы, так и по периоду, во-вторых, имеет вариации как в первом, так и во втором случае, которые регулируются, по-видимому, и товарами, и ценами на товары, и логистикой.

Если учесть, что смещение географии происхождения как в физическом объеме, так и в стоимостном, можно говорить о появлении новой пространственной тенденции для российского экспорта мяса (и животных, и птицы). Но если сравнить пропорции в физическом объеме и по стоимости, то новый зарубежный рынок не столь выигрышный, как прежний рынок СНГ.

Ранжирование продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья российского экспорта позволяет выделить следующие особенности: *первая* – в 2010 г. доминирующее положение в экспорте занимали злаки, на долю которых приходится свыше трети (от 27,6% в 2010 г. до 34,9% в 2015 г.) всего экспорта; второе место в экспорте занимает рыба свежая и мороженая в связи с высокой вари-

цией – в 2010 г. доля составляла 27,1%, а в 2021 г. – только 10,2%; *вторая* – экспорт таких товаров, как водка, макаронные изделия, мука пшеничная, молоко и сливки (сгущенные и несгущенные), картофель, сливочное масло в физическом объеме рос, тогда как в стоимостном выражении (в долларах США) их доля в общем объеме экспорта снижалась либо оставалась на прежнем уровне. Причину последнего нужно видеть не только (и, по-видимому, не столько) в снижении цен на эти товары, сколько в отставании темпов роста их экспорта от темпов роста экспорта по всей группе продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья. Важной составной частью внешней торговли выступает импорт (табл. 4).

Таблица 4. Импорт основных товаров по группе «продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного)»

Table 4. Imports of major goods in the group "Food products and agricultural raw materials (except textiles)"

	Количество					Стоимость, млн долл. США				
	2010	2015	2020	2021	2021 к 2010 гг. в %	2010	2015	2020	2021	2021 к 2010 гг. в %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Мясо свежее и замороженное (без мяса птицы), тыс. т	1614	747	269	223	13,8	4725	2481	954	893	18,9
Мясо птицы свежее и замороженное, тыс. т	688	255	229	242	35,2	940	365	320	412	43,8
Рыба свежая и мороженая, тыс. т	792	401	395	434	54,8	1691	1028	1122	1330	78,7
Ракообразные и моллюски, тыс. т	83,4	47,4	73,0	112	134,3	275	205	365	567	206,2
Молоко и сливки, несгущенные, тыс. т	190	256	264	214	112,6	144	177	198	183	127,1
Молоко и сливки, сгущенные, тыс. т	238	205	147	131	55,0	651	421	328	336	51,6
Сливочное масло, прочие жиры и молочные пасты, тыс. т	134	95,9	134	126	94,0	504	311	601	599	118,8
из них сливочное масло	108	89,9	112	112	103,7	389	286	499	529	136,0
Картофель свежий или охлажденный, тыс. т	711	553	317	546	76,8	292	257	126	222	76,0
Томаты свежие или охлажденные, тыс. т	717	668	467	427	59,6	793	679	525	483	60,9
Лук, чеснок и прочие луковичные овощи, свежие или охлажденные, тыс. т	633	320	291	214	33,8	238	191	178	130	54,6
Горох сушеный, тыс. т	10,3	10,3	13,0	6,5	63,1	9,7	8,7	10,2	7,7	79,4
Бананы, включая плантайны, свежие или сушеные, тыс. т	1069	1227	1516	1460	136,6	704	910	1117	1080	153,4
Цитрусовые плоды, свежие или сушеные, тыс. т	1491	1552	1668	1701	114,1	1280	1202	1251	1271	99,3

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Виноград свежий, тыс. т	409	256	319	397	97,1	576	283	361	455	79,0
Яблоки свежие, тыс. т	1206	892	641	616	51,1	669	387	477	478	71,4
Кофе, тыс. т	102	157	231	244	239,2	333	511	652	787	236,3
Чай, тыс. т	182	173	152	155	85,2	563	638	414	436	77,4
Злаки, тыс. т	444	765	601	362	81,5	232	336	331	269	115,9
из них:										
пшеница и меслин	75,9	434	193	123	162,1	12,1	79,3	45,7	49,2	406,6
ячмень	103	48,3	49,0	6,2	6,0	32,0	6,2	7,5	1,9	5,9
кукуруза	36,5	43,8	51,3	35,0	95,9	62,0	146	134	111	179,0
Мука пшеничная или пшенично-ржаная, тыс. т	11,4	25,3	41,3	48,9	428,9	4,3	7,3	14,9	18,5	430,2
Крупа, тыс. т	28,8	4,8	6,8	19,3	67,0	10,3	2,2	3,2	9,0	87,4
Масла растительные, тыс. т	963	1011	1364	1478	153,5	1078	841	1191	1872	173,7
из них:										
масло соевое и его фракции	20,0	1,3	63,4	49,9	249,5	22,3	1,4	49,4	59,0	264,6
масло пальмовое и его фракции	656	889	1025	1100	167,7	666	642	793	1272	191,0
масло подсолнечное, сафлоровое или хлопковое и их фракции	114	3,4	1,3	1,4	1,2	119	3,8	1,5	1,6	1,3
масло кокосовое (копровое), пальмоядровое или масло бабасу и их фракции	138	91,2	99,1	127	92,0	164	112	98,2	202	123,2
Готовые или консервированные продукты из мяса, тыс. т	41,3	19,1	19,5	22,3	54,0	175	71,5	72,9	80,5	46,0
Готовая или консервированная рыба, тыс. т	94,2	79,4	79,8	83,0	88,1	201	187	285	330	164,2
Сахар-сырец, тыс. т	2086	507	7,8	9,4	0,5	1159	191	4,6	6,0	0,5
Сахар белый, тыс. т	285	445	169	151	53,0	213	162	62,8	84,1	39,5
Какао-бобы, тыс. т	54,4	45,3	69,9	67,5	124,1	212	157	211	215	101,4
Шоколад и проч. готовые пищевые продукты, содержащие какао, тыс. т	160	72,1	126	145	90,6	635	348	546	644	101,4
Макаронные изделия, тыс. т	58,5	57,8	83,3	84,3	144,1	77,0	70,2	102	126	163,6
Фруктовые и овощные соки, тыс. т	278	170	163	184	66,2	394	268	263	305	77,4
Пиво солодовое, тыс. дкл	30834	12600	42960	9747	161,3	182	113	369	415	228,0
Вина виноградные, тыс. дкл	55148	39135	35431	37534	68,1	825	688	1093	1252	151,8
Крепкие спиртные напитки (кроме водки), тыс. дкл 100% спирта	4746	4931	6947	8683	183,0	843	672	923	1119	132,7
Водка, тыс. дкл 100% спирта	1769	481	966	1263	71,4	117	45,2	49,1	61,1	52,2
Табачное сырье, тыс. т	242	203	151	144	59,5	1033	953	627	608	58,9
Сигары и сигареты	–	–	–	–		128	108	53,4	87,8	68,6

* Таблица составлена на основании данных Россия в цифрах. Крат. стат. сб. / Росстат, за соответствующие годы.

Чтобы не было иллюзий относительно 2014 г. как поворотного во внешней торговле продовольственными товарами и сельскохо-

зяйственным сырьем, заметим, что снижение импорта мяса (мясо свежее и мороженное, без мяса птицы) происходит с 2011 г., и к 2014 г.

импорт его по сравнению с 2010 г. (пиковым) снизился почти на 37%. Эта же тенденция наблюдается по рыбе, маслу подсолнечному и др. продукциям растительного и животного происхождения.

Приведенные факты подтверждают высказанное ранее суждение о том, что формирование новой архитектуры внешней торговли продовольственными товарами и сельскохозяйственным сырьем происходит раньше 2014 г. Причина, по-видимому, не в том, что наши конкуренты рано или поздно ввели бы указанные меры – в этом смысл капиталистической системы экономики, а в том, что Россия осознала свое место в мире как великой сельскохозяйственной державы [9]. Но это означает также и изменение архитектуры внешней торговли продовольственными товарами и сельскохозяйственным сырьем. Она должна стать полноценным комплексом национального хозяйства, т. е. служить своей стране и своему национальному хозяйству, а не быть чьим-либо сырьевым придатком.

Что касается товарной структуры импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в разрезе территорий, то, согласно нашим расчетам, она отличается неравномерностью как по видам товаров, так и по динамике. Несмотря на то, что Россия взаимодействует со всеми странами СНГ в области внешней торговли продовольствием и сельскохозяйственным сырьем, основными контрагентами ее выступают Белоруссия и Казахстан.

Таким образом, за второе десятилетие произойдет смещение привлекательности цен на продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье на рынках дальнего зарубежья против рынка СНГ, поэтому становится выгоднее реализовывать свою продукцию не на рынке СНГ, а на рынках стран дальнего зарубежья. Что же касается ценовой среды импорта, то расчеты указывают на предпочтение рынка СНГ против рынка стран дальнего зарубежья. Эту особенность следует иметь в виду при модернизации существующего внешнеторгового сектора агропродовольственного комплекса страны.

Выводы и предложения

1. География внешней торговли сельскохозяйственными продуктами в современной России сформирована в основном прежними

традициями, в которых решающее значение занимают коммуникации. Это в основном внутренний рынок СССР, а также его внешние рынки. Правда, в 20-е годы нынешнего столетия появилось новое направление – юго-восточная Азия (главным образом Китай), а также ближневосточные страны. Однако формирование новой пространственной (географической) архитектуры экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции в России ведется не за счет расширения существующего рынка, а за счет отказа от прежних сегментов в пользу новых.

Речь идет о том, что, например, тот же китайский рынок (мяса свинины, птицы, а также растительных масел и проч.) формируется за счет переформатирования европейского и рынка СНГ. В этом есть два недостатка: первый – мы отдали наработанные за десятилетия и даже столетия прежние рынки, где и умели работать, и могли диктовать свои позиции; второй – вошли в новые рынки, где действуют свои правила и традиции, которые в некоторых аспектах противоречат нашим интересам. Нам приходится уступать им, и, как известно, уйти из какого-нибудь рынка легче, чем войти в новый. Но если представится возможность возвратиться в прежние рынки, которые мы когда-то оставили, цена входа будет значительно выше по крайней мере цены выхода (потерь или недополученных преимуществ).

Полагаем, что новые рынки следовало осваивать не путем переброски ресурсов из старых рынков, а путем наращивания производства и формирования соответствующей инфраструктуры в странах-контрагентах. По-видимому, еще больше противоречий с импортом – потребление консервативнее производства, что лишний раз продемонстрировала ситуация с пальмовым маслом, напитками и т.д.

2. В отдельных товарных сегментах, например, зерновом (пшеница, мясо свинины, мясо птицы, масло растительное и т.д.) наблюдается тенденция формирования производства (сельского хозяйства) под экспорт. Эта особенность явно проявляет себя на территориях (в регионах), где оформляется монопродуктовое региональное сельское хозяйство. При этом забывается, что монопродуктовость – основной враг традиционного сельского хозяйства, который погубил и погубит

сельское хозяйство как сферу деятельности. Такая опасность наблюдается во всех сельскохозяйственных регионах России. У нас сложилось превратное представление о соотношении экспорта и импорта, в котором импорт понимается как экспорт и наоборот, т. е. перевернутый, или зеркальный. Необходимо избавиться от этого пагубного заблуждения. Импорт следует воспринимать как продолжение экспорта, как ввоз продукции, но собственной. Тогда у нас не будет ни скачков цен, ни дефицита продукции.

Чтобы заработала обозначенная схема и сама модель эффективного внешнеторгового сектора национального сельского хозяйства, должны быть проведены институциональные реформы.

Мировые и региональные рынки поделены (Ленин В. И. Империализм как высшая стадия капитализма. 1917) между капиталистическими государствами, между их компаниями, принявшими форму транснациональных. Но есть предел возможностям даже у этих гигантов, т. к. потребление и спрос продуктов пи-

тания и сельскохозяйственной продукции растет такими темпами, что прежняя архитектура не справляется с ним, не успевает за ним, поэтому время от времени образуются «окна возможностей». Государство должно приступить к проектированию крупных государственных корпораций.

Другой аспект – необходимо создавать в странах контрагентах свои производственные предприятия. Делать их можно и нужно как совместные предприятия. Такие же совместные предприятия следует развивать в области производства сельскохозяйственной продукции, которую в наших климатических условиях либо невозможно производить, либо ее производство требует высоких затрат. По-видимому, лучшей формой таких предприятий могут быть вертикально-интегрированные, в которые входила бы земля, рабочая сила, технологии, готовые продукты. Необходимо выстраивать эффективную логистику с такими территориями и в целом формировать новую систему производственных, торговых и проч. коммуникаций.

Список литературы

1. Рикардо Д. Сочинения. Том 1. Начала политической экономии и налогового обложения / Пер. с англ. под редакцией М. Н. Смит. Москва: Госполитиздат, 1955. С. 112–128.
2. Самуэльсон П. Экономика / Пер. с англ. В. Д. Антонов [и др.] // Машиностроение. Москва: Алгон: Изд-во Всесоюзного научно-исследовательского института системного анализа, 1993. Т. 2. 413 с. ISBN 5-201-09971-8
3. Портер М. Международная конкуренция / Пер. с англ. И. В. Квасюка и др. Москва: Международные отношения, 1993. 898 с.
4. Мазлоев В. З., Хайруллина О. И. Институциональные основы государственной поддержки агропродовольственного экспорта: зарубежный опыт и российская практика // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 10. С. 11–17. DOI: 10.31442/0235-2494-2019-0-10-11-17. EDN: SZLGOV
5. Бородин К. Г. Инфраструктура агропродовольственного экспорта России: приоритеты, факторы и эмпирический анализ // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 7(64). С. 41–49. DOI: 10.33938/207-41. EDN: CRGPZF
6. Медведева Н. А. Основные тренды в международной торговле сельскохозяйственной продукцией и продовольствием: возможности для России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 4(98). С. 181–189. DOI: 10.33938/234-181. EDN: СТJLWB
7. Чебанова Н. Статистический анализ позиций России на мировом продовольственном рынке // Менеджмент в АПК. 2023. № 1. С. 32–37. DOI: 10.35244/2782-3776-2023-3-1-32-37. EDN: CORTBH
8. Ушачев И. Г., Маслова В. В., Авдеев М. В. Современные тенденции развития внешней торговли агропродовольственной продукцией в России // АПК: экономика, управление. 2020. №5. С. 4–15. DOI: 10.33305/205-4. EDN: WYXUJY
9. Рахаев Х. М. Организационно-институциональная реформа и перспективы аграрной экономики // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти первого Президента Кабардино-Балкарской Республики В. М. Кокова. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, 2024. С. 196–201. EDN: CPKINP

10. Баккуев Э. С. Регион как открытая система. Роль агроэкономического роста в развитии региональных территориальных образований // *Terra Economicus*. 2013. Т. 11. № 1-3. С. 71–74. EDN: RAOWGF

References

1. Ricardo D. *Sochineniya. Tom 1. Nachala politicheskoy ekonomii i nalogovogo oblozheniya. Per. s angl. pod redakciej M.N. Smit* [Works. Volume 1. Principles of Political Economy and Taxation. Translated from English by M.N. Smith]. Moscow: Gospolitizdat, 1955. Pp. 112–128. (In Russ.)
2. Samuelson P. *Ekonomika. Per. s angl. V. D. Antonov i dr.* [Economics. Translated from English by V.D. Antonov et al.]. Moscow: Algon: Izd-vo Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sistemnogo analiza: Mashinostroenie, 1993. Vol. 2. 413 p. ISBN 5-201-09971-8. (In Russ.)
3. Porter M. *Mezhdunarodnaya konkurenciya. Per. s angl. I.V. Kvasyuka i dr.* [International Competition. Translated from English by I.V. Kvasyuk et al.]. Moscow: Mezhdunarodnye otnosheniya, 1993. 898 p. (In Russ.)
4. Mazloev V.Z., Khairullina O.I. Institutional Foundations of State Support for Agri-Food Exports: Foreign Experience and Russian Practice. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2019;(10):11–17. (In Russ.). DOI: 10.31442/0235-2494-2019-0-10-11-17. EDN: SZLGOV
5. Borodin K.G. Infrastructure of agricultural export of Russia: priorities, factors and empirical analysis. *Economy labor management in agriculture*. 2020;7(64):41–49. (In Russ.). DOI: 10.33938/207-41. EDN: CRGPZF
6. Medvedeva N.A. The main trends in international trade in agricultural products and food: opportunities for Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2023;4(98):181–189. (In Russ.). DOI: 10.33938/234-181. EDN: CTJLWB
7. Chebanova N Statistical analysis of Russia's position in the global food market. *Management in agriculture*. 2023;(1):32–37. (In Russ.). DOI: 10.35244/2782-3776-2023-3-1-32-37. EDN: CORTBH
8. Ushachev I.G., Maslova V.V., Avdeev M.V. Modern trends in the development of foreign trade in agro-food products in Russia. *AIC: economics, management*. 2020;(5):4–15. (In Russ.). DOI: 10.33305/205-4. EDN: WYXUJY
9. Rakhaev Kh.M. Organizational and institutional reform and prospects of the agrarian economy. *Nauka, obrazovanie i biznes: novyj vzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya. Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati pervogo Prezidenta Kabardino-Balkarskoj Respubliki V.M. Kokova* [Science, education and business: a new view or a strategy for integration interaction. Proceedings of the IV International scientific and practical conference dedicated to the memory of the first President of the Kabardino-Balkarian Republic V.M. Kokov]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024. Pp. 196–201. (In Russ.). EDN: CPKINP
10. Bakkuev E.S. Region as an open system. The role of agro-economic growth in the development of regional territorial entities. *Terra Economicus*. 2013;11(1-3):71–74. (In Russ.). EDN: RAOWGF

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

Энеева Мадина Николаевна – доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8624-1575

Газаева Мадина Шароповна – 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: 2030-4444

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: 3497-6505

Information about the authors

Eldar S. Bakkuev – Doctor of Economics, Professor, Professor Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3401-6753

Madina N. Eneeva – Doctor of Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8624-1575

Madina Sh. Gazaeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2030-4444

Larisa Kh. Kunizheva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3497-6505

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 14.05.2026;
одобрена после рецензирования 03.06.2026;
принята к публикации 11.06.2026.*

*The article was submitted 14.05.2026;
approved after reviewing 03.06.2026;
accepted for publication 11.06.2026.*

Научная статья
УДК 338.439.02
DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-165-173

Государственная поддержка как фактор обеспечения продовольственной безопасности: приоритеты и механизмы реализации

Залина Муаедовна Иванова^{✉1}, Нушаба Аслановна Гаджиева²

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

²Азербайджанский технологический университет, проспект Шаха Исмаила Хатаи, 401, Гянджа, Республика Азербайджан

^{✉1}Zali_@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3218-9915>

²nushaba.hajieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0296-4727>

Аннотация. В статье проведён всесторонний анализ сложившегося уровня продовольственной безопасности Российской Федерации и обоснованы перспективные направления его повышения. Приведены актуальные данные Глобального индекса продовольственной безопасности за 2025 год в межстрановом сопоставлении, согласно которым Россия входит в группу лидеров с низким уровнем голода. Одновременно оценены фактические параметры снабжения населения страны продовольственной продукцией, выявлены отраслевые сегменты агропромышленного комплекса, в которых объёмы производства не достигают установленных Доктриной продовольственной безопасности нормативных значений, прежде всего по молочной продукции, овощам, фруктам и ягодам. Обоснован механизм повышения эффективности производства в импортозамещающих отраслях, базирующийся на системной государственной поддержке сельскохозяйственных товаропроизводителей. В качестве приоритетных форм такой поддержки предлагаются продуктовые субсидии, а также субсидирование процентных ставок по долгосрочным инвестиционным и краткосрочным кредитам. На примере Кабардино-Балкарской Республики показано, что субсидирование инвестиционных кредитов демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с краткосрочным кредитованием. Предложены направления совершенствования государственной поддержки, включая переход к программно-целевому принципу с установлением ключевых показателей эффективности, усиление адресности субсидий для малых форм хозяйствования, развитие механизмов агрострахования, упрощение доступа к льготному кредитованию и стимулирование внедрения инноваций. Сделан вывод о необходимости консолидации бюджетных инструментов с долгосрочными стратегическими приоритетами продовольственной безопасности.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, государственная поддержка, агропромышленный комплекс, субсидирование, импортозамещение, технологический суверенитет, Доктрина продовольственной безопасности, льготное кредитование

Для цитирования: Иванова З. М., Гаджиева Н. А. Государственная поддержка как фактор обеспечения продовольственной безопасности: приоритеты и механизмы реализации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 165–173. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-165-173

Original article

State support as a factor in ensuring food security: priorities and implementation mechanisms

Zalina M. Ivanova^{✉1}, Nushaba A. Hajieva²

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

²Azerbaijan Technological University, 401 Shah Ismail Khatai Avenue, Ganja, Republic of Azerbaijan

^{✉1}Zali_@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3218-9915>

²nushaba.hajieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0296-4727>

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of the current level of food security in the Russian Federation and substantiates promising areas for its improvement. It provides up-to-date data from the 2025 Global Food Security Index for cross-country comparison, according to which Russia belongs to the group of leaders with a low level of hunger. At the same time, the actual parameters of the country's food supply to the population are assessed, and industry segments of the agro-industrial complex are identified where production volumes do not reach the normative values established by the Food Security Doctrine, primarily for dairy products, vegetables, fruits, and berries. A mechanism for increasing production efficiency in import-substituting industries is substantiated, based on systematic state support for agricultural producers. Food subsidies, as well as interest rate subsidies on long-term investment and short-term loans, are proposed as priority forms of such support. Using the example of the Kabardino-Balkarian Republic, it is shown that subsidizing investment loans demonstrates higher efficiency compared to short-term lending. Directions for improving state support are proposed, including a transition to a program-targeted principle with the establishment of key performance indicators, strengthening the targeting of subsidies for small businesses, developing agricultural insurance mechanisms, simplifying access to concessional lending, and stimulating the introduction of innovations. A conclusion is made about the necessity of consolidating budgetary instruments with long-term strategic priorities of food security.

Keywords: food security, government support, agro-industrial complex, subsidies, import substitution, technological sovereignty, Doctrine of food security, concessional lending

For citation: Ivanova Z.M., Hajiyeva N.A. State support as a factor in ensuring food security: priorities and implementation mechanisms. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):165–173. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-165-173

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации, особенно в условиях усиления внешнеэкономических рисков и санкционного давления. Доктрина продовольственной безопасности, утверждённая указом Президента, устанавливает пороговые значения самообеспеченности страны по основным видам сельскохозяйственной продукции и продовольствия [1, 2]. Достижение этих показателей невозможно без системной и эффективной государственной поддержки агропромышленного комплекса (АПК).

В последние годы объёмы бюджетного финансирования сельского хозяйства демонстрируют устойчивый рост, однако, несмотря на увеличение субсидий, ряд проблем остаётся нерешённым: сохраняется зависимость от импорта по отдельным категориям товаров (семена, генетический материал, ветеринарные препараты), наблюдается дифференциация доступа к мерам поддержки между крупным агробизнесом и малыми формами хозяйствования, а также дефицит квалифицированных кадров на селе.

Таким образом, возникает объективная необходимость пересмотра приоритетов и со-

вершенствования механизмов реализации государственной поддержки АПК в контексте обеспечения продовольственной безопасности.

Целью исследования является систематизация приоритетных направлений государственной поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации и разработка рекомендаций по оптимизации механизмов её реализации для повышения уровня продовольственной безопасности.

Материалы, методы и объекты исследования. В процессе исследования были использованы методы системного анализа и синтеза, метод сравнений, монографический. Объекты исследования – агропромышленный комплекс России и система продовольственной безопасности страны.

Результаты исследования. Продовольственная безопасность является одной из критических детерминант устойчивого развития национальных экономик, поскольку прямо коррелирует с состоянием здоровья и уровнем благосостояния населения. Наиболее уязвимыми в данном контексте выступают развивающиеся страны, где ограниченность ресурсной базы и институциональные дефициты не позволяют достичь самодостаточного продовольственного обеспечения [3, 4].

Согласно методологии Economist Intelligence Unit, с 2012 года интегральная оценка данной сферы осуществляется посредством Глобального индекса продовольственной безопасности (The Global Food Security

Index), агрегирующего показатели физической и экономической доступности продуктов питания, их качества и фактического уровня потребления в межстрановом сопоставлении (табл. 1).

Таблица 1. Индекс продовольственной безопасности некоторых стран мира, 2025 г.* [4]
Table 1. Food security index of some countries of the world, 2025*[4]

Ранг в 2025 GHI	Страна	Показатель GHI 2025	Уровень голода	Категория
1-25*	Финляндия	<5	Низкий	Лидеры по продовольственной безопасности
1-25*	Китай	<5	Низкий	Лидеры по продовольственной безопасности
1-25*	Чили	<5	Низкий	Лидеры по продовольственной безопасности
1-25*	Турция	<5	Низкий	Лидеры по продовольственной безопасности
1-25*	США	<5	Низкий	Лидеры по продовольственной безопасности
1-25*	Россия	<5	Низкий	Лидеры по продовольственной безопасности
26	Молдова	5.1	Низкий	Устойчивые страны
29	Азербайджан	5.6	Низкий	Устойчивые страны
34	Монголия	6.6	Низкий	Устойчивые страны
61	Индия	11.7	Умеренный	Крупные экономики с рисками
69	Индонезия	14.2	Умеренный	Крупные экономики с рисками
73	Нигерия	15.8	Серьезный	Африканские экономики
83	Пакистан	19.5	Серьезный	Африканские экономики
101	Эфиопия	25.3	Серьезный	Африканские экономики
112	Мадагаскар	36.3	Тревожный	Критический уровень
119	Сомали	42.6	Чрезвычайно высокий	Критический уровень

*Страны, набравшие менее 5 баллов, получают одинаковый наивысший ранг (1-25), поскольку статистическая разница между ними на этом уровне незначительна.

Представленный агрегированный показатель предоставляет национальным правительствам возможность мониторинга эффективности социально-экономического курса и формирует эмпирическую базу для разработки корректирующих мероприятий, нацеленных на снижение продовольственных рисков. Российская Федерация также уделяет пристальное внимание анализу угроз в сфере продовольственного обеспечения. Экономические и политические рестрикции, инициированные странами коллективного Запада, не только усложняют текущую социально-экономическую конъюнктуру, но и выступают мощным триггером для мобилизации ресурсного потенциала отечественного АПК. Сельхозтоваропроизводители и перерабаты-

вающие предприятия вынуждены в новых реалиях находить внутренние резервы повышения операционной эффективности – от растениеводства до финальной переработки продукции.

Внедрение политики импортозамещения в аграрном секторе позволило Российской Федерации существенно нарастить производственные объемы отечественной сельскохозяйственной продукции и эффективно удовлетворить спрос на внутреннем продовольственном рынке [5, 6].

Статистические данные свидетельствуют о том, что в 2025 году сельскохозяйственные предприятия всех форм собственности в России продемонстрировали прирост объема агропромышленного производства на уровне

4,9% [6]. В стоимостном выражении выпуск достиг 10,627 трлн рублей, что превысило показатели 2024 года. Рост обеспечило преимущественно растениеводство, где объем производства вырос на 9,2%, в животноводстве увеличилось на 0,1%, достигнув 4,762 трлн рублей.

Фундаментальным критерием оценки продовольственной безопасности является доступность продуктов питания для населения. Данный параметр определяется посредством сопоставления фактических показателей среднедушевого потребления с нормативны-

ми значениями потребления, официально утвержденными Министерством здравоохранения РФ [8, 9].

Необходимо акцентировать внимание на том, что фактический уровень потребления мясной продукции и мясопродуктов, яиц и яйцепродуктов, сахара, масел растительного происхождения и хлебобулочных изделий в Российской Федерации превышает рекомендованные нормативные показатели. В комплексе эти параметры свидетельствуют о достаточно высоком уровне гарантированности продовольственной безопасности России (табл. 2).

Таблица 2. Среднедушевое потребление отдельных категорий продовольственных товаров в Российской Федерации, кг на душу населения [10]

Table 2. Average per capita consumption of individual categories of food products in the Russian Federation, kg per capita [10]

Наименование продукции	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Молоко и молочные продукты	231	230	229	234	238	239	241	247	253
Мясо и мясопродукты	74	75	75	76	76	77	78	80	82
Яйца и яйцепродукты, шт.	277	282	284	285	281	279	288	290	293
Картофель	90	90	89	89	86	83	84	86	84
Овощи и бахчевые	102	104	107	108	106	103	104	105	106
Фрукты и ягоды	60	59	61	62	61	62	63	66	65
Сахар	39	39	39	39	39	38	39	39	39
Масло растительное	13,7	13,9	14,0	14,0	13,8	13,5	13,8	13,8	14,0
Хлебные продукты	117	117	116	116	114	113	113	112	113

Для комплексной оценки продовольственной независимости государства анализ только показателей импортно-экспортных операций представляется недостаточным.

В соответствии с критериями, зафиксированными в Доктрине продовольственной безопасности, достижение состояния продовольственной независимости констатируется в тех случаях, когда процентное соотношение отечественной продукции в совокупном объеме внутреннего потребления соответствующих товарных категорий достигает или превышает установленные нормативные пороговые индикаторы. Следовательно, для комплексной оценки уровня продовольственной независимости необходимо проведение детального анализа именно этого параметра [5].

Количественные показатели уровня самообеспечения по основным категориям продо-

вольственной и сельскохозяйственной продукции представлены в таблице 3.

Данные таблицы позволяет заключить, что в течение 2018–2024 гг. наблюдалась позитивная тенденция по большинству индикаторов, за исключением уровня самообеспеченности яйцами и картофелем. Тем не менее текущие показатели самообеспечения по молочной продукции, овощным культурам, картофелю и бахчевым растениям все еще не соответствуют установленным пороговым критериям, демонстрируя отставание на 5,3, 3 и 1,4% соответственно.

На рисунке 1 представлен уровень самообеспечения некоторыми категориями товаров по Российской Федерации, в %.

Экономическая доступность продовольственных товаров выступает вторым принципиальным критерием продовольственной безопасности [7].

Таблица 3. Процентные показатели уровня самообеспечения Российской Федерации по отдельным категориям продовольственной продукции, % [3]
Table 3. Percentage indicators of the level of self-sufficiency of the Russian Federation for individual categories of food products, % [3]

Наименование продукции	Уровень самообеспечения некоторыми категориями товаров по Российской Федерации, в %						
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Молоко	83,9	83,9	84,0	84,3	85,7	86,0	84,7
Мясо	95,7	97,4	100,1	99,7	101,8	101,7	101,9
Яйца	97,7	97,1	97,4	98,2	98,0	98,6	97,1
Картофель	95,3	95,1	89,2	89,1	94,5	101,0	92,0
Овощи и бахчевые	87,2	87,7	86,3	86,5	88,5	89,1	88,6
Фрукты и ягоды	38,8	40,2	42,4	44,4	47,3	44,6	43,1
Сахар	39	39	39	38	39	39	39
Хлебные продукты	116	116	116	113	113	112	113

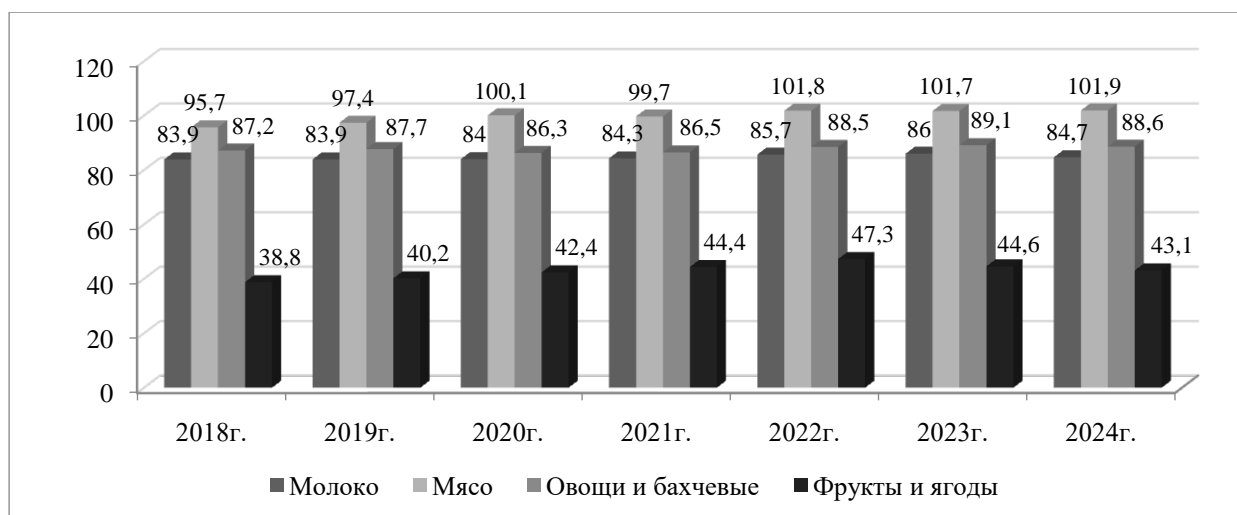


Рисунок 1. Уровень самообеспечения некоторыми категориями товаров по Российской Федерации, в %
Figure 1. Level of self-sufficiency in some categories of goods in the Russian Federation, in %

Сопоставительный анализ информации из таблицы 2 с рекомендованными нормативами Министерства здравоохранения выявляет превышение фактических объемов потребления сахаросодержащих и хлебобулочных изделий над нормативными значениями (8 и 96 кг соответственно) на протяжении всего исследуемого временного интервала. Потребление картофельной продукции при установленном нормативе 90 кг на душу населения незначительно превысило нормативное значение лишь в 2023 г., сохраняясь близким к установленной норме в среднем за анализируемый период.

Объемы потребления масел растительного происхождения и яичной продукции соответ-

ствуют регламентированным нормам с небольшим превышением. Особенно примечательна ситуация с потреблением фруктовой продукции, молочных изделий, овощей и бахчевых культур, где отечественное производство не обеспечивает удовлетворение внутреннего спроса в полной мере. В структуре импорта категории «Продукты животного происхождения» 46% составляют поставки молочной продукции, яиц, сыра, масла и меда, причем 72% стоимостного объема обеспечивается импортом из Республики Беларусь.

Согласно информации Министерства сельского хозяйства РФ, индикатор самообеспеченности России зерновыми культурами по итогам 2025 года возрос до 161%, по рыбе и

рыбопродуктам – до 128,8%, по мясной продукции – до 102%.

В текущем периоде Российская Федерация обеспечивает внутренние потребности в полном объеме по таким категориям, как зерно, мясо, рыба, сахар и растительное масло. Уровень самообеспеченности картофелем составил 97,9% при установленном в Доктрине пороговом значении 95%. Российская Федерация приблизилась к выполнению нормативных показателей по овощной и бахчевой продукции (89,6%). Стратегическими направлениями дальнейшего развития остаются производство молочной продукции, фруктов и ягод, где показатели самообеспеченности увеличились до 85,3 и 44% соответственно.

Значимый прирост экономической эффективности аграрного производства находится в прямой зависимости от увеличения объемов государственной поддержки сельскохозяйственной отрасли. Государственные субсидии предоставляются товаропроизводителям в различных формах, включая продуктовые до-

тации, компенсацию процентных ставок по кредитным договорам, а также восполнение оборотных средств [6].

Представляется обоснованным, что в условиях реализации политики импортозамещения одной из наиболее результативных форм государственной поддержки выступает компенсация сельскохозяйственным товаропроизводителям части процентной ставки по инвестиционным кредитам за счёт бюджетных средств (табл. 4). Это, в свою очередь, обеспечит сельскохозяйственным организациям возможность приобретения современной техники и технологий, что приведёт к оптимизации ресурсной структуры производства. В результате ожидается рост объёмов инвестиций в основной капитал, сопровождающийся сокращением потребности в трудовых ресурсах и оборотных средствах. Повышение уровня оснащённости основными средствами и улучшение их технологических характеристик создают предпосылки для увеличения продуктивности в отраслях сельского хозяйства.

Таблица 4. Эффективность государственной поддержки сельскохозяйственных организаций Кабардино-Балкарской Республики, 2024 г. [11]

Table 4. Effectiveness of state support for agricultural organizations of the Kabardino-Balkarian Republic, 2024 [11]

Показатель	Изменение показателя в результате субсидирования процентной ставки, %	
	по инвестиционным кредитам	по краткосрочным кредитам
Инвестиции в основные средства	+12,5	+2,1
Инвестиции в оборотные средства	+4,3	+8,6
Размер трудовых ресурсов	-2,0	-0,3
Поголовье скота	+3,2	+0,8
Объем производства продукции растениеводства	+9,0	+6,2
Объем производства продукции животноводства	+2,8	+1,1
Эффективность субсидирования кредита в растениеводстве, руб./руб.	4,10	2,5
Эффективность субсидирования кредита в животноводстве, руб./руб.	1,90	1,20

Расчитано автором на основе данных о росте инвестиций в КБР в 2024 году и косвенных показателей Россельхозбанка.

Таким образом, анализ эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных организаций Кабардино-Балкарской Республики в 2024 году показывает, что субсидирование инвестиционных кредитов ока-

зывает более значительное влияние на долгосрочный рост (прирост инвестиций в основной капитал 12,5%, продукции растениеводства 9,0%) при эффективности 4,10 руб./руб. в растениеводстве. Субсидирование кратко-

срочных кредитов играет важную роль в обеспечении оборотными средствами (+8,6%), но его вклад в технологическое развитие и занятость минимален. Выявленная отраслевая дифференциация эффективности (растениеводство 4,10 руб./руб., животноводство 1,90 руб./руб.) требует выработки адресных мер поддержки животноводческой отрасли региона.

Заключение. Проведённое в рамках настоящего исследования системное рассмотрение государственной поддержки как фактора обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации позволяет сформулировать следующие обобщающие выводы. *Во-первых*, в условиях геоэкономической турбулентности и структурной трансформации мирохозяйственных связей продовольственная безопасность не ограничивается формальным достижением пороговых значений самообеспеченности, зафиксированных в Доктрине продовольственной безопасности.

Как показал анализ Глобального индекса продовольственной безопасности (2025 г.), Россия, наряду с Финляндией, Китаем, США и другими странами, относится к группе государств с низким уровнем голода (показатель менее 5 баллов). Однако это не снимает проблему критической зависимости от импорта по отдельным позициям – семенам, генетическому материалу, ветеринарным препаратам, кормовым добавкам. *Во-вторых*, динамика агропромышленного производства в России (прирост 4,9% в 2025 году, в том числе в растениеводстве 9,2%) свидетельствует о позитивной тенденции.

Вместе с тем, как показывают данные таблиц 2 и 3, по отдельным категориям (молоко, овощи, фрукты, ягоды) показатели самообеспеченности остаются ниже пороговых значений. Более того, за внешним благополучием по зерну, мясу, сахару и маслу сохраняется технологическая зависимость по всей воспроизводственной цепочке. *В-третьих*, субсидирование инвестиционных кредитов Кабардино-Балкарской Республики обладает более высокой эффективностью по сравнению с субсидированием краткосрочных кредитов. Прирост инвестиций в основной капитал составил 12,5%, продукции растениеводства 9,0%, а показатель эффективности в растениеводстве достиг 4,10 руб./руб. субсидии.

В то же время субсидирование краткосрочных кредитов, обеспечивая прирост оборотных средств (+8,6%), оказывает минимальное влияние на технологическое развитие и занятость. Выявленная отраслевая дифференциация (эффективность в животноводстве составляет лишь 1,90 руб./руб.) требует адресной корректировки мер поддержки. *В-четвертых*, сравнение с данными 2020 года подтверждает, что само по себе увеличение объёмов бюджетного финансирования не гарантирует роста продовольственной безопасности. Ключевым фактором выступает эффективность и адресность используемых инструментов.

Особую значимость в этой связи приобретает реализация пяти федеральных проектов в рамках национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности»: «Селекция и генетика», «Биотехнологии в АПК», «Ветеринарные препараты», «Техника и оборудование в АПК», «Кадры в АПК».

Приоритетными направлениями совершенствования государственной поддержки, на наш взгляд, выступают:

- внедрение программно-целевого принципа с установлением чётких ключевых показателей эффективности (КПИ) для получателей субсидий;
- упрощение процедур доступа к льготному кредитованию для малых и средних форм хозяйствования;
- усиление прозрачности распределения бюджетных средств;
- развитие системы агрострахования как механизма управления производственными и ценовыми рисками;
- интеграция мер государственной поддержки с национальным проектом технологического обеспечения продовольственной безопасности;
- стимулирование внедрения инноваций, цифровизации и повышения кадрового потенциала АПК.

Таким образом, государственная поддержка является необходимым, но недостаточным условием обеспечения продовольственной безопасности. Её эффективность определяется не столько объёмами выделяемых средств, сколько степенью их концентрации в критических направлениях: снижение импортоза-

висимости по семенам, генетике, ветеринарным препаратам, а также технологическое обновление и кадровое обеспечение АПК. Только такой подход позволяет трансформи-

ровать продовольственную безопасность из пассивного состояния «защищённости» в активный фактор экономического и технологического суверенитета Российской Федерации.

Список литературы

1. Современное состояние продовольственной безопасности Российской Федерации / А. Д. Космин, О. П. Кузнецова, В. В. Кузнецов, С. В. Кузнецова // *Продовольственная политика и безопасность*. 2023. Т. 10. № 1. С. 29–48. DOI: 10.18334/ppib.10.1.116664. EDN: BSVXED
2. Мельников Б. А. Продовольственная самообеспеченность регионов Российской Федерации // *Экономическая безопасность*. 2024. Т. 7. № 7. С. 1923–1946. DOI: 10.18334/ecsec.7.7.121450. EDN: PLMOWD
3. Проблемы продовольственной безопасности в условиях глобализации / З. М. Иванова, М. Р. Гериев, Д. Д. Кануков, Б. А. Абидова // *Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Заслуженного деятеля науки КБР, доктора биологических наук, профессора Б. Х. Фиапшева*. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2025. С. 183–187. EDN: TDWZNY
4. Белугин А. Ю. Глобальный индекс продовольственной безопасности и его применение на примере стран СНГ // *АПК: экономика, управление*. 2017. № 4. С. 88–93. EDN: YJGRMB
5. Тогузаев Т. Х., Рахаев Х. М., Модебадзе Н. П. Состояние и перспективы интегрированности экспортного агропродовольственного сектора в сельском хозяйстве региона // *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*. 2020. № 2. С. 51–62. EDN: QXKRTR
6. Тюпаков К. Э. Современное состояние государственной поддержки сельского хозяйства России // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016. № 63. С. 40–47. DOI: 10.21515/1999-1703-63-40-47. EDN: YLPSUV
7. Методологические проблемы формирования концепции продовольственной безопасности в России / М. Ю. Ксенофонтова, Д. А. Ползиков, И. А. Гольденберг, П. В. Ситников // *Проблемы прогнозирования*. 2018. № 5(170). С. 127–136. EDN: VLGSQA
8. Белугин А. Ю. Эволюция понятия «продовольственная безопасность»: история, этапы, современное понимание // *Научные исследования экономического факультета*. Электронный журнал. 2019. Т. 11. № 2. С. 122–143. EDN: DOBBDL
9. Боткин О. И., Сутыгина А. И., Сутыгин П. Ф. Интерпретация понимания продовольственной безопасности на международном уровне // *Вестник Удмуртского университета*. Серия Экономика и право. 2016. Т. 26. № 2. С. 7–14. EDN: WAQWQD
10. Прокопьев М. Методические аспекты формирования концепции и оценки продовольственной безопасности // *Проблемы теории и практики управления*. 2017. № 8. С. 20–31. EDN: ZEKOOR
11. Таова Ф. А., Карданова И. А., Шадова З. Х. Государственная поддержка агропромышленного комплекса Кабардино-Балкарской Республики // *Экономика и предпринимательство*. 2025. № 8(181). С. 199–203. DOI: 10.34925/EIP.2025.181.8.033. EDN: LYGJZF

References

1. Kosmin A.D., Kuznetsova O.P., Kuznetsov V.V., Kuznetsova S.V. Current state of food security in the Russian Federation. *Food policy and Security*. 2023;10(1):29–48. (In Russ.). DOI: 10.18334/ppib.10.1.116664. EDN: BSVXED
2. Melnikov B.A. Food self-sufficiency of Russia's regions. *Economic security*, 2024;7(7):1923–1946. DOI: 10.18334/ecsec.7.7.121450. EDN: PLMOWD
3. Ivanova Z.M., Geriev M.R., Kanukoev D.D., Abidova B.A. Food security challenges in the context of globalization. *Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki Rossijskoj Federacii, Zasluzhennogo deyatelya nauki KBR, doktora biologicheskikh nauk, professora B.H. Fiapшева* [Agricultural land use and food security: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation, Honored

Scientist of the Kabardino-Balkarian Republic, Doctor of Biological Sciences, Professor B.Kh. Fiapshiev]. Nal'chik: Kabardino-Balkarskiy GAU, 2025. Pp. 18–187. (In Russ.). EDN: TDWZNN

4. Belugin A.Yu. Global Food Security Index and its Application in the CIS Countries. *AIC: economics, management*. 2017;(4):88–93. (In Russ.). EDN: YJGRMB

5. Toguzaev T.Kh., Rakhaev Kh.M., Modebadze N.P. State and prospects of integration of the export agri-food sector in the region's agriculture. *Fundamental and applied research studies of the economics cooperative sector*. 2020;(2):51–62. (In Russ.). EDN: QXKRTR

6. Tyupakov K.E. The current state of government support for agriculture in Russia. *Works of the Kuban state agrarian university* 2016;(63):40–47. (In Russ.). DOI: 10.21515/1999-1703-63-40-47. EDN: YLPSUV

7. Ksenofontov M.Y., Polzиков D.A., Gol'denberg I.A., Sitnikov P.V. Methodological problems of the formation of the concept of food security in Russia. *Problemy prognozirovaniya*. 2018;5(170):127–136. (In Russ.). EDN: VLSGSA

8. Belugin A.Yu. Evolution of the Concept of Food Security: History, Stages, Modern Interpretation. *Scientific researches of faculty of economics. Electronic journal*. 2019;11(2):122–143. (In Russ.). EDN: DOBBDL

9. Botkin O.I., Sutygina A.I., Sutygin P.F. Food security at the international level: understanding and interpretation. *Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*. 2016;26(2):7–14. (In Russ.). EDN: WAQWQD

10. Prokopiev M. Methodological aspects of the formation of the concept and assessment of food security. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. 2017;(8):20–31. (In Russ.). EDN: ZEKOOR

11. Taova F.A., Kardanova I.A., Shadova Z.Kh. State support for the agro-industrial complex of the Kabardino-Balkarian Republic. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2025;8(181):199–203. (In Russ.). DOI: 10.34925/EIP.2025.181.8.033. EDN: LYGJZF

Сведения об авторах

Иванова Залина Муаедовна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5529-7277

Гаджиева Нушаба Аслановна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, Азербайджанский технологический университет

Information about the authors

Zalina M. Ivanova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Koko, SPIN-код: 5529-7277

Nushaba A. Hajiyeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Azerbaijan 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 15.05.2026;
одобрена после рецензирования 04.06.2026;
принята к публикации 11.06.2026.

The article was submitted 15.05.2026;
approved after reviewing 04.06.2026;
accepted for publication 11.06.2026.



БАТУКАЕВ Абдулмалик Абдулхамидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодовоощеводства и виноградарства Агротехнологического института Чеченского государственного университета имени А. А. Кадырова.

В 1982 г. окончил Московскую сельскохозяйственную академию им. К. А. Тимирязева по специальности 110202 Плодовоощеводство и виноградарство, квалификация: ученый агроном.

В 1983–1986 гг. учился в аспирантуре на кафедре виноградарства и виноделия МСХА им. К. А. Тимирязева и в 1987 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Научно-исследовательская работа состояла в изучении влияния регуляторов роста (биотехнологический метод) на семенные сорта винограда различных эколого-географических групп.

С 1999 по 2004 гг. – заведующий кафедрой плодовоощеводства и виноградарства агротехнологического факультета Чеченского государственного университета (ЧГУ); с 2002 по 2004 гг. – декан агротехнологического факультета ЧГУ; с 2004 по 2008 гг. – проректор по научно-организационной работе ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова»; с 2008 по 2017 гг. – директор Агротехнологического института ЧГУ; с 2017 г. по настоящее время – профессор кафедры плодовоощеводства и виноградарства Агротехнологического института Чеченского государственного университета.

В 1992–1993 гг. – 1-й заместитель директора департамента виноградарства и виноделия Чеченской Республики.

В 1993–1996 гг. – учёба в Парижском университете Paris-X Nanterre. В этот период по линии Международной организации виноградарства и виноделия (OIV, Paris, France) прошел стажировку за рубежом (Франция, Испания, Италия, Германия, Португалия, Греция, США и др.). Участвовал в многочисленных международных конгрессах, симпозиумах и конференциях. По завершении учебы им была защищена квалификационная работа в отрасли виноградарства и виноделия (DESU-высший университетский диплом, DEA-диплом глубоких исследований) и опубликована монография на французском языке «Approche comparee de systemes Vitivinicole: «Le cas de Cote du Rhone rapporte aux condition d'evolution du systemes Russe».

По рекомендации спецсовета университета Paris-X Nanterre и ходатайству Международной организации винограда и вина был направлен в докторантуру университета Paris-X Nanterre (1997–2000 гг.).

А. А. Батукаев является членом экспертного научного совета Международной организации винограда и вина (OIV, France), а также членом совета Международной ассоциации университетов винограда и вина (AUIV, Montpellier). С 1999 года – академик Международной академии виноградарства и виноделия.

Является автором более 441 опубликованной научной работы в российских и между-

народных изданиях, в том числе 7 монографий (одна на французском языке), 7 учебных пособий, 35 патентов, более 50 публикаций в международных базах данных Scopus и Web of Science.

Участвовал с докладами в многочисленных международных конгрессах, симпозиумах и конференциях.

Под руководством профессора А. А. Батукаева подготовлено и защищено 2 докторские и 5 кандидатских диссертаций. В настоящее время является руководителем 2 докторантов, 2 соискателей и 6 аспирантов.

Абдулмалик Абдулхамидович является основателем и руководителем научной школы «Биотехнология в системе оздоровления и размножения сельскохозяйственных культур и научное обоснование культивирования садовых культур».

Под его руководством были разработаны технологии по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме «Разработка инновационной технологии микрклонального размножения сортообразцов на оптимизированной питательной среде с элементами автоматизации процесса». Являлся руководителем госзадания «Фундаментальные аспекты биотехнологических методов производства оздоровленного посадочного материала винограда и изучение хозяйственно-биологических свойств перспективных сортов яблони, адаптированных для закладки садов интенсивного типа в Северо-Кавказском регионе».

Звания и награды:

– почетный работник науки и высоких технологий Российской Федерации (2021);

– почетный работник сферы образования Российской Федерации (2019);

– почетное звание «Заслуженный деятель науки ЧР» (2006);

– почетная грамота РАН (Академия наук РФ, 2025);

– почетная грамота Комитета Государственной Думы РФ по аграрным вопросам (2025);

– почетная грамота Главы Чеченской Республики (2024);

– почетная грамота Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2015);

– почетная грамота Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (2020);

– почетная грамота Парламента Чеченской Республики (2016, 2020, 2021);

– почетная грамота Правительства Чеченской Республики (2016, 2018, 2021);

– почетная грамота Министерства сельского хозяйства Чеченской Республики (2016);

– почетное звание «Основатель научной школы» (2020);

– лауреат премии «Серебряная сова» (2014);

– лауреат правительственной стипендии Франции (1996).

Является членом редколлегий в ряде научных изданий, в том числе в журнале «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова».

Уважаемый Абдулмалик Абдулхамидович! Примите искренние поздравления в связи с Вашим юбилеем! Желаем Вам неиссякаемой энергии и бодрости духа на долгие годы. Пусть Ваша профессиональная деятельность приносит только радость и удовлетворение, а рядом всегда будут верные друзья и любящие близкие. Желаем Вам крепкого здоровья, благосостояния и новых достижений в профессии!

**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. Количество публикаций одного автора в одном выпуске не более одной статьи. В научной статье рекомендуемое количество авторов не более 4.
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;
 - 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 10 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. Нежелательно включать в список литературы авторефераты, диссертации, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию о сайтах, статистические отчеты, статьи в газетах, на сайтах и в блогах. При описании источника указывать DOI и EDN.
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.

**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. The number of publications by one author in one issue is no more than one article. In a scientific article, the recommended number of authors is no more than 4.
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;
 - 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 10 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. It is not advisable to include abstracts, dissertations, textbooks, manuals, GOSTs, website information, statistical reports, newspaper articles, website articles, and blog articles in the list of references. When describing a source, include the DOI and EDN.
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 22.06.2026 г. Дата выхода в свет 30.06.2026 г.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 21,3. 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