

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)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Izvestiya

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

Scientific and practical journal

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

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

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

EDITOR-IN-CHIEF:

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

ASSISTANTS CHIEF EDITOR:

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

EXECUTIVE EDITOR:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

СОДЕРЖАНИЕ**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО****Общее земледелие и растениеводство**

- Кишев А. Ю., Мамсиров Н. И.**
Некоторые аспекты действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы **7**

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология**

- Созаев А. А., Курбанов С. О., Кокоев М. Н., Баджмук А. М.-С.**
Новая конструкция берегоукрепительного сооружения для русел в легкоразмываемых грунтах **16**

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

- Басонов О. А., Феоктистова П. А., Мамедов Р. Н.**
Влияние ультрафиолетовых лучей спектра А на рост и развитие тёлоч голштинской породы в зимний стойловый период **23**

- Дымков А. Б., Радченко М. Н.**
Изучение продуктивности перепелов мясной породы при разной плотности посадки в клеточных батареях **31**

- Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Яптик Н. Д.**
Различие в переваримости и усвоении питательных веществ рациона цыплят-бройлеров с кормовой добавкой фитобиотика и пребиотика **38**

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

- Абонеев В. В., Колосов Ю. А., Куликова А. Я., Абонеева Е. В.**
Хозяйственно-полезные признаки овец породы маньчский меринос маньчского заводского типа разных линий **46**

- Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г.**
Новый метод определения категорий племенной ценности быков-производителей молочных и молочно-мясных пород **55**

- 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 **64**

- Приступа В. Н., Торосян Д. С., Азаев Р. З., Колосова Н. Н.**
Мясная продуктивность потомков быков-улучшателей калмыцкой породы **70**

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса**

- Апажев А. К., Шогенов Ю. Х., Шекихачев Ю. А., Батыров В. И.**
Исследование влияния технического состояния элементов топливной системы высокого давления на параметры топливоподачи **83**

- Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л.**
Исследование параметров технического состояния распылителей дизельных форсунок **93**

Дзуганов В. Б., Габаев А. Х.
Теоретическое исследование рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки **100**

Кумахов А. А., Фиапшев А. Г., Кудаев З. Р., Кушаев С. Х.
Повышение энергоэффективности электропривода энергетических средств **108**

Пищевые системы

Васюкова А. Т., Кусова И. У., Мошкин А. В., Герасимова Э. О.
Исследование вязкости эмульсии для производства дрожжевого теста **115**

Воротынцев Н. Э., Кузнецов А. Л., Базанкова Э. А., Суворов О. А.
Сравнение эффективности нетермических методов обработки для предотвращения образования отходов **123**

Корнева О. А., Тамова М. Ю., Джум Т. А., Шаламай И. В.
Разработка рецептур и технологии десертной продукции с низкой гликемической нагрузкой для предоставления возможности её потребления лицам с ограничениями в питании **136**

Хоконова М. Б.
Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса ферментных препаратов **145**

Шамкова Н. Т., Тютюник Т. В., Симоненко Т. А., Якушева В. О.
Использование аквафабы в производстве ягодных муссов **152**

ЮБИЛЯРЫ

С юбилеем Абдулхаликова Р. З. **164**

С юбилеем Пшихачева С. М. **167**

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

General Farming and Crop Production

- Kishev A.Yu., Mamsirov N.I.**
Some aspects of the effect of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat 7

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Hydraulic Engineering, Hydraulics and Engineering Hydrology

- Sozaev A.A., Kurbanov S.O., Kokoev M.N., Badzhmuk A.M.-S.**
A new design of a shore protection structure for riverbeds in easily eroded soils 16

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Private Zootechnics, Feeding, Feed Preparation Technologies
and Livestock Production

- Basonov O.A., Feoktistova P.A., Mamedov R.N.**
The effect of ultraviolet rays of the A spectrum on the growth and development of Holstein heifers in winter stall period 23

- Dymkov A.B., Radchenko M.N.**
Study of the productivity of meat rock quails at different planting densities in cell batteries 31

- Ovchinnikov A.A., Shepeleva T.A., Yaptik N.D.**
Differences in digestibility and assimilation of nutrients in the diet of broiler chickens with a feed additive of phytobiotic and prebiotic 38

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

- Aboneev V.V., Kolosov Yu.A., Kulikova A.Ya., Aboneeva E.V.**
Economically useful traits of the Manych Merino sheep of the Manych factory type of different lines 46

- Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleynsheva M.G.**
A new method for determining the categories of breeding value of bulls producing dairy and dairy-meat breeds 55

- 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 64

- Pristupa V.N., Torosyan D.S., Azaev R.Z., Kolosova N.N.**
Meat productivity of descendants bulls-improvers of the Kalmyk breed 70

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

- Apazhev A.K., Shogenov Y.Kh., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I.**
Investigation of the influence of the technical condition of the elements of the high-pressure fuel system on the parameters of the fuel supply 83

- Bolotokov A.L., Gubgokov H.L.**
Investigation of technical condition parameters spray nozzles 93

Dzukanov V.B., Gabaev A.Kh.
Theoretical study of the working process of the sowing apparatus of a grain seeder **100**

Kumakhov A.A., Fiapshev A.G., Kudaev Z.R., Kushaev S.Kh.
Improving the energy efficiency of the electric drive of energy facilities **108**

Food Systems

Vasyukova A.T., Kusova I.U., Moshkin A.V., Gerasimova E.O.
Study of emulsion viscosity for the production of yeast dough **115**

Vorotyntsev N.E., Kuznetsov A.L., Bazankova E.A., Suvorov O.A.
Comparison of the effectiveness of non-thermal treatment methods for waste prevention **123**

Korneva O.A., Tamova M.Yu., Dzhum T.A., Shalamai I.V.
Development of recipes and technology for dessert products with a low glycemic load to enable their consumption by people with dietary restrictions **136**

Khokonova M.B.
Possibility of intensifying malting through use of a complex of enzyme preparations **145**

Shamkova N.T., Simonenko T.A., Tyutyunik T.V., Yakusheva V.O.
The use of aquafaba in the production of berry mousses **152**

ANNIVERSARIES

Congratulations to Abdulkhalikov R.Z. **164**

Congratulations to Pshikhachev S.M. **167**

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

Научная статья

УДК 633.11:631.55:631.82

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15

**Некоторые аспекты действия минеральных удобрений
на урожай и качество зерна яровой пшеницы**Алим Юрьевич Кишев^{✉1}, Нурбий Ильясович Мамсиров²¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030²Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, Майкоп, Россия, 385000^{✉1}a.kish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>²nur.urup@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>

Аннотация. Одна из наиболее важных проблем, которая стоит в настоящее время перед сельским хозяйством, это достижение высокой урожайности сельскохозяйственных культур хорошего качества. В статье приведены результаты исследований, проведенных в предгорной зоне Кабардино-Балкарской республики на посевах яровой пшеницы сорта Воронежская 12. Цель исследования – определить параметры воздействия минерального питания на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы. В ходе проведенного исследования выявлена зависимость урожайности и качественных показателей зерна яровой пшеницы сорта Воронежская 12 от степени обеспеченности элементами минерального питания. Установлено, что содержание отдельных белков в зерне исследуемого сорта напрямую коррелирует с содержанием NO_3 , P_2O_5 и K_2O в надземной массе и зависит от эффективности протекания углеводно-белкового обмена в листьях яровой пшеницы. Выявлено, что внесение минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ обеспечивает максимальный рост урожайности сорта яровой пшеницы Воронежская с 12 до 31,4 ц/га, где прибавка по годам составляла от 7,5 до 43,1%. Кроме того, применение дозы минеральных удобрений $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ повысило качество зерна пшеницы, и соответственно, это привело к увеличению содержания белка в зерне яровой пшеницы до 13,8%.

Ключевые слова: минеральные удобрения, питание, урожайность, качество зерна, яровая пшеница

Для цитирования. Кишев А. Ю., Мамсиров Н. И. Некоторые аспекты действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова 2024. № 3(45). С. 7–15. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15

Original article

Some aspects of the effect of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat

Alim Yu. Kishiev^{✉1}, Nurbiy I. Mamsirov²

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

²Maikop State Technological University, 191 Pervomaiskaya Street, Maykop, Russia, 385000

✉¹a.kish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>

²nur.urup@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>

Abstract. One of the most important problems facing agriculture nowadays is achieving high yields of good quality crops. The article presents the results of studies conducted in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic on spring wheat crops of the Voronezhskaya 12 variety. The purpose of the study is to determine the parameters of the impact of mineral nutrition on the productivity and quality of spring wheat grain. The study revealed the dependence of the yield and quality indicators of spring wheat grain of the Voronezhskaya 12 variety on the degree of provision with mineral nutrition elements. It was found that the content of individual proteins in the grain of the studied variety directly correlates with the content of NO_3 , P_2O_5 and K_2O in the aboveground mass and the efficiency of carbohydrate-protein metabolism in the leaves of spring wheat. It was found that the application of mineral fertilizers in the dose of $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ ensures the maximum yield of the spring wheat variety Voronezhskaya from 12 to 31.4 c/ha, where the increase over the years was from 7.5 to 43.1%. In addition, the use of the dose of mineral fertilizers $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ improved the quality of wheat grain, and accordingly, this led to an increase in the protein content in the grain of spring wheat to 13.8%.

Keywords: mineral fertilizers, nutrition, yield, grain quality, spring wheat

For citation. Kishiev A.Yu., Mamsirov N.I. Some aspects of the effect of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):7–15. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15

Введение. Как известно, применение минеральных удобрений имеет огромное значение в улучшении качества и урожайности сельскохозяйственных культур. Год от года их применение расширяется, и их значимость в сельском хозяйстве увеличивается. Однако до сих пор отсутствуют научно обоснованные рекомендации по внесению минеральных удобрений для различных сельскохозяйственных культур [1, 2].

В последнее время наша страна пополнилась множеством высококачественных сортов пшеницы. Большая роль в решении этой проблемы принадлежит селекционерам. Однако даже самые перспективные сорта из них нередко не достигают результатов, сочетающих в себе как высокую урожайность, так и превосходные качества зерна [3].

Стоит подчеркнуть, что увеличение урожайности путём селекционных работ или

благоприятных условий возделывания является гораздо более простым заданием по сравнению с улучшением качества зерна.

Поэтому для достижения цели – получения зерна с высокой урожайностью и достаточно высоким содержанием белка и клейковины наивысшего качества – необходимо не только тщательно подобрать сорт, но создать условия для оптимального роста и развития.

В сельскохозяйственной практике были случаи, когда минеральные удобрения повышали урожайность культур, но не улучшали его качество или, наоборот, при улучшении качества величина урожая оставалась без изменения [4].

Чтобы достичь желаемого результата от внесения минеральных удобрений, и получить максимальный эффект, следует вносить их рационально. Использование минеральных удобрений требует более тщательного изучения их воздействия на биохимические

процессы в растениях, т. е. рост, развитие, обмен веществ, поскольку только рациональное использование неорганических соединений способствует одновременному увеличению, как урожая, так и его качества.

Результаты работ российских и зарубежных ученых показывают, как воздействуют минеральные удобрения на качественный состав пшеницы, а именно содержание белка в зерне, и этот показатель – основной показатель качества получаемого зерна. Эти исследования доказывают, что применение минеральных удобрений стимулирует рост содержания белка в зерне пшеницы на разных почвенно-климатических условиях возделывания этой культуры. Чтобы достичь максимального результата при этом, необходимо найти оптимальные дозировки минеральных удобрений и время внесения этих удобрений [5–7].

Перед нами была поставлена цель – определить параметры воздействия минерального питания на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы.

В ходе полевых опытов решались следующие задачи:

- 1) изучить влияние норм минерального питания яровой пшеницы на продуктивность и качество зерна;
- 2) установить действия различных доз минеральных удобрений на накопления белков в зерне яровой пшеницы;
- 3) определить влияние норм внесения минеральных удобрений на углеводно-белковый обмен в листьях яровой пшеницы;
- 4) выявить у яровой пшеницы спектр содержания основных макроэлементов и распределение по фракциям в пластинках листьев в зависимости от норм удобрений.

Полевые опыты с яровой пшеницей сорта Воронежская 12 были заложены на полях УПК ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ в 2022-2023 годах в предгорной зоне Кабардино-Балкарской республики.

Материалы, методы и объекты исследования. В наших исследованиях особое внимание уделялось изучению влияния разных доз минеральных удобрений, в частности доз азотных и фосфорных удобрений, на урожайность и качественные показатели получаемого зерна пшеницы, а также соотношение основных элементов питания, входящих в состав удобрений.

Полевой эксперимент по изучению норм внесения минеральных удобрений, влияющих на урожайность и качество пшеницы, проводился по следующей схеме:

Вариант 1 – $N_{60}P_{60}K_{40}$

Вариант 2 – $N_{90}P_{60}K_{40}$

Вариант 3 – $N_{120}P_{60}K_{40}$

Вариант 4 – $N_{60}P_{90}K_{40}$

Вариант 5 – $N_{90}P_{90}K_{40}$

Вариант 6 – $N_{120}P_{90}K_{40}$

В полевом опыте площади делянок составляли $30,8 \text{ м}^2$ ($14 \times 2,2$); где учетной площади отводилось – $25,2 \text{ м}^2$ ($14 \times 1,8$). Опыт закладывался в два яруса. Варианты были расположены по методу правильного и упорядоченного размещения.

Агротехника общепринятая для яровой пшеницы в условиях Северного Кавказа. В период посева использовались семена первой репродукции. Уход за посевами проводился по стандартной технологической карте.

Результаты исследования. Увеличение норм внесения азотных и фосфорных удобрений на фоне K_{40} оказало положительное влияние на вес зерна и белковость (табл. 1).

В ходе анализа экспериментальных данных, приведенных в таблице 1, установлено, что при применении азотно-фосфорно-калийных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{40}$ был зафиксирован максимальный урожай, а на варианте с дозой $N_{120}P_{90}K_{40}$ было зафиксировано максимальное количество белка и клейковины в зерне.

При отклонении от этого баланса, например, с увеличением количества азота или фосфора может наступить либо снижение урожая, либо ухудшение его качественных характеристик.

Этот опыт свидетельствует о том, что урожай пшеницы и его высокое качество в значительной степени определяются балансом азота и фосфора в агротехнике.

Только с идеальным равновесием между этими элементами в удобрениях возникают условия для сбора большого количества зерна с отличными характеристиками. Это доказано исследованиями, которые подтвердили, что максимальное количество зерна яровой пшеницы с отличными показателями качества достигается при оптимальном соотношении азота и фосфора в удобрениях и формируется в том случае, если уровень фосфорного питания не будет преобладать над азотным [4, 8].

Таблица 1. Зависимость урожайности и качества зерна яровой пшеницы сорта Воронежская 12 от различных доз минеральных удобрений

Table 1. Dependence of yield and quality of grain of spring wheat variety Voronezhskaya 12 on various doses of mineral fertilizers

Схема опыта	Урожайность, ц/га		Вес 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Содержание сырой клейковины, %
	зерно	солома			
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	20,4	29,6	33,6	11,5	21,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	27,2	35,0	39,0	14,4	26,4
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	25,3	33,8	36,2	14,9	26,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	21,3	30,2	39,1	12,8	23,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	31,4	36,7	45,5	16,4	32,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	28,7	33,9	43,2	16,8	32,6
НСР	1,07				
Ошибка опыта	1,38				

Содержание белка в зерне – важный показатель его качества. Однако при определении качества зерна пшеницы необходимо учитывать многие показатели, такие как стекловидность, натура, масса 1000 зерен, помимо общего содержания белка. Установлено, что хлебопекарные свойства зерна пшеницы зависят от форм белков, из чего складывается клейковина.

Высокое содержание клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина – напрямую влияет на количество и качество клейковины, а также на силу муки [4, 9].

Качество муки, то есть её сила, зависит, как правило, не только от количества клейковины, но и от её качества, которое должно быть с высоким содержанием клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина.

Повышение дозы азота удобрений с 90 до 120 кг д.в. ощутимо увеличивало содержание глютенина, а содержание глиадины снижалось. Такая тенденция наблюдалась и при повышении дозы фосфора, и это приводило к увеличению содержания всех белков: альбумина, глобулина, глиадины и глютенина (табл. 2).

Таблица 2. Содержание отдельных белков в зерне яровой пшеницы сорта Воронежская 12 в зависимости от доз минеральных удобрений

Table 2. The content of individual proteins in the grain of spring wheat variety Voronezhskaya 12 depending on the dose of mineral fertilizers

Схема опыта	Содержание белков, %			
	альбумина	глобулина	глиадины	глютенина
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,96	2,31	3,38	3,15
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	1,45	2,63	3,68	4,63
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	2,37	3,13	3,67	6,69
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	1,35	2,47	3,42	3,29
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	2,73	2,69	4,42	4,19
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	3,86	3,41	4,40	6,89

Соотношение азота и фосфора (N:P=120:90), их баланс и количество клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина достигают ощутимых параметров, что в конечном итоге повышает содержание водорастворимых белков – альбуминов.

Повышение доз азотных удобрений до 120 кг д.в. на 1 га способствовало не только увеличению содержания белка в зерне, но и изменяло его фракционный состав. Особенно резко возрастало содержание клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина.

Изучая действие разных доз минеральных удобрений на урожайность посевов яровой пшеницы сделали вывод, что повышение до-

зы азота до 120 кг д.в. оказывает существенное влияние на урожай и белковость зерна (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от удобрений
Table 3. Productivity and grain quality of spring wheat depending on fertilizers

Схема опыта	Урожайность, ц/га	Содержание белка в зерне, (в %)	Фракционный состав белка, (в %)				Сбор белка, (в кг с 1 га)
			альбумин	глобулин	глиадин	глютенин	
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	20,4	11,1	1,51	1,45	2,55	3,14	226
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	27,2	12,1	1,68	1,46	2,85	3,87	390
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	25,3	13,2	1,84	1,56	3,48	4,39	334
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	21,3	12,1	1,64	1,74	2,98	3,98	258
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	31,4	12,7	1,71	1,79	3,41	4,42	399
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	28,7	13,8	1,74	1,80	3,53	4,45	396

Удобрения вносили под культивацию, а часть из них – 40 кг д.в. P₂O₅ на 1 га – в рядки при посеве и 60-120 д.в. кг N на 1 га весной в подкормку.

По полученным данным видно, что максимальный сбор белка и урожайность получили при дозе N₉₀P₉₀K₄₀, тогда как содержание белка в зерне было наивысшим на варианте N₁₂₀P₉₀K₄₀.

Полевые исследования показали, что если азот преобладает над фосфором в 2 или 2,5 раза, это приводит к снижению урожайности, хотя качество его улучшается. Следовательно, азотные и фосфорные удобрения необходимо вносить в отношении 2:1 (табл. 4).

Таблица 4. Содержание N, P₂O₅ и K₂O в надземной массе яровой пшеницы
Table 4. Contents of N, P₂O₅ and K₂O in the above-ground mass of spring wheat

Вариант опыта	Цветение			Уборка		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	343	142	445	913	330	703
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	346	139	541	832	319	788
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	380	163	608	840	333	794
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	377	168	611	863	385	812
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	388	167	595	880	381	802
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	388	169	624	894	384	810

Анализ таблицы 4 показал, что максимальные значения содержания элементов питания в надземной массе растения пшеницы были зафиксированы на варианте N₁₂₀P₉₀K₄₀. Это показывает, что повышение урожайности

и качества зерна формируются под влиянием биохимических процессов, протекающих в растениях пшеницы. Поэтому решение вопроса о правильном подборе доз минеральных удобрений, их соотношении должно быть физиологически обосновано, то есть необходимо установить зависимость между условиями питания и направленностью обмена веществ в растении в отдельные фазы роста.

Как известно, критическими моментами в развитии пшеницы являются фаза закладки колоса (три листочка) и конец цветения – начало налива зерна. В первый из этих моментов закладывается урожай, во второй наливаются зерно и формируется его качество [10].

При изучении обмена веществ в растениях пшеницы и влияния его на урожай и качество зерна встает вопрос о роли листьев отдельных ярусов в создании репродуктивных органов. Имеющийся экспериментальный материал свидетельствует о том, что наиболее ответственным моментом в формировании колоса, наливе зерна и накоплении белка в нем является период сразу после цветения. В этих процессах главную роль играют листья верхнего яруса. От размера ассимиляционной поверхности листьев верхнего яруса в фазу налива зерна, от их способности накапливать и транспортировать пластические вещества в репродуктивные органы зависит величина и качество урожая зерна.

Нами установлено снижение содержания сахарозы и тенденция повышения значительного количества азотистых веществ в листьях пшеницы при дозе азота с 60 до 120 кг д.в. и фосфора с 60 до 90 кг д.в. на фоне K₄₀ (табл. 5).

Таблица 5. Углеводно-белковый обмен в листьях яровой пшеницы сорта Воронежская 12 (верхний 7-й лист, фаза – конец цветения, 29 июня) в зависимости от доз минеральных удобрений
Table 5. Carbohydrate-protein metabolism in the leaves of spring wheat variety Voronezhskaya 12 (upper 7th leaf, phase – end of flowering, June 29) depending on the dose of mineral fertilizers

Вариант опыта	Углеводы				Формы азота			
	редуцирующие	сахароза	всего	отношение сахарозы к углеводам редуцирующим	белковый	небелковый	Всего (общий)	отношение белкового азота к небелковому
в % на сухой вес листьев								
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	2,78	1,72	3,50	0,26	3,79	0,88	4,67	4,30
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	2,70	1,62	5,22	0,93	3,64	1,06	4,70	3,43
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	2,88	1,54	4,72	0,64	4,14	1,16	5,30	3,57
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	3,53	3,39	5,92	0,94	3,24	1,11	4,35	2,92
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	3,41	3,19	6,60	0,82	4,48	1,82	5,30	5,40
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	3,46	3,16	6,51	0,81	4,54	1,88	5,41	5,54
в мг на сухой вес одного листа								
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	60,0	65,6	75,6	-	81,9	19,0	100,9	
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	71,8	57,0	138,8	-	96,8	28,2	125,0	
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	101,7	45,0	166,7	-	146,1	41,0	187,1	
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	169,6	125,7	235,3	-	189,1	50,5	219,6	
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	126,8	118,7	225,5	-	166,7	30,5	197,2	
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	169,9	104,9	234,8	-	178,1	48,4	214,5	

Многие ученые отмечали такую закономерность, что при повышенных уровнях азота в растениях, особенно в листьях, содержание сахаров обычно должно снижаться из-за увеличенного использования их для синтеза белков. Однако это происходит только при внесении повышенной дозы азотных удобрений, в отличие от фосфорных. По результатам наших исследований с наиболее оптимальным соотношением этих элементов (120:90) в листьях наблюдалось повышенное количество белкового азота и сахаров, включая сахарозу. Таким образом, в растении создаются условия, при которых синтез белков и сахаров происходит одновременно и эффективно.

Полученные данные о взаимодействии углеводов и белков наглядно демонстрируют важность оптимального соотношения отдельных элементов в питании растений. Фосфорный обмен в растении тесно связан с обменом углеводов и белков, так как энергия, накопленная в фосфатных связях, играет ключевую роль во многих процессах, включая синтез белков. Указанная связь наглядно

подтверждается при сопоставлении данных таблицы 6.

В таблице 6 показано, что с повышением норм внесения азотного удобрения растет содержание простых белков, но при этом количество нуклеопротеидов не повышается. Также наблюдается снижение минерального фосфора, в особенности органических и кислоторастворимых фосфорных соединений.

Увеличение дозы фосфора с P₆₀ до P₉₀ привело к росту общего содержания фосфора, в основном за счет минерального фосфора, что означает, что фосфор накапливался в растении, но не использовался полностью в обмене веществ.

Увеличение количества азота при повышенной дозе фосфора незначительно влияет на общее содержание фосфора, однако его участие в обмене веществ значительно возрастает, о чем можно судить по уменьшению содержания минерального фосфора и увеличению органических его компонентов.

Таким образом, изучение действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы подтверждает важ-

ность дозировки и соотношения элементов минерального питания. Кроме того, использование основного минерального питания в оптимальной для растения пшеницы дозе и

их смешанное внесение с поздними подкормками азотом способствуют повышению не только урожая, но и показателей качества получаемой продукции.

Таблица 6. Влияние условий питания на содержание фосфора и распределение его по фракциям в пластинках листьев яровой пшеницы сорта Воронежская 12 (верхний лист, фаза – конец цветения, 29 июня)

Table 6. The influence of nutritional conditions on the phosphorus content and its distribution among fractions in the leaf blades of spring wheat variety Voronezhskaya 12 (top leaf, phase – end of flowering, June 29)

Вариант опыта	Распределение P ₂ O ₅ по формам					
	всего (общий)	минеральный	нуклеопротеиды	фосфатиды	органический, растворимый в 1%-ной HCl	сумма органического
в % на сухой вес листьев						
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	909	510	94	124	181	399
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	952	471	121	127	223	481
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	842	436	133	115	158	406
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	1052	606	133	133	290	546
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	1119	491	122	120	266	528
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	896	481	132	128	287	415
в мг на сухое вещество верхних листьев						
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	19,6	11,0	2,0	2,7	3,9	8,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	25,3	12,5	3,5	3,4	5,9	12,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	29,7	15,4	4,7	4,1	5,6	14,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	41,8	19,7	5,4	5,7	9,0	18,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	37,9	18,3	5,3	4,5	9,9	16,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	40,0	19,4	5,5	5,3	9,8	20,6

Выводы. 1. В ходе полевых экспериментов установлено, что внесение минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₄₀ обеспечивает максимальную урожайность сорта яровой пшеницы Воронежская 12 до 31,4 ц/га, прибавка урожая по годам исследования составила от 7,5 до 43,1%.

2. Применение дозы минеральных удобрений N₁₂₀P₉₀K₄₀ повысило качество зерна пшеницы, что привело к увеличению уровня белка в зерне яровой пшеницы Воронежской от 12 до 13,8%.

Список литературы

1. Эффективность микроэлементов в земледелии / А. Ю. Кишев, И. М. Ханиева, З. С. Шибзухов, Т. Б. Жеруков // Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 19–23. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-19-23. EDN: YUVRZB
2. Изменения показателей качества зерна яровой пшеницы в зависимости от применения макроудобрений / И. М. Ханиева, З. С. Шибзухов, А. Ю. Кишев, Р. А. Гажева, Т. Б. Жеруков // Международные научные исследования. 2017. № 3(32). С. 316–319. EDN: YKWIVD
3. Влияние азотных минеральных удобрений на продукционный процесс яровой пшеницы в лесостепи Восточной Сибири / А. В. Бобровский, Н. С. Козулина, А. В. Василенко, А. А. Крючков, М. А. Михайлец // Земледелие. 2021. № 8. С. 13–18. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-8-13-17. EDN: VFICBQ

4. Семенова Е. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Уральского региона: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2020. 22 с.
5. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения / А. Е. Уфимцев, М. Г. Уфимцева, Н. В. Абрамов, С. В. Шерстобитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4. С. 18–22. EDN: SRLYXH
6. Кушхаканова И. М. Основные показатели качества зерна // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Т. 5. Курск, 2021. С. 354–356. EDN: WZXCEB
7. Kishev A.Yu., Berbekov K.Z., Shibzukhova Z.S. [et al.]. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. В сборнике: E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021". 2021. Том 254.
8. Шибзухов З. С. Кишев А. Ю. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность яровой твердой пшеницы в зависимости от сроков посева в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр Кабардино-Балкарский научный центр российской академии наук», доктора технических наук, профессора П. М. Иванова. 2017. С. 291–293. EDN: ZFEYFB
9. Влияние биопрепаратов на рост и развитие различных сортов яровой пшеницы / А. А. Мечукаев, З. С. Шибзухов, А. А. Дышкекова, З. С. Шибзухова // Развитие современной аграрной науки: актуальные вопросы, достижения и инновации: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. Г. Лучкова. Часть 1. Нальчик, 2024. С. 119–123. EDN: LOTJHU
10. Продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сроков посева / Ф. Х. Тхазеплова, Т. Б. Шалов, А. Я. Тамахина, А. А. Расулов, Б. М. Князев // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 2 (50). С. 103–109. EDN: DOTCLO

References

1. Kishev A.Yu. [et al.]. Efficiency of microelements in agriculture. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. 2019;(1):19–23 (In Russ.). DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-19-23. EDN: YUVRZB
2. Khanieva I.M. [et al.]. Changes in quality indicators of spring wheat grain depending on the use of macrofertilizers. *International scientific researches*. 2017;3(32):316–319. (In Russ.). EDN: YKWIVD
3. Bobrovsky A.V. [et al.]. The influence of nitrogen mineral fertilizers on the production process of spring wheat in the forest-steppe of Eastern Siberia. *Zemledeliye*. 2021;(8):13–18. (In Russ.). DOI: 10.24412/0044-3913-2021-8-13-17. EDN: VFICBQ
4. Semenova E.A. *Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo yarovoy pshenitsy v usloviyakh serykh lesnykh pochv Ural'skogo regiona: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of spring wheat in the conditions of gray forest soils of the Ural region: abstract of thesis. dis. ... cand. agricultural Sci]. Moscow, 2020. 22 p. (In Russ.)
5. Ufimtsev A.E. [et al.]. Features of mineral nutrition of spring wheat in conditions of insufficient moisture. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;(4):18–22. (In Russ.). EDN: SRLYXH
6. Kushkhakanova I.M. Main indicators of grain quality. *Nauka molodykh – budushcheye Rossii: sbornik nauchnykh statey 6-y Mezhdunarodnoy nauchnoy kon-ferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh*. T. 5. [Science of the young - the future of Russia: a collection of scientific articles of the 6th International scientific conference of promising developments of young scientists. Vol. 5]. Kursk, 2021. Pp. 354–356. (In Russ.). EDN: WZXCEB
7. Kishev A.Yu. [et al.]. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. In the collection: E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021". 2021. Vol. 254.
8. Shibzukhov Z.S. Kishev A.Yu. Productivity and photosynthetic activity of spring durum wheat depending on the sowing time in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Ustoychivoye razvitiye: problemy, kontseptsii, modeli. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 75-letiyu predsedatelya FGBNU «Federal'nyy nauchnyy tsentr Kabardino-Balkarskiy nauchnyy tsentr rossiyskoy akademii nauk», doktora tekhnicheskikh nauk, professora P.M. Ivanova* [Sustainable development:

problems, concepts, models. Materials of the All-Russian conference with international participation dedicated to To the 75th anniversary of the Chairman of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Doctor of Technical Sciences, Professor P.M. Ivanov]. 2017. Pp. 291–293. (In Russ.). EDN: ZFEYFB

9. Mechukaev A.A. [et al.]. Influence of biological products on the growth and development of different varieties of spring wheat. *Razvitiye sovremennoy agrarnoy nauki: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati zaslužhennogo deyatelya nauki RSFSR, doktora sel'sko-khozyaystvennykh nauk, professora P. G. Luchkova* [Development of modern agricultural science: current issues, achievements and innovations: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Agricultural Sciences, Professor P. G. Luchkov. Part 1. Nalchik, 2024. Pp. 119–123. (In Russ.). EDN: LOTJHU

10. Tkhezeplova F.Kh. [et al.]. Productivity and quality of spring wheat grain in dependence on the time of sowing. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2022;2(50):103–109. (In Russ.). EDN: DOTCLO

Сведения об авторах

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

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

Information about the authors

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

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

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 11.07.2024;
одобрена после рецензирования 27.08.2024;
принята к публикации 06.09.2024.*

*The article was submitted 11.07.2024;
approved after reviewing 27.08.2024;
accepted for publication 06.09.2024.*

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Hydraulic engineering, hydraulics and engineering hydrology

Научная статья

УДК 626/627

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-16-22

**Новая конструкция берегоукрепительного сооружения для русел
в легкоразмываемых грунтах**

Ахмед Абдулкеримович Созаев^{✉1}, Салигаджи Омарович Курбанов²,
Мухамед Нургалиевич Кокоев³, Абдулла Мухаммед-Саад Баджмук⁴

^{1,2,4}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова,
проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

³Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, ул. Чернышевского,
173, Нальчик, Россия, 360004

^{✉1}sozaev07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8505-124X>

²05bereg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5230-7053>

³kbagrostroy@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8967-6392>

⁴abdul.badzhmuk@mail.ru

Аннотация. При проектировании и реконструкции существующих берегоукрепительных сооружений на участках рек, проходящих в предгорной зоне, возникают большие сложности с обеспечением совместной работы сооружений и береговых массивов из-за неустойчивости и легкоразмываемости грунтов русла, протекающих в аллювиальных отложениях. В результате существенно снижается надежность сооружений. От эффективности работы берегозащитных сооружений зависит устойчивость прилегающих территорий и объектов. В статье предлагается эффективное техническое решение по проектированию и строительству нового типа берегоукрепительного сооружения в виде ступенчатой габионной подпорной стенки с анкерованием каждой ступени в тело прибрежной насыпной грунтовой дамбы арматурными решетками. Особенностью предлагаемой конструкции является повышение устойчивости берегоукрепительного сооружения на легкоразмываемых грунтах путем анкерования ступеней подпорной стенки в тело прибрежной насыпной грунтовой дамбы горизонтальными арматурными решетками. Для большей эффективности анкерная решетка укладывается на уровне верха габионного ящика. В отличие от берегоукрепительных сооружений с армогрунтовыми дамбами здесь обеспечивается совместная работа подпорной стенки и берегового массива (дамбы) за счет применения решетчатых анкеров, при этом предлагаемая конструкция проще в исполнении. Тем самым обеспечивается устойчивость и надежность работы подпорных стен.

Ключевые слова: берегозащитные сооружения, легкоразмываемое русло, подпорная стенка, надежность работы, устойчивость, ступенчатая лицевая грань, габионы, усиленные габионные ящики, анкер, анкерная решетка

Для цитирования. Созаев А. А., Курбанов С. О., Кокоев М. Н., Баджмук А. М.-С. Новая конструкция берегоукрепительного сооружения для русел в легкоразмываемых грунтах // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 16–22.
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-16-22

Original article

A new design of a shore protection structure for riverbeds in easily eroded soils

Ahmed A. Sozaev^{✉1}, Saligadzhi O. Kurbanov², Mukhamed N. Kokoev³,
Abdulla M.-S. Badzhmuk⁴

^{1,2,4}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

³Kabardino-Balkarian State University named after. Kh.M. Berbekov, 173 Chernyshevsky Street, Nalchik, Russia, 360004

^{✉1}sozaev07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8505-124X>

²05bereg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5230-7053>

³kbagrostroy@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8967-6392>

⁴abdul.badzhmuk@mail.ru

Abstract. When designing and reconstructing existing bank protection structures on sections of rivers passing in the foothill zone, great difficulties arise in ensuring the joint operation of structures and coastal massifs due to the instability and easy erosion of channel soils flowing in alluvial deposits. As a result, the reliability of structures is significantly reduced. The stability of adjacent territories and objects depends on the effectiveness of bank protection structures. The article proposes an effective technical solution for the design and construction of a new type of bank protection structure in the form of a stepped gabion retaining wall with anchoring of each step into the body of the coastal embankment dam with reinforcement grids. A feature of the proposed design is to increase the stability of the bank protection structure on easily eroded soils by anchoring the steps of the retaining wall into the body of the coastal earth embankment dam with horizontal reinforcement grids. For greater efficiency, the anchor grid is laid at the level of the top of the gabion box. Unlike bank protection structures with reinforced soil dams, the joint operation of the retaining wall and the coastal mass (dam) is ensured here through the use of lattice anchors, while the proposed design is simpler in execution. This ensures the stability and reliability of the retaining walls.

Keywords: coastal protection structures, easily eroded channel, retaining wall, reliability, stability, stepped front face, gabions, reinforced gabion boxes, anchor, anchor grid

For citation. Sozaev A.A., Kurbanov S.O., Kokoev M.N., Badzhmuk A.M.-S. A new design of a shore protection structure for riverbeds in easily eroded soils. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):16–22. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-16-22

Введение. Руслообразование – сложный и многофакторный процесс, зависящий от противоэрозионной устойчивости грунтов, скоростей потока, состава и характера перемещения твердого стока, его отложения. Эрозионно-аккумулятивные процессы не постоянны во времени, поэтому все время изменяются условия руслообразования и этот процесс бесконечен. Процесс усложняется тем, что на последующие этапы формирования русла накладываются и влияют результаты предыдущих процессов. Эта особенность больше проявляется у рек с неравномерным стоком, и в частности на участках рек предгорной зоны. Здесь русло реки в основном проходит в ал-

лювиальных отложениях большой мощности, характеризующихся преобладанием в составе песков различной крупности, галечников и гравия.

Составной частью русловых процессов являются процессы денудации (абразии) и аккумуляции в прибрежной зоне рек. Для рек предгорной зоны, русло которых, как правило, проходит в рыхлых легкоразмываемых породах, характерна боковая механическая абразия под действием гидродинамического воздействия воды. В результате в береговом уступе и в основании уступа формируется воронка размыва, происходит её углубление, образуется вертикальный уступ и обрушение

части берега. Процесс неоднократно повторяется. Интенсивность размыва берегов и их локализация зависят от морфологии, строения

берегов и морфодинамического типа русла. Максимально интенсивно берега размываются на вогнутых участках (рис. 1).



Рисунок 1. Размыв автомобильной дороги вдоль реки Черек
Figure 1. Erosion of the highway along the Cherek River

Цель исследования – разработка эффективных технических решений для повышения надежности берегозащитных сооружений на участках рек предгорной зоны, характеризующихся сложными эксплуатационными условиями.

Материалы, методы и объекты исследования. В речных условиях, как правило, применяются берегоукрепительные сооружения пассивного типа. По конструкции выделяют откосные, вертикальные и комбинированные берегоукрепительные сооружения. Наиболее распространены откосные сооружения – плитные, тюфячные и набросные. Плитные крепления с крутизной откоса (уклоном) 1:1,5-1:3 устраивают из сборных или монолитных железобетонных плит толщиной 15-40 см, укладываемых на фильтрующий слой из щебня или синтетического материала. На более пологий откос (крутизной 1:2,5-1:5) укладывают тюфячные покрытия [1, 2].

Набросные берегоукрепительные сооружения из камня или фигурных бетонных блоков различного размера и формы могут вводиться при крутизне откоса 1:1,25-1:1,5. Разновидностями берегоукрепительных сооружений с использованием каменного материала являются каменное мощение и габионы [3–5].

Для участков рек предгорной зоны, проходящих в рыхлых легко размываемых породах сложно обеспечить надежную работу традиционных берегоукрепительных сооружений. Это связано с высокими скоростями и турбулентностью потока, быстонарастающими и нисходящими паводками, провоцирующими процессы фильтрационного противодействия и суффозии, неправильный выбор конструкций крепления и их плохое взаимодействие с береговыми массивами и т. п.

Для этих условий предлагается новый вид ступенчатой габионной подпорной стенки с анкерованием каждой ступени в тело при-

брежной насыпной грунтовой дамбы армированными решетками.

Результаты исследования. В качестве берегозащитного сооружения предлагается ступенчатая подпорная стенка, ступени которой выполнены из сварных габионных ящиков, заполненных каменным материалом. Габионные ящики выполняются из стальных арматурных стержней в виде сварных ящиков с ячейками, образованными поперечными перегородками. На стенки и дно ящиков укладывается габионная сетка и закрепляется к стержням ящиков. Секции плотно заполняются каменным материалом. Ящики сверху так

же закрываются габионной сеткой, прикрепленной по периметру к стенкам ящика.

Практика показывает, что надежность габионных подпорных стенок в качестве берегоукрепительных и берегозащитных сооружений низкая, так как сложно обеспечить их устойчивость на легкоразмываемых грунтах в основании. Поэтому предлагается каждую ступень анкеровать в тело прибрежной насыпной грунтовой дамбы горизонтальными арматурными решетками. Для большей эффективности анкерная решетка укладывается на уровне верха габионного ящика (рис. 2).

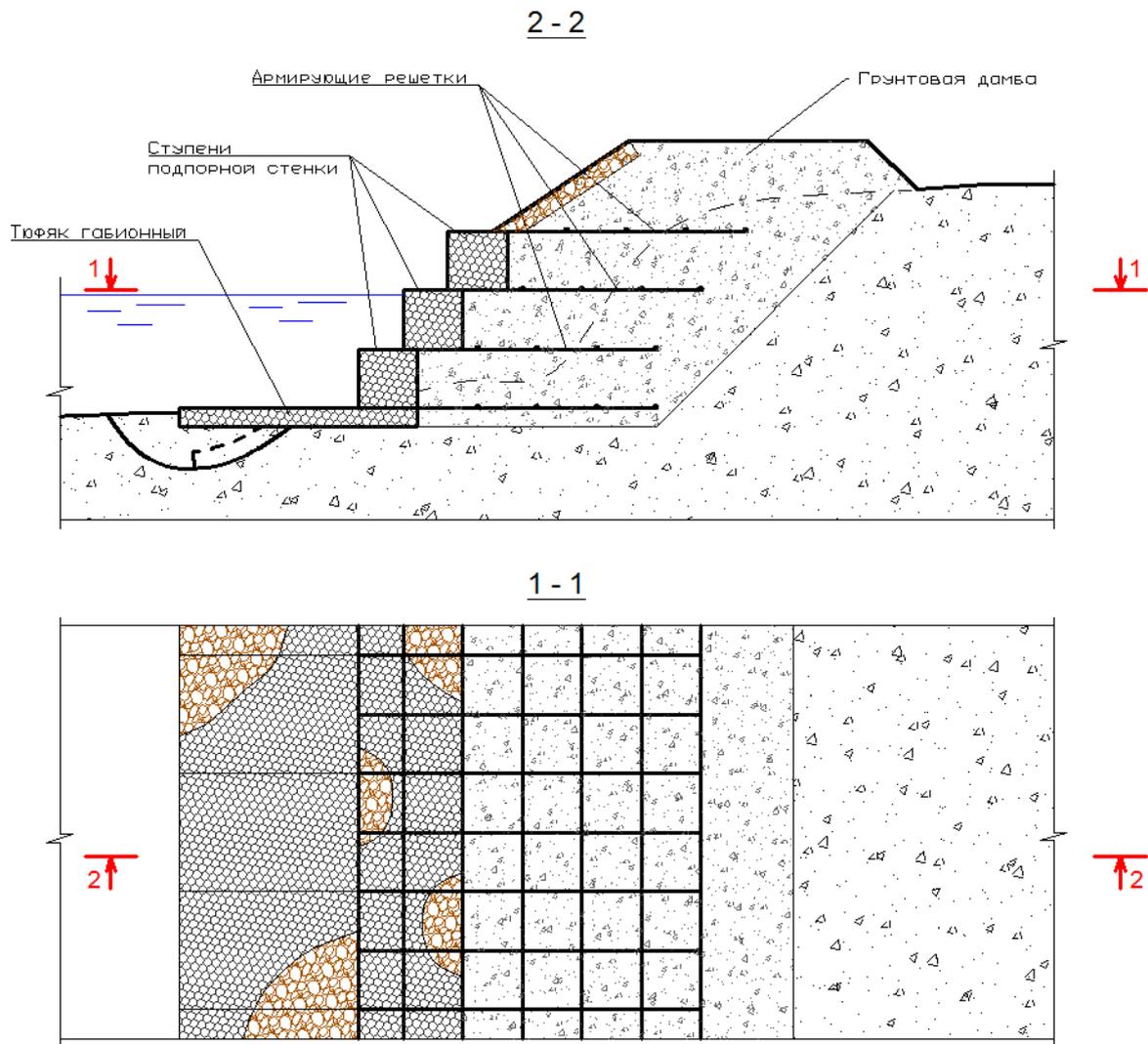


Рисунок 2. Ступенчатая подпорная стенка с решетчатыми анкерами
Figure 2. Stepped retaining wall with lattice anchors

Для предотвращения донного размыва перед подпорной стенкой вдоль основания первой ступени и русла реки устраивается гибкий противоразмывный донный фартук

из габионных матрасов, заполненный гравием и галькой. Причем фартук является основанием подпорной стенки и также анкеруется в основание берегового массива [6, 7].

Подпорная стенка является одновременно и берегозащитным сооружением и дренажным устройством. Поэтому для безопасной фильтрации и предотвращения суффозии под габионные элементы конструкции укладывается геомат [8, 9].

При строительстве подпорной стенки необходимо соблюдать следующую последовательность. Строительство ведется по участкам. На первом участке производится планировка площадки по отметкам низа донного фартука из габионных матрасов и устраивается фартук по слою геомата. Производится обратная засыпка пазуха с уплотнением грунта до верха матраса фартука. Укладывается анкерная решетка и связывается с фартуком. В качестве анкера используется сварная арматурная решетка ячейками $1,0 \times 1,0$ м. Изготавливается сварной габионный ящик из арматурных стержней, изнутри выложенный габионной сеткой, и устанавливается согласно проекту [10, 11]. Габион заполняется каменным материалом. При этом сварной габионный ящик обладает достаточной прочностью и сохраняет форму при использовании в качестве заполнения местного валунного камня и гальки. Поэтому заполнение механизированным способом засыпается в ящик, не требует укладки. Это сильно облегчает и ускоряет строительство. За счет механизации работ и использования местного материала снижаются также и затраты на строительство. После устройства габионов первой ступени подпорной стенки осуществляется послойно обратная засыпка с уплотнением каждого слоя

грунта до верха габионного ящика. Укладывается анкерная решетка и сваривается с ящиком. При этом для большей устойчивости анкерная решетка приваривается и к стержням передней стенки ящика.

Далее аналогично устраиваются вторая и последующие ступени и выше подпорной стенки из местного грунта отсыпается дамба принятого профиля и высоты.

Выводы. Гибкая и водопроницаемая конструкция подпорной стенки работает как защитное сооружение и как дренаж, обеспечивает устойчивость прибрежных откосов. Основные гидродинамические нагрузки паводковых потоков воспринимают усиленные габионы и противоразмывочные матрасы фартука. Ширина фартука B принимается $B > 1,5h_p$, где h_p – максимальная глубина воронки размыва перед сооружением. При размыве русла фартук будет ложиться по откосу воронки и препятствовать дальнейшему распространению размыва в сторону подпорных стен. Отличительной особенностью является совместная работа подпорной стенки и берегового массива (дамбы) за счет применения решетчатых анкеров. Тем самым обеспечивается устойчивость и надежность работы подпорных стен.

Таким образом, предлагаемая подпорная стенка обеспечит надежную защиту прибрежных зон на предгорных участках.

На предлагаемую конструкцию берегоукрепительного сооружения подготовлена заявка на изобретение.

Список литературы

1. Мелиорация и водное хозяйство. 4. Сооружения: справочник / Под ред. П. А. Полад-заде. Москва: Агропромиздат, 1987. 464 с.
2. Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин, В. А. Бородин, В. Г. Ганчиков, Ю. М. Косиченко / Под ред. В. С. Алтунина. Москва: Агропромиздат, 1988. 160 с. EDN: RVYSFT
3. Каганов Г. М., Румянцев И. С. Гидротехнические сооружения: учебник. В 2-х кн. Кн. 2. Москва: Энергоатомиздат, 1994. 272 с.
4. Курбанов С. О., Созаев А. А. Природоохранное обустройство и инженерная защита территорий от природных экзогенных процессов: учебно-методическое пособие. Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2015. 120 с. ISBN 978-5-933680-901-9
5. Агостин Рафаэле, Биззари Альберто. Гибкие конструкции с использованием габионов и матрасов Рено в работах по регулированию русел рек. Болонья, 1987.
6. Технические указания по применению габионов для усиления земляного полотна. Москва, 1998.
7. Шевченко К. И. Техничко-экономическое обоснование применения габионных структур для целей инженерной защиты территорий / Моек. Представительство Фирмы «Оффичине Маккаферри». Москва, 1996.

8. Flexible gabion and Reno mattress structures in river and stream training work: Section two. Labanti e Nanni / Officine Maccaferri S.p.A., R. Agostini, F. Ferrario, A. Papetti. Bologna, 1989.
9. Перевозников Б. Ф. Новые прогрессивные решения по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве // Автомобильные дороги: Информ. сб. / Информавтодор, 1999. Вып. 6.
10. Пат. 2336389 Российская Федерация; МПК E02B 3/12. Способ возведения подпорных стенок из габионов / С. О. Курбанов, К. С. Курбанов, А. А. Созаев; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственная фирма «Берег». № 2006127239/03; заявл. 26.07.2006; опубл. 20.10.2008, Бюл. № 29.
11. Курбанов С. О., Созаев А. А. Проблемы инженерной защиты и природоохранного обустройства прибрежных урбанизированных зон малых рек на Юге России // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2016. № 118(04). Доступно по ссылке: URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/55.pdf> (дата обращения: 08.09.2021).

References

1. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo. 4. Sooruzheniya: spravochnik. Pod red. P.A. Polad-zade* [Land reclamation and water management. 4. Structures: reference book. Ed. P.A. Polad-zade]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 464 p. (In Russ.)
2. Altunin V.S., Borodin V.A., Ganchikov V.G., Kosichenko Yu.M. *Zashchitnyye pokrytiya orositel'nykh kanalov. Pod red. V.S. Altunina* [Protective coatings for irrigation canals. Ed. V.S. Altunin]. Moscow: Agropromizdat, 1988. 160 p. EDN: RVYSFT (In Russ.)
3. Kaganov G.M., Rummyantsev I.S. *Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya: uchebnik. V 2-kh kn. Kn. 2* [Hydraulic structures: textbook. In 2 books. Book 2]. Moscow: Energoatomizdat, 1994. 272 p. (In Russ.)
4. Kurbanov S.O., Sozaev A.A. *Prirodookhrannoye obustroystvo i inzhenernaya zashchita territoriy ot prirodnykh ekzogennykh protsessov: uchebno-metodicheskoye posobiye* [Environmental development and engineering protection of territories from natural exogenous processes: educational manual]. Nalchik: Izd-vo M. i V. Kotlyarovykh, 2015. 120 p. ISBN 978-5-933680-901-9. (In Russ.)
5. Rafaele Agostin, Al'berto Bizzari. *Gibkie konstrukcii s ispol'zovaniem gabionov i matrasov Reno v rabotah po regulirovaniyu rusel rek* [Flexible structures using gabions and Reno mattresses in the work on regulating riverbeds]. Bolon'ya 1987. (In Russ.)
6. *Tekhnicheskie ukazaniya po primeneniyu gabionov dlya usileniya zemlyanogo polotna* [Technical instructions for the use of gabions to strengthen the roadbed]. Moscow, 1998. (In Russ.)
7. Shevchenko K.I. *Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye primeneniya gabionnykh struktur dlya tseley inzhenernoy zashchity territoriy. Moyek. Predstavitel'stvo Firmy «Ofichine Makkaferri»* [Feasibility study of the use of gabion structures for the purposes of engineering protection of territories. Moek. Representative office of the "Officine Maccaferri" Company]. Moscow, 1996. (In Russ.)
8. Agostini R., Ferrario F., Papetti A. Flexible gabion and Reno mattress structures in river and stream training work: Section two. Labanti e Nanni. Officine Maccaferri S.p.A. Bologna, 1989.
9. Perevoznikov B.F. *Novyye progressivnyye resheniya po primeneniyu gabionnykh konstruktсий v dorozhno-mostovom stroitel'stve. Avtomobil'nyye dorogi: Inform. sb.* [New progressive solutions for the use of gabion structures in road and bridge construction. Automobile roads: Inform. Sat.]. Informavtodor, 1999. Issue. 6. (In Russ.)
10. Pat. 2336389 Russian Federation; Int. Cl. E02B 3/12. Method for erection of revetment walls of gabions. S.O. Kurbanov, K.S. Kurbanov, A.A. Sozaev; applicant and patent holder Limited Liability Company Scientific and Production Company "Bereg". No. 2006127239/03; application 07.26.2006; publ. 10.20.2008, Bull. No. 29. (In Russ.)
11. Kurbanov S.O., Sozaev A.A. Problems of engineering protection and environmental protection of coastal urban areas of small rivers in the South of Russia. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016;118(04). URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/55.pdf> [Access date: 09.08.2021]. (In Russ.)

Сведения об авторах

Созаев Ахмед Абдулкеримович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8151-1898, Scopus ID: 57219247588

Курбанов Салигаджи Омарович – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2067-1130, Scopus ID: 7006253868

Кокоев Мухамед Нургалиевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова», SPIN-код: 3666-5858, Scopus ID: 7801544555

Баджмук Абдулла Мухаммед-Саад – аспирант кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Akhmed A. Sozaev – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8151-1898, Scopus ID: 57219247588

Saligadzhi O. Kurbanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2067-1130, Scopus ID: 7006253868

Mukhamed N. Kokoiev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction Production, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, SPIN-code: 3666-5858, Scopus ID: 7801544555

Abdulla M.-S. Badzhmuk – Postgraduate student of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 02.07.2024;
одобрена после рецензирования 22.07.2024;
принята к публикации 01.08.2024.*

*The article was submitted 02.07.2024;
approved after reviewing 22.07.2024;
accepted for publication 01.08.2024.*

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 636.234.1.034

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-23-30

Влияние ультрафиолетовых лучей спектра А на рост и развитие тёлочек
голландской породы в зимний стойловый периодОрест Антипович Басонов^{✉1}, Полина Алексеевна Феоктистова²,
Руслан Нусратович Мамедов³Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева,
проспект Гагарина, 97, Нижний Новгород, Россия, 603107^{✉1}prorect-nauch@nnsatu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7916-4774>²feoktistova.ngatu@mail.ru³mrussik@bk.ru

Аннотация. Обеспечение оптимальных условий для роста и развития молодняка сельскохозяйственных животных, в особенности в зимний стойловый период, является одной из актуальных проблем в современном молочном животноводстве. Данный вопрос имеет большую практическую значимость, поскольку от полноценного физиологического развития молодняка напрямую зависит его будущая продуктивность и экономическая эффективность отрасли в целом. В статье изучено влияние УФ-лучей спектра А на рост и развитие голландских тёлочек в зимний стойловый период. Животные в опытных группах подвергались облучению, а в контрольных – нет. По результатам исследования было установлено, что при трехкратном облучении по 15 минут в сутки живая масса опытной группы в возрасте 5 месяцев была больше на 8,17% по сравнению с контрольной группой, а при трехкратном облучении по 20 минут в сутки живая масса опытной группы в возрасте 4 месяцев была больше на 4,3% по сравнению с тёлочками, не подвергавшимися к облучению. Было установлено, что действие ультрафиолетовых лучей спектра А положительно отразилось на росте и развитии тёлочек голландской породы в зимний стойловый период.

Ключевые слова: молочное скотоводство, ультрафиолет, излучение, голландская порода, живая масса, интенсивность роста

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания «Повышение продуктивных показателей и качества продукции сельскохозяйственных животных на основе ультрафиолетового воздействия» по заказу Министерства науки и высшего образования Российской Федерации за счет средств федерального бюджета.

Для цитирования. Басонов О. А., Феоктистова П. А., Мамедов Р. Н. Влияние ультрафиолетовых лучей спектра А на рост и развитие тёлочек голландской породы в зимний стойловый период // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 23–30. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-23-30

Original article

The effect of ultraviolet rays of the A spectrum on the growth and development of Holstein heifers in winter stall period

Orest A. Basonov^{✉1}, Polina A. Feoktistova², Ruslan N. Mamedov³

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y. Florentyev, 97 Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, Russia, 603107

¹proect-nauch@nnsatu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7916-4774>

²feoktistova.ngatu@mail.ru

³mrussik@bk.ru

Abstract. Providing optimal conditions for the growth and development of young farm animals, especially during the winter stall period, is one of the pressing issues in modern dairy farming. This issue is of great practical importance, since the future productivity of young animals and the economic efficiency of the industry as a whole directly depend on their full physiological development. The article studies the effect of UV rays of the spectrum A on the growth and development of Holstein heifers during the winter stall period. Animals in the experimental groups were exposed to irradiation, while those in the control groups were not. The study found that with three-time irradiation for 15 minutes per day, the live weight of the experimental group at the age of 5 months was 8.17% more than that of the control group, and with three-time irradiation for 20 minutes per day, the live weight of the experimental group at the age of 4 months was 4.3% more than that of heifers that were not exposed to irradiation. It was found that the effect of ultraviolet rays of spectrum A had a positive effect on the growth and development of Holstein heifers during the winter stall period.

Keywords: dairy cattle breeding, ultraviolet, radiation, Holstein breed, live weight, growth rate

Financing. The work was carried out within the framework of the state task "Improving the productive indicators and quality of farm animal products based on ultraviolet exposure" with funding from the federal budget.

For citation. Basonov O.A., Feoktistova P.A., Mamedov R.N. The effect of ultraviolet rays of the A spectrum on the growth and development of Holstein heifers in winter stall period. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):23–30. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-23-30

Введение. Одной из актуальных проблем современного молочного животноводства является обеспечение оптимальных условий для роста и развития молодняка сельскохозяйственных животных, особенно в зимний стойловый период. Решение данной проблемы имеет большое практическое значение, поскольку от полноценного физиологического развития молодого поголовья напрямую зависит его будущая продуктивность, а также экономическая эффективность отрасли в целом [1].

Одним из важных факторов, влияющих на рост, развитие и здоровье молодняка крупного рогатого скота, является обеспечение достаточного уровня ультрафиолетового (УФ) излучения в животноводческих поме-

щениях. Ультрафиолетовые лучи играют ключевую роль в регуляции обмена веществ, синтезе витамина D, формировании костно-мышечной системы, а также в поддержании общей резистентности организма к заболеваниям [2–4].

В зимний стойловый период, когда животные лишены естественных источников ультрафиолета, создаются предпосылки для возникновения нарушений в росте, развитии и общем физиологическом состоянии. Недостаточное УФ-облучение данной категории животных может вызывать замедление роста, снижение продуктивности, повышенную заболеваемость и, как следствие, значительные экономические потери в животноводческих хозяйствах [5].

Ультрафиолетовый спектр располагается между видимым светом и радиационным излучением (рис. 1). Весь УФ диапазон условно делится на два поддиапазона: ближний и дальний. В то же время в зависимости от

длины волны УФ-лучи подразделяются на УФ-А – длинноволновое излучение (320-400 нм), УФ-В – средневолновое излучение (280-320 нм) и УФ-С – коротковолновое излучение (200-280 нм) [6–8].

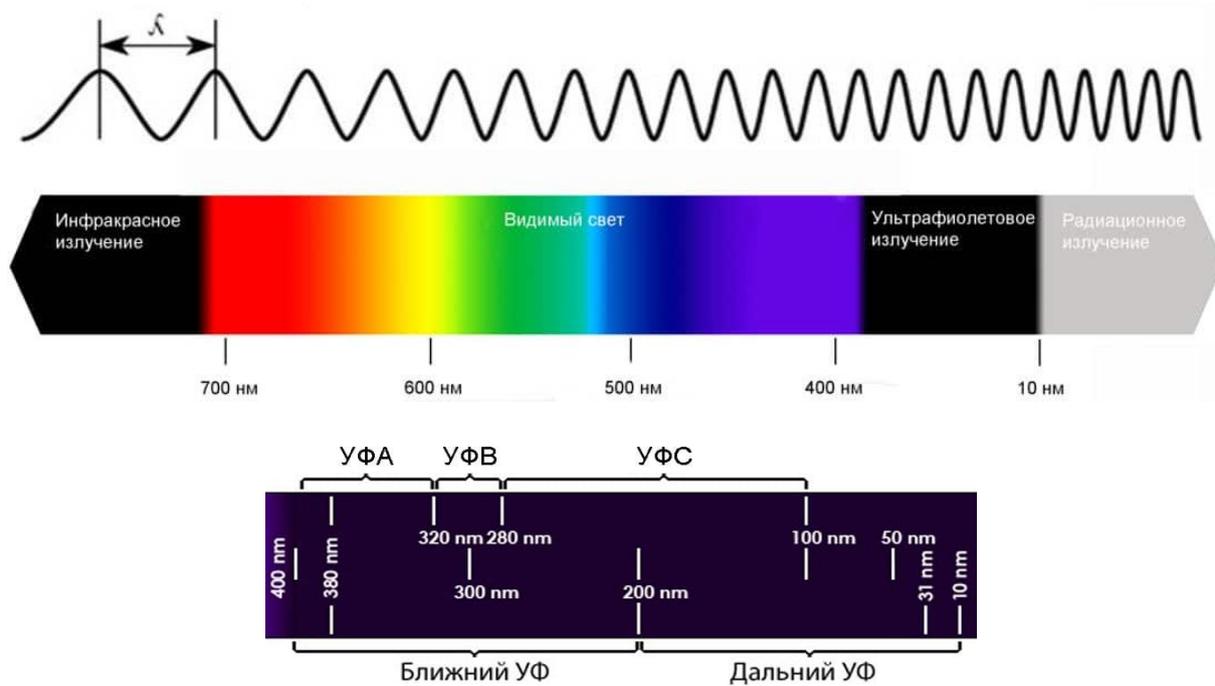


Рисунок 1. Ультрафиолетовый диапазон
Figure 1. Ultraviolet range

Ультрафиолетовое излучение имеет разную степень влияния на биологические объекты в зависимости от длины волн, вследствие чего подразделяется на три подобласти. Длинноволновое излучение (УФ-А) находится в диапазоне от 320 до 400 нм и является основной частью солнечной радиации. Ультрафиолетовые лучи спектра А хорошо проникают в кожу и оказывают пигментообразующее действие.

Ультрафиолетовые лучи спектра В находится в диапазоне от 280 до 320 нм, обладает антираhitным действием – способствует превращению провитамина D в витамин D, который влияет на усвояемость кормов, накопление достаточного уровня кальция в организме, что положительно отражается на сохранности молодняка [7, 9].

Коротковолновые ультрафиолетовые лучи спектра С (100-280 нм) оказывают бактерицидное действие и часто применяются для обеззараживания воздуха.

Таким образом, вопрос изучения влияния ультрафиолетового излучения на физиологические процессы, протекающие в организме молодняка голштинской породы в зимний стойловый период, имеет особую актуальность.

Цель исследования – установить связь между ростом и развитием тёлоч голштинской породы и ультрафиолетовыми лучами спектра А в зимний стойловый период.

Полученные результаты позволили обосновать эффективность применения искусственных источников УФ-излучения в животноводческих помещениях для оптимизации условий содержания, увеличения продуктивности и профилактики заболеваний молодняка голштинской породы.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в ООО «Племзавод имени Ленина» Ковернинского района – ведущем племенном заводе по разведению голштинизированного черно-пестрого скота Нижегородской области.

В качестве подопытных животных были отобраны тёлки голштинской породы методом парных аналогов с учетом возраста и живой массы. Условия кормления и содержания для всех групп животных были одинаковы. Животные в опытных группах подвергались облучению, а в контрольных – нет.

В ходе исследования было заложено 2 начальных опыта:

1 – трехкратное воздействие по 15 минут в сутки ультрафиолетовых лучей спектра А. Опытная группа – 9 голов, контрольная группа – 9 голов;

2 – трехкратное воздействие по 20 минут в сутки ультрафиолетовых лучей спектра А. Опытная группа – 9 голов, контрольная группа – 9 голов.

Исследования проводились согласно схеме, указанной на рисунке 2.

Влияние ультрафиолетовых лучей спектра А на рост и развитие тёлочек черно-пестрой породы в зимний стойловый период			
1-ый опыт		2-ой опыт	
опытная	контрольная	опытная	контрольная
n=9	n=9	n=9	n=9
Время воздействия ультрафиолетовых лучей спектра А в течение суток, минут			
15 x 3 = 45		20 x 3 = 60	
Длительность воздействия ультрафиолетовых лучей спектра А в каждом опыте - 21 день			
Исследуемые показатели: рост и развитие молодняка черно-пестрой породы (динамика изменения живой массы, среднесуточный прирост, относительный прирост)			

Рисунок 2. Общая схема исследования
Figure 2. General design of the study

Учет роста проводили при использовании показателей живой массы, взвешивая животных ежемесячно с последующим вычислением среднесуточного и относительного прироста. Взвешивание проводили в одно и то же время, утром – до поения и кормления животных.

Обработку результатов исследований вели с помощью методик математической статистики. Определили достоверность разницы показателей по критерию Стьюдента.

Результаты исследования. С целью выявления действия различных дозировок ультрафиолетовых лучей спектра А была изучена динамика живой массы, среднесуточных и относительных приростов в период проведения 1-го научно-хозяйственного опыта при ежемесячном взвешивании подопытных животных. Динамика изменения живой массы тёлочек голштинской породы при облучении УФ-лучами спектра А трехкратно по 15 минут в сутки приведена в таблице 1.

Таблица 1. Динамика живой массы телят 1-го опыта, кг
Table 1. Dynamics of live weight of calves of the 1st experiment, kg

Группа	Возраст, месяцев				
	1	2	3	4	5
Контрольная	48,89±3,77	63,67±4,38	88,89±2,21	115,56±3,82	144,11±3,23
Опытная	50,67±4,64	65,44±5,94	95,75±3,01	127,88±3,40	155,88±3,41

Согласно таблице 1, за период действия дозировок ультрафиолетовых лучей живая масса молодняка опытной группы по срав-

нению с контрольной превосходила во второй месяц на 1,77 кг или на 2,78%, к третьему месяцу после облучения разница увели-

чилась на 6,86 кг или 7,72%, на четвертом месяце превосходство возросло и составило 12,32 кг или 10,66% при $P > 0,95$, на пятом – на 11,77 кг или 8,17% при $P > 0,95$.

Наибольшие приросты по отношению к прошедшим месяцам наблюдаются в опытной группе в возрасте трех месяцев до 46,32%, что превосходит контрольную группу по этому показателю на 6,71%.

Известно, что наиболее ясное представление об энергии роста животных дает показатель среднесуточного прироста живой массы. Динамика изменения среднесуточных приростов тёлоч голштинской породы в первом опыте представлена в таблице 2.

По данным таблицы 2, животные из первой опытной группы имели наибольшие

среднесуточные приросты живой массы в возрасте 2 и 3 месяцев на уровне 1010,3 г и 1071,0 г соответственно, что превосходило над животными контрольной группы на 20,1 и 20,4% соответственно. Среднесуточные приросты исследуемых животных за период проведения опыта оказались на высоком уровне и составили 793,5 г в контрольной группе и 876,8 г и опытной.

Так, за период выращивания действие УФ-лучей в области А в опытной группе отразилось на увеличении среднесуточных приростов живой массы по сравнению с контрольной группой.

Динамика изменения относительных приростов тёлоч голштинской породы в первом опыте представлена в таблице 3.

Таблица 2. Динамика среднесуточных приростов телят 1-го опыта, г
Table 2. Dynamics of average daily gains of calves of the 1st experiment, g

Группа	Возраст, месяцев					В среднем за период
	1	2	3	4	5	
Контрольная	492,7	840,7	889,0	951,7	950,0	793,5
Опытная	492,3	1010,3	1071,0	933,0	945,0	876,8

Таблица 3. Относительный прирост живой массы телят 1-го опыта, %
Table 3. Relative increase in live weight of calves of the 1st experiment, %

Группа	Возраст, месяцев					В среднем за период
	1	2	3	4	5	
Контрольная	26,26	33,06	26,09	22,0	22,5	25,98
Опытная	25,44	37,61	28,73	19,73	21,1	26,52

Согласно таблице 3, среднее значение относительных приростов подопытных животных за период проведения первого опыта было на высоком уровне, однако опытные животные имели небольшое превосходство (2,1%) над контрольными.

С целью оценки дозы влияния ультрафиолетовых лучей на рост и развитие тёлоч гол-

штинской породы в ООО «Племзавод им. Ленина» нами был заложен второй опыт, по 9 голов в каждой группе, при воздействии ультрафиолетовых лучей продолжительностью трехкратно по 20 минут в течение 21 суток. Динамика изменения живой массы приведена в таблице 4.

Таблица 4. Динамика живой массы телят 2-го опыта, кг
Table 4. Dynamics of live weight of calves of the 2nd experiment, kg

Группа	Возраст, месяцев				В среднем за период
	1	2	3	4	
Контрольная	49,25±2,77	67,63±3,62	94,0±4,23	122,63±5,41	83,37
Опытная	58,50±3,68	73,13±4,58	101,25±3,24	127,90±3,56	90,19

По данным таблицы 4, наибольшая живая масса телят в первый месяц наблюдения была у тёлочек опытной группы, что составило 58,5 кг. Они превосходили сверстниц контрольной группы на 9,25 кг или 18,78% при $P > 0,90$, во втором месяце после облучения превосходство составило 5,5 кг или 8,87%, на третьем месяце – 7,25 кг или 7,71%, на четвертом месяце – 5,25 кг или 4,3%. По всем возрастным периодам, кроме первого месяца, разница показателей живой массы между опытными и контрольными животными оказалась недостоверной.

Динамика изменения среднесуточных приростов тёлочек голштинской породы во втором опыте представлена в таблице 2.

Таблица 5. Динамика среднесуточных приростов телят 2-го опыта, г

Table 5. Dynamics of average daily gains of calves of the 2nd experiment, g

Группа	Возраст, месяцев			
	1	2	3	За весь период
Контрольная	612,7	879,0	954,3	815,3
Опытная	487,7	937,3	888,3	771,1

Исходя из данных таблицы 5, хотелось бы отметить, что интенсивность роста у телят в

контрольной группе от первого до второго месяца оказалась наивысшей и составила 37%, что больше уровня интенсивности роста у опытных на 12%. В последующие периоды контроля разницы в интенсивности роста у животных были не значительны.

Динамика изменения живой массы тёлочек второго опыта при воздействии ультрафиолетовых лучей продолжительностью 20 минут трехкратно в течение 21 суток оказалась высокой в течение всего периода наблюдения, что соответствует требованиям к племенным заводам.

Выводы. По результатам исследования было установлено, что действие ультрафиолетовых лучей спектра А положительно отразилось на росте и развитии тёлочек голштинской породы в возрасте от рождения до 5 месяцев. Применение ультрафиолетовых ламп при выращивании тёлочек голштинской породы в зимний стойловый период при облучении 3 раза по 15 минут в сутки позволит увеличить живую массу в 5 месяцев на 8,17%, а при облучении 3 раза по 20 минут в сутки – на 4,3% в возрасте 4 месяцев.

С целью повышения уровня роста и развития тёлочек голштинской породы в зимний стойловый период рекомендуем применять ультрафиолетовые лампы с лучами спектра А.

Список литературы

1. Состояние и отдельные проблемы современного молочного скотоводства в России, и пути их решения / М. В. Шуварин [и др.] // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9. № 2(31). С. 389–393. DOI: 10.26140/anie-2020-0902-0094. EDN: QSRSMZ
2. Ультрафиолет. Теория и практика применения в молочной промышленности: монография / Д. М. Мясенко [и др.]. Москва: ВНИМИ, 2023. 120 с. ISBN 978-5-6049465-4-1. DOI: 10.37442/978-5-6049465-4-1
3. Mechanisms of therapeutic effect of ultraviolet rays and their promoting factors / Gabunia D.D. [et al.] // International scientific review. 2019. No 58.
4. Басонов О. А., Решетова В. О. Влияние ультрафиолетовых лучей на гематологические показатели козлят породы Мурсиана-Гранадина // Вестник Нижегородского государственного агроинженерного университета. 2023. № 4(40). С. 63–68. EDN: HPUTYW
5. Берест П. А. Биологическое действие ультрафиолетового излучения на организм животных // Аллея Науки. 2019. № 10(37). С. 43–46. EDN: KLZAOR
6. Чибирова Т. Т. Основные патофизиологические механизмы терапии старения кожи // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. С. 197. DOI: 10.17513/spno.31373. EDN: YAHLID
7. Hart P.H. [et al.]. Exposure to ultraviolet radiation in the modulation of human diseases. Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease. 2019. No 14. Pp. 55–81.
8. Гаврилов И. А. Влияние ультрафиолетового излучения на животных и его применение в сельском хозяйстве // Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества: материалы XXXVII научно-практической конференции студентов и аспирантов, Брянск, 18–19 мая 2022 года. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 43–46.

9. Применение ультрафиолетового излучения в медицинской практике / Саркисян Н. Г. [и др.] // Клиническая медицина. 2022. № 100(6). С. 278–284. DOI: 10.30629/0023-2149-2022-100-6-278-284. EDN: FWKPBK

References

1. Shuvarin M.V. [et al.] State and separate problems of modern dairy cattle breeding in Russia and ways of their solution. *Azimuth of scientific research: economics and administration*. 2020;9(2):389-393. (In Russ.). DOI: 10.26140/anie-2020-0902-0094. EDN: QSRSMZ
2. Myalenko D.M. [et al.]. *Ultraiolet. Teoriya i praktika primeneniya v molochnoy promyshlennosti: monografiya* [Ultraviolet light. Theory and practice of application in the dairy industry: monograph]. ISBN 978-5-6049465-4-1. DOI: 10.37442/978-5-6049465-4-1. Moscow: VNIMI, 2023. 120 p. (In Russ.)
3. Gabunia D.D., Eliava G.G., Mzhavanadze R.G., Balashvili M.I., Buachidze T.S., Topuria L.S. Mechanisms of therapeutic effect of ultraviolet rays and their promoting factors. *International scientific review*. 2019;(58).
4. Basonov O.A. Reshetova V.O. Influence of ultraviolet rays on hematological indicators of Murciana-Granadina breed kids. *Vestnik of Nizhny Novgorod state agrotechnological university*. 2023;4(40):63–68. (In Russ.). EDN: HPUTYW
5. Berest P.A. Biological effect of ultraviolet radiation on the body of animals. *Alleya nauki*. 2019;10(37):43–46. (In Russ.). EDN: KLZAOR
6. Chibirova T.T. Main pathophysiological mechanisms of skin aging therapy. *Modern Problems of Science and Education*. 2021;(6):197. (In Russ.). DOI: 10.17513/spno.31373. EDN: YAHLID
7. Hart P.H. [et al.]. Exposure to ultraviolet radiation in the modulation of human diseases. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*. 2019;(14):55–81.
8. Gavrillov I.A. The influence of ultraviolet radiation on animals and its application in agriculture. *Nauchnyye problemy proizvodstva produktsii zhivotnovodstva i uluchsheniye yeye kachestva: materialy XXXVII nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i aspirantov, Bryansk, 18–19 maya 2022 goda*. [Scientific problems of livestock production and improvement of their quality: Proceedings of the XXXVII scientific and practical conference of students and postgraduates, Bryansk, May 18–19], 2022. Bryansk: Bryanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2022. Pp. 43–46. (In Russ.)
9. Sarkisyan N.G. [et al.]. The use of ultraviolet radiation in medical practice. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical Medicine]. 2022;100(6):278–284. (In Russ.). DOI: 10.30629/0023-2149-2022-100-6-278-284. EDN: FWKPBK

Сведения об авторах

Басонов Орест Антипович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Частная зоотехния и разведение сельскохозяйственных животных», проректор по научной и инновационной работе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева», SPIN-код: 7355-6560

Феоктистова Полина Алексеевна – магистрант направления подготовки 36.04.02 Зоотехния, специалист Центра междисциплинарных научных исследований, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева», SPIN-код: 4633-4397

Мамедов Руслан Нусратович – аспирант кафедры «Частная зоотехния и разведение сельскохозяйственных животных», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева»

Information about the authors

Orest A. Basonov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department "Private zootechnics and breeding of farm animals", Vice-Rector for Scientific and Innovative Work, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y. Florentyev, SPIN-code: 7355-6560

Polina A. Feoktistova – Master's student in the field of study 36.04.02 Animal Science, specialist of the Center for Interdisciplinary Scientific Research, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y. Florentyev, SPIN-code: 4633-4397

Ruslan N. Mamedov – Postgraduate student of the Department "Private zootechnics and breeding of farm animals", Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y. Florentyev

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

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, and analysis of the study. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 26.08.2024;
одобрена после рецензирования 10.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.*

*The article was submitted 26.08.2024;
approved after reviewing 10.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.*

Научная статья

УДК 636.59.033:636.084.5

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-31-37

Изучение продуктивности перепелов мясной породы при разной плотности посадки в клеточных батареях

Андрей Борисович Дымков^{✉1}, Максим Николаевич Радченко²

Сибирский научно-исследовательский институт птицеводства – филиал Омского аграрного научного центра, улица 60 лет Победы, 1, село Морозовка, Омский район, Омская область, Россия, 644555

^{✉1}dymkov65@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2440-4291>

²maximus-omsk@mail.ru

Аннотация. Рынок мяса перепелов основывается на использовании мясных пород в промышленных условиях. Цель исследования – изучить влияние плотности посадки на живую массу и мясную продуктивность перепелов мясных пород. Исследование выполнено на перепелах породы радонежские в возрасте 1-49 дней жизни при плотности посадки 10, 90 и 80 голов на 1 м². Снижение плотности посадки перепелов на 10 и 20 голов позволило повысить сохранность птицы на 1,25-2,50%. Плотность посадки 90 голов на 1 м² повысило живую массу самок на 3,71% (p<0,05), 80 голов на 1 м² – самцов на 2,18% и самок – на 6,29% (p<0,05). Рост живой массы тесно связан с увеличением массы поверхностной грудной мышцы (r=0,875±0,998, p<0,05), которая находилась в зависимости от длины киля (r=0,630±0,659, p<0,01). На содержание белка в мышцах в большей степени повлиял пол птицы, а не изменение плотности посадки ($\eta^2_{пол}=0,394\pm 0,593$, p=0,025±0,005; $\eta^2_{группа}=0,082\pm 0,191$, p=0,408±0,284). На содержание липидов в мышцах оказывали влияние оба фактора (пол и плотность посадки), хотя влияние плотности посадки было преобладающим. Снижение плотности посадки с соблюдением норм фронта поения и кормления не увеличило потребление корма. За счет большей сохранности и убойного выхода себестоимость производства мяса перепелов удалось снизить на 1,97-4,53%.

Ключевые слова: перепела породы радонежские, живая масса, сохранность, масса мышц, химический состав мяса, себестоимость

Для цитирования. Дымков А. Б., Радченко М. Н. Изучение продуктивности перепелов мясной породы при разной плотности посадки в клеточных батареях // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 31–37.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-31-37

Original article

Study of the productivity of meat rock quails at different planting densities in cell batteries

Andrey B. Dymkov^{✉1}, Maxim N. Radchenko²

Siberian Scientific Research Institute of Poultry Farming – Branch of the Omsk Agrarian Scientific Center, 1 Street 60 Years of Victory, Morozovka Village, Omsk District, Omsk Region, Russia, 644555

^{✉1}dymkov65@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2440-4291>

²maximus-omsk@mail.ru

Abstract. The quail meat market is based on the use of meat breeds in industrial conditions. The aim of the study was to investigate the effect of stocking density on the live weight and meat productivity of quails of meat breeds. The study was conducted on Radonezh quails aged 1-49 days at a stocking density of 10, 90 and 80 heads per 1 m². Reducing the stocking density of quails by 10 and 20 heads increased the survivability of birds by 1,25-2,50%. A stocking density of 90 heads per 1 m² increased the live weight of females by 3,71% ($p < 0,05$), 80 heads per 1 m² – males by 2,18% and females – by 6,29% ($p < 0,05$). Live weight gain is closely related to the increase in superficial pectoral muscle weight ($r = 0,875 \div 0,998$, $p < 0,05$), which depended on the keel length ($r = 0,630 \div 0,659$, $p < 0,01$). The muscle protein content was influenced to a greater extent by the bird sex rather than by changes in stocking density ($\eta^2_{sex} = 0,394 \div 0,593$, $p = 0,025 \div 0,005$; $\eta^2_{group} = 0,082 \div 0,191$, $p = 0,408 \div 0,284$). The muscle lipid content was influenced by both factors (sex and stocking density), although the effect of stocking density was predominant. Reducing the stocking density while maintaining the norms of the watering and feeding frontage did not increase feed consumption. Due to higher livability and slaughter yield, the cost of quail meat production was reduced by 1,97-4,53%.

Keywords: quail breed Radonezh, weight, preservation, muscle mass, chemical composition of meat, cost

For citation. Dymkov A.B., Radchenko M.N. Study of the productivity of meat rock quails at different planting densities in cell batteries. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):31–37. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-31-37

Введение. За последние шесть лет объем производства мяса перепелов увеличился более чем в два с половиной раза, перевалив за 1,6 тыс. т. Увеличение доли мяса перепелов во многом обусловлено использованием новых мясных пород в клеточных батареях на промышленных предприятиях. В связи с этим возникла необходимость разработки новых рациональных приемов содержания, ранее ориентированных на породу японская яичного направления продуктивности.

В достаточной степени изучены и обоснованы сроки выращивания перепелов мясных пород до 5-6 недель [1, 2]. Живая масса перепелов мясных пород к этому возрасту достигает 300-350 г против 150-180 г у породы японская [3]. Вследствие этого возникает закономерный вопрос о плотности посадки. Вполне логично, что для мясных пород плотность посадки должна быть иной, чем для яичных. В противном случае птица будет переуплотнена и находиться под стрессом, что снизит ее жизнеспособность и продуктивность [4, 5]. Нормы плотности посадки хорошо изучены в мясном куроводстве. Как показала практика, для цыплят-бройлеров плотность посадки зависит от планируемой живой массы в конце периода выращивания [6, 7]. Плотность посадки дифференцируется в зависимости от пола птицы: петушкам необходимо больше площади пола по сравнению с курочками. Особенно данный прием актуален для птицы, имеющей гены, сцепленные с полом [8]. Несмотря на существование норм

посадки сельскохозяйственной птицы в зависимости от вида, направления продуктивности и возраста, следует учитывать специфику кросса и породы. Так, установлено, что при одинаковой плотности посадки цыплята-бройлеры разных кроссов различаются по живой массе [9, 10].

Цель исследования – изучить влияние плотности посадки на живую массу и мясную продуктивность перепелов мясных пород.

Материалы и методы и объекты исследования. Исследование выполнено в Сибирском научно-исследовательском институте птицеводства на перепелах породы радонежские с суточного до 49-дневного возраста. Изсуточных перепелят по принципу аналогов сформированы 3 группы. Молодняк содержался в клеточных батареях собственной разработки с суточного до 49-дневного возраста (табл. 1). Рационы составляли на основе кормовой базы региона Западной Сибири с учетом норм питательных веществ рекомендованных ВНИТИП.

Исследования выполнены в соответствии с методикой оценки хозяйственно полезных признаков птицы при проведении научных исследований [11]. В 49-дневном возрасте провели анатомическую разделку по пять голов каждого пола каждой группы. При проведении анатомической разделки грудные мышцы были разделены на поверхностную грудную мышцу (ПГМ) и глубокую грудную мышцу (ГГМ) [12].

Таблица 1. Схема исследования
Table 1. The scheme of the study

Группа	Плотность посадки, гол./м ²	Поголовье, гол.	Фронт поения, гол./1 нищель	Фронт кормления, см/гол.
Контрольная	100	80	8	5
1	90	80	8	5
2	80	80	8	5

Определение химического состава мяса проводили в двух параллелях в лаборатории физиологии и биохимического анализа Сибирского НИИ птицеводства.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.23.1. Степень значимости разницы определяли дисперсионным анализом (ANOVA). Статистически значимыми различия между птицей групп считали при $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

Результаты исследования. Снижение плотности посадки на 10 и 20 голов позволило повысить сохранность поголовья на 1,25 и 2,50%. Перепела обоих полов всех трех групп были однородны по живой массе ($C_v < 10\%$). За исключением разницы между самцами контрольной и 1-й групп, живая масса птицы

опытных групп была больше, чем контрольной. Самцы 2-й группы превосходили самцов контрольной и 1-й групп по живой массе на 2,18 и 1,86% ($p = 0,015 \div 0,025$), самки соответственно – на 3,71 и 6,29% ($p = 0,000$). Самки 2-й группы имели большую на 2,48% живую массу, чем самки 1-й группы ($p = 0,000$). У птицы опытных групп убойный выход был выше. Убойный выход самок был меньше, чем у самцов. Потребление корма находилось практически на одном уровне, но отмечена тенденция его увеличения по мере уменьшения плотности посадки перепелов. Однако превосходство по живой массе нивелировало этот фактор в затратах корма на прирост живой массы. Себестоимость мяса птицы в опытных группах была меньше на 1,97 и 4,53% (табл. 2).

Таблица 2. Зоотехнические показатели выращивания перепелов
Table 2. Zootechnical indicators of quail cultivation

Показатель	Контрольная группа (100 гол./м ²)		1-я группа (90 гол./м ²)		2-я группа (80 гол./м ²)	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Сохранность, %	93,75		95,00		96,25	
Живая масса, г	321±1,9	350±1,5	322±1,7	363±1,2 ^a	328±1,7 ^{ab}	372±1,5 ^{ab}
Коэффициент вариации, %	7,50	8,45	8,40	8,54	8,81	8,12
Убойный выход, %	70,90	66,97	70,96	67,02	71,02	67,61
Среднесуточное потребление корма, г	28,32		28,38		28,43	
Затраты корма на прирост живой массы кг/кг	4,28		4,24		4,22	
Себестоимость 1 кг мяса, руб.	309		303		295	

Примечание: а – статистически значимая разница с контролем; b – статистически значимая разница с 1-й группой.

Статистически значимые различия отмечены по массе мышц груди. Снижение плотности посадки на 10 гол./м² позволило у самок увеличить массу поверхностной грудной мышцы на 3,45% ($\eta^2 = 0,562$, $p = 0,000$), глубо-

кой – на 1,65% ($\eta^2 = 0,250$, $p = 0,035$), а массу обеих грудных мышц – на 3,05% ($\eta^2 = 0,694$, $p = 0,000$). Доля влияния изучаемого фактора приближалась к существенной. В отношении самцов статистически значимой разницы по

данной группе мышц не выявлено. Снижение плотности посадки на 20 гол./м² увеличило у самок массу поверхностной грудной мышцы на 5,35% ($\eta^2=0,795$, $p=0,000$), глубокой – на 7,15% ($\eta^2=0,885$, $p=0,000$), обеих мышц в целом – на 5,75% ($\eta^2=0,901$, $p=0,000$). Доля влияния фактора возросла до сильной. У самцов данные различия отмечены по массе поверхностной грудной мышцы на 0,98% ($\eta^2=0,447$, $p=0,002$), что в сочетании с большей массой глубокой грудной мышцы увеличило массу грудных мышц в целом на и 1,05% ($\eta^2=0,457$, $p=0,002$). Самцы и самки 2-й группы превосходили сверстников 1-й группы по массе поверхностной грудной мышцы на 1,81 и 1,84% ($\eta^2_{\sigma}=0,653$,

$p=0,000$; $\eta^2_{\varphi}=0,743$, $p=0,031$), а самки еще и по массе глубокой грудной – на 5,41% ($\eta^2=0,944$, $p=0,000$). Снижение плотности посадки в большей степени сказалось на различии по массе грудных мышц у самок, чем у самцов, что можно сопоставить с аналогичными различиями по живой массе (табл. 3). Масса поверхностной грудной мышцы тесно коррелировала с живой массой перепелов ($r_{\sigma}=0,875$, $p<0,05$; $r_{\varphi}=0,998$, $p<0,05$). То есть, исходя из коэффициента детерминации (степень квадрата коэффициента корреляции), 93,54% вариабельности живой массы самцов и 99,90% таковой самок объясняется вариабельностью массы поверхностной грудной мышцы.

Таблица 3. Масса мышц перепелов, г (n=5)
Table 3. Quail muscle mass, g (n=5)

Мышцы	Контрольная группа		1-я опытная группа		2-я опытная группа	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Грудные	68,385	71,108	67,968	73,280 ^a	69,100 ^{ab}	75,195 ^{ab}
в т. ч.:						
ПГМ	52,900	55,472	52,468	57,385 ^a	53,418 ^{ab}	58,440 ^{ab}
ГГМ	15,490	15,637	15,500	15,895 ^a	15,681	16,755 ^{ab}
Бедра	21,932	20,727	22,533	21,273	23,886	21,267
Голени	14,912	15,075	15,160	15,356	15,245	15,905

Примечание: а – статистически значимая разница с контролем; b – статистически значимая разница с 1-й группой.

Установлено, что со снижением плотности посадки у перепелов увеличивается длина кия. Сила влияния фактора плотности посадки варьировала от существенной у самцов, до слабой у самок, но была статистически значимой ($\eta^2_{\sigma}=0,604$, $p=0,009$; $\eta^2_{\varphi}=0,323$, $p=0,009$). Статистически значимые различия отмечены у птицы обоих полов всех трех групп ($p=0,027\div 0,001$) (рис. 1). При этом выявлено, что длина кия имеет достоверную связь средней силы с массой поверхностной грудной мышцы ($r_{\sigma}=0,630$, $p<0,01$; $r_{\varphi}=0,659$, $p<0,01$).

Химический состав мышц был достаточно стабилен, хотя в ряде случаев наблюдались статистически значимые различия (табл. 4). Выявлена тенденция изменения химического состава поверхностной грудной мышцы, определяющей живую массу птицы: с увеличением абсолютной массы данной мышцы снижается в ней содержание белка и минераль-

ных веществ (зола). Хотя коэффициенты корреляции массы поверхностной грудной мышцы с содержанием белка и зола не являются статистически значимыми в силу малой выборки, но их величина косвенно подтверждает данное предположение: у самцов – $r_{\text{белка}}=-0,983$, $r_{\text{зола}}=-0,970$; у самок – $r_{\text{белка}}=-0,583$, $r_{\text{зола}}=-0,860$. В целом, на основании дисперсионного анализа можно констатировать, что на содержание белка во всех изучаемых группах мышц в большей степени повлиял пол птицы, а не изменение плотности посадки ($\eta^2_{\text{пол}}=0,394\div 0,593$, $p=0,025\div 0,005$; $\eta^2_{\text{группа}}=0,082\div 0,191$, $p=0,408\div 0,284$). На содержание липидов в мышцах оказывали влияние оба фактора (пол и плотность посадки), хотя влияние плотности посадки было преобладающим ($\eta^2_{\text{пол}}=0,291\div 0,313$, $p=0,004\div 0,002$; $\eta^2_{\text{группа}}=0,349\div 0,625$, $p=0,020\div 0,001$).

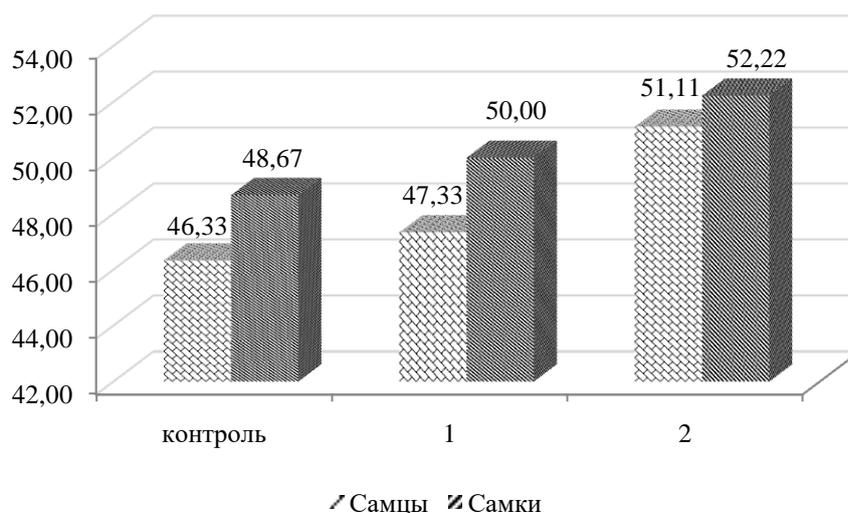


Рисунок 1. Длина киля перепелов, мм
Figure 1. Keel length of quails, mm

Таблица 4. Химический состав мышц (в 100 г мяса натуральной влаги) (n=2)
Table 4. Chemical composition of muscles (in 100 g of natural moisture meat) (n=2)

Мышцы	Контрольная группа		1-я опытная группа		2-я опытная группа	
	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки
ПГМ						
белок	22,221	21,696	22,702 ^a	21,055	21,794 ^{ab}	21,372
зола	1,833	1,663	1,863	1,657	1,641 ^{ab}	1,439 ^{ab}
липиды	2,753	2,688	2,665	2,562 ^a	2,755	2,699 ^b
ГГМ						
белок	21,992	22,340	21,005 ^a	22,534 ^a	22,265	22,344 ^b
зола	1,577	1,249	1,486 ^a	1,457 ^a	1,521 ^b	1,371 ^{ab}
липиды	1,725	1,784	1,784	1,590 ^a	1,849	1,970 ^{ab}
Бедренные						
белок	18,415	19,050	19,954 ^a	20,211 ^a	19,865 ^b	20,213 ^a
зола	1,020	0,992	1,068	1,017	0,980 ^b	1,042
липиды	2,954	2,920	3,366 ^a	2,938	3,100 ^b	3,119 ^{ab}
Голени						
белок	20,034	19,603	20,364 ^a	19,212	19,463 ^{ab}	19,447
зола	1,023	0,955	1,008	1,040 ^a	0,969	0,990
липиды	2,544	3,153	2,589	2,762 ^a	3,116 ^{ab}	3,253 ^b

Примечание: а – статистически значимая разница с контролем; b – статистически значимая разница с 1-й группой.

Закключение. Снижение плотности посадки перепелов мясной породы радонежские со 100 голов на 1 м² до 90-80 голов на 1 м² позволило повысить сохранность птицы на 1,25-2,50%. Повышение роста живой массы самцов опытных групп (на 0,31-2,18%) и самок (на 3,71-6,29%) происходило за счет увеличения массы поверхностной грудной мышцы ($r=0,875 \div 0,998$, $p<0,05$), которая на-

ходила в зависимости от роста киля ($r=0,630 \div 0,659$, $p<0,01$). Снижение плотности посадки с соблюдением норм фронта поения и кормления практически не увеличило потребление корма. За счет большей сохранности и убойного выхода себестоимость производства мяса перепелов удалось снизить на 1,97-4,53%.

Список литературы

1. Мясные качества перепелов бройлерного типа в различные сроки выращивания / Г. Д. Афанасьев, Л. А. Попова, Н. Е. Арестова, А. С. Комарчев // Птицеводство. 2013. № 4. С. 30–32. EDN: QAXEAL
2. Наумова В. В., Донец В. Н. Мясная продуктивность перепелов породы фараон в разные сроки выращивания // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4(24). С. 93–97. EDN: RTUMWT
3. Генофонд пород перепелов состояние и перспективы использования / Я. С. Ройтер, Т. Н. Дегтярева, О. Н. Дегтярева, Д. В. Аншаков // Птицеводство. 2017. № 6. С. 7–11. EDN: YUIQKL
4. von Eugen K., Nordquist R.E., Zeinstra E., van der Staay F.J. Stocking Density Affects Stress and Anxious Behavior in the Laying Hen Chick During Rearing. *Animals*. 2019;9(2):53. <https://doi.org/10.3390/ani9020053>
5. Goo D., Kim J.H., Choi H.S., Park G.H., Han G.P., Kil D.Y. Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Poult Sci*. 2019 Mar 1;98(3):1153–1160. DOI: 10.3382/ps/pey491. PMID: 30329115
6. Журавчук Е. В., Салеева И. П., Заремская А. А. Эффективность производства мяса цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» при различной плотности посадки // Птицеводство. 2021. № 9. С. 46–49. DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-9-46-49. EDN: JPVZJO
7. Семенченко С. В., Засемчук И. В. Эффективность клеточного выращивания бройлеров при разной плотности посадки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3(89). С. 315–318. EDN: XPHVMZ
8. Лукашенко В. С., Овсейчик Е. А. Рациональная плотность посадки при клеточном выращивании курочек и петушков-бройлеров кросса «Смена 9» // Птицеводство. 2022. № 9. С. 54–58. DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-9-54-58. EDN: VKMUKS
9. Буяров В. С., Меднова В. В. Эффективность напольного выращивания цыплят-бройлеров различных кроссов в условиях повышенной плотности посадки // Вестник аграрной науки. 2021. № 2(89). С. 80–92. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.80. EDN: PKAALA
10. Заболоцких А. Ю. Влияние повышенной плотности посадки на продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» и «Росс-308» // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2(28). С. 92–95. EDN HCZJIR
11. Методика проведения исследований по технологии производства яиц и мяса птицы / И. П. Салеева, В. П. Лысенко, В. Г. Шоль [и др.]. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2015. 103 с. ISBN 978-5-98020-154-8. EDN: UBMXIZ
12. Методика проведения анатомической разделки тушек, органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы и морфологии яиц / М. А. Лысенко, Т. А. Столляр, А. Ш. Кавтаравили [и др.]; Российская академия сельскохозяйственных наук, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Россельхозакадемии. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Россельхозакадемии, 2013. 35 с. EDN: SDOKZT

References

1. Afanasyev G.D., Popova L.A., Arestova N.E., Komarchev A.S. Meat qualities of broiler-type quails at different growing times. *Pticevodstvo*. 2013;(4):30–32. (In Russ.). EDN: QAXEAL
2. Naumova V.V., Donets V.N. Meat productivity of quail of Pharaoh breed in different periods of growing. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2013;(4):93–97. (In Russ.). EDN: RTUMWT
3. Roiter Ya.S., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N., Anshakov D.V. Gene pool of quail breeds: present condition and prospects for practical application. *Pticevodstvo*. 2017;(6):7–11. (In Russ.). EDN: YUIQKL
4. von Eugen K., Nordquist R.E., Zeinstra E., van der Staay F.J. Stocking Density Affects Stress and Anxious Behavior in the Laying Hen Chick During Rearing. *Animals*. 2019;9(2):53. <https://doi.org/10.3390/ani9020053>
5. Goo D., Kim J.H., Choi H.S., Park G.H., Han G.P., Kil D.Y. Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Poult Sci*. 2019 Mar 1;98(3):1153–1160. DOI: 10.3382/ps/pey491. PMID: 30329115
6. Zhuravchuk E.V., Saleeva I.P., Zhuravchuk E.V., Zaremskaya A.A. The comparative efficiency of meat production in Smena-9 broilers housed at different stocking density. *Pticevodstvo*. 2021;(9):46–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-9-46-49>. EDN: JPVZJO

7. Semenchenko S.V., Zasemchuk I.V. Efficiency of cage rearing of broilers at different planting densities. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;(89):315–318. (In Russ.). EDN: XPHVMZ
8. Lukashenko V.S., Ovseychik E.A. Optimization of the stocking density for cage housed male and female Smena-9 broilers. *Pticevodstvo*. 2022;(9):54–58. (In Russ.). DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-9-54-58. EDN: VKMUKS
9. Buyarov V.S., Mednova V.V. Efficiency of floor rearing of broiler chickens of different crosses under the conditions of the increased rate of stocking. *Bulletin of agrarian science*. 2021;(89):80–92. (In Russ.). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.80. EDN: PKAALA
10. Zabolotskikh A.Yu. Influence of increased planting density on the productivity of broiler chicken Cobb-500 and Ross-308 cross. *Actual issues in agricultural biology*. 2023;(28):92–95. (In Russ.). EDN: HCZJIR
11. Saleeva I.P., Lysenko V.P., Shol V.G. [et al.]. *Metodika provedeniya issledovaniy po tekhnologii proizvodstva yaits i myasa ptitsy* [Methodology for conducting research on the technology of production of eggs and poultry meat]. Sergiev Posad: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy i tekhnologicheskij institut pticevodstva. 2015. 103 p. ISBN 978-5-98020-154-8. (In Russ.). EDN: UBMXIZ
12. Lysenko M.A., Stollyar T.A., Kavtarashvili A.Sh. [et al.]. *Metodika provedeniya anatomicheskoy razdelki tushek, organolepticheskoy otsenki kachestva myasa i yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy i morfologii yaits*. Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk, GNU Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy i tekhnologicheskij institut pticevodstva Rossel'khozakademii [Methodology for anatomical cutting of carcasses, organoleptic assessment of the quality of meat and eggs of poultry and egg morphology. Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Farming of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. Sergiev Posad: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy i tekhnologicheskij institut pticevodstva. 2013. 35 p. (In Russ.). EDN: SDOKZT

Сведения об авторах

Дымков Андрей Борисович – кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ведущий научный сотрудник отдела селекции, генетики и биотехнологии Сибирский научно-исследовательский институт птицеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Омский аграрный научный центр», SPIN-код: 4234-9902

Радченко Максим Николаевич – научный сотрудник отдела селекции, генетики и биотехнологии Сибирский научно-исследовательский институт птицеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Омский аграрный научный центр», SPIN-код: 8200-3681

Information about authors

Andrey B. Dymkov – Candidate of Agricultural Sciences, Director, Leading Researcher of the Department of Breeding, Genetics and Biotechnology Siberian Scientific Research Institute of Poultry Farming – branch of the Omsk Agrarian Scientific Center, SPIN-code: 4234-9902

Maxim N. Radchenko – Researcher at the Department of Breeding, Genetics and Biotechnology Siberian Scientific Research Institute of Poultry Farming – branch of the Omsk Agrarian Scientific Center, SPIN-code: 8200-3681

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 27.08.2024;
одобрена после рецензирования 10.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 27.08.2024;
approved after reviewing 10.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.

Научная статья

УДК 636.52/.58.087.8-053.2:636.5.085.2

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-38-45

Различие в переваримости и усвоении питательных веществ рациона цыплят-бройлеров с кормовой добавкой фитобиотика и пребиотика

Александр Александрович Овчинников^{✉1}, Татьяна Анатольевна Шепелева²,
Наталья Дмитриевна Яптик³

Южно-Уральский государственный аграрный университет, улица имени Ю. А. Гагарина, 13, Троицк, Россия, 457100

^{✉1}ovchin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>

²tanya.chepeleva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9880-3693>

³tvi_t@mail.ru@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3578-1882>

Аннотация. Изучение переваримости и использования питательных веществ рациона цыплят-бройлеров при совместной добавке травы цикория в дозе 70 мг/кг массы тела и молочной кислоты из расчета 0,5 мл/кг корма показало, что наилучшие результаты получены при их совместном применении. В возрасте трех недель у птицы данной группы переваримость сырого протеина была выше на 1,33%, сырого жира – на 4,92%, в шесть недель – на 2,37% и 5,38%. В результате чего в организме птицы отложение азота в трехнедельном возрасте превышало контрольную группу на 17,8% при добавке одного цикория, на 11,4% в группе с одной молочной кислотой и на 21,6% при их совместном использовании, в шестинедельном – на 5,9%, 4,5 и 8,0% соответственно. На протяжении всего периода выращивания бройлеров у птицы опытных групп отмечена положительная тенденция усвоения кальция и фосфора из рациона кормления. При совместном использовании цикория с молочной кислотой наблюдается наибольшее усвоение в организме цинка, кобальта и марганца, а также хрома, что указывает на повышение функциональной активности поджелудочной железы и белок синтетической функции печени. Положительная динамика увеличения усвоения железа и меди у птицы опытных групп объясняет более высокий эритропоэз и рост числа эритроцитов в единице объема крови.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормовая добавка фитобиотика и пребиотика, переваримость и усвоение питательных веществ, баланс азота

Для цитирования. Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Яптик Н. Д. Различие в переваримости и усвоении питательных веществ рациона цыплят-бройлеров с кормовой добавкой фитобиотика и пребиотика // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 38–45. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-38-45

Original article

Differences in digestibility and assimilation of nutrients in the diet of broiler chickens with a feed additive of phytobiotic and prebiotic

Alexander A. Ovchinnikov^{✉1}, Tatyana A. Shepeleva², Natalya D. Yaptik³

South Ural State Agrarian University, 13 Yu. A. Gagarin Street, Troitsk, Russia, 457100

^{✉1}ovchin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>

²tanya.chepeleva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9880-3693>

³tvi_t@mail.ru@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3578-1882>

Abstract. The study of digestibility and utilization of nutrients in the diet of broiler chickens with the combined addition of chicory grass at a dose of 70 mg/kg of body weight and lactic acid at a rate of 0.5 ml/kg of feed showed that the best results were obtained with their combined use. At the age of three weeks, the digestibility of crude protein in this group of birds was higher by 1.33%, crude fat – by 4.92%, at six weeks – by 2.37% and 5.38%. As a result, nitrogen deposition in the bird's body at the age of three weeks exceeded the control group by 17.8% with the addition of chicory alone, by 11.4% in the group with lactic acid alone and by 21.6% with their combined use, at six weeks – by 5.9%, 4.5 and 8.0%, respectively. Throughout the entire period of broiler rearing, the birds of the experimental groups showed a positive trend in the absorption of calcium and phosphorus from the diet. When using chicory with lactic acid together, the greatest absorption of zinc, cobalt and manganese, as well as chromium, is observed in the body, indicating an increase in the functional activity of the pancreas and protein synthetic function of the liver. The positive dynamics of increasing iron and copper absorption in the birds of the experimental groups explains higher erythropoiesis and an increase in the number of erythrocytes per unit of blood volume.

Keywords: broiler chickens, phytobiotic and prebiotic feed additive, nutrient digestibility and absorption, nitrogen balance.

For citation. Ovchinnikov A.A., Shepeleva T.A., Yaptik N.D. Differences in digestibility and assimilation of nutrients in the diet of broiler chickens with a feed additive of phytobiotic and prebiotic. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):38–45. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-38-45

Введение. В процессе филогенетического развития растительный мир приобрел возможность синтезировать в клетке многие биологически активные вещества, позволяющие использовать тот или иной вид растения в качестве ценного источника органических и органико-минеральных биологически активных комплексов, которые, попадая в организм животного, воздействуют на переваримость и усвояемость питательных веществ, стимулируют межклеточный обмен, повышают защитные силы организма [1–3].

Видовой состав фитобиотиков, обладающих широким спектром лечебного действия на живой организм, очень разнообразен. В каждой природно-климатической зоне имеется свой перечень лекарственных растений. Ограниченность их применения в эпоху доминирования антибиотиков как панацеи от всех болезней отодвинуло фитотерапию на второй план, но требования к производителю сельскохозяйственной продукции производить чистую в санитарном отношении продукцию заставляют вновь вернуться к широкому использованию лекарственных растений для профилактики и лечения многих заболеваний не заразной этиологии [4–6].

Фитобиотики хорошо совместимы со многими другими биологически активными добавками, в том числе и с пребиотиками, к группе которых относится и молочная ки-

слота, присутствующая в метаболическом цикле в каждом живом организме.

Цель исследования – сравнить переваримость и использование питательных веществ рациона цыплят-бройлеров при включении в рацион травы цикория и молочной кислоты.

Материал, методы и объекты исследования. Работа выполнена на агропромышленном холдинге Челябинской области ООО «Магнитогорская мясоперерабатывающая компания» на четырех группах цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», по 35 голов в каждой клетке. Основным кормом для всех групп являлся полнорационный комбикорм ПК-5 и ПК-6, которые скармливали в четыре периода выращивания птицы: 0-14 сут. и 15-24 сут. (ПК-5), 25-34 сут. и 35-42 сут. (ПК-6). Каждый рецепт комбикорма отличался концентрацией питательных веществ и вводом испытываемой кормовой добавки. Для цыплят-бройлеров I опытной группы в комбикорм вводили цикорий из расчета 70 мг/кг массы тела птицы, II опытной – молочную кислоту в дозе 0,5 мл/кг корма, III опытной группы – обе кормовые добавки в тех же дозировках. Из сухой травы цикория предварительно получали 5,0% отвар, молочную кислоту разводили до 2,0% концентрации, которые наносили на комбикорм методом напыления с последующим высушиванием до исходной влажности. Норма расхода цикория и молоч-

ной кислоты контролировалась исходя из живой массы птицы по результатам еженедельных индивидуальных контрольных взвешиваний всего поголовья. В процессе выращивания птицы было проведено два балансовых опыта в возрасте трех и шести недель, в ходе которых изучалось потребление корма, переваримость минеральной и органической части. Исследования минерального состава кормов и биологического материала были выполнены на атомно-абсорбционном спектрофотометре в межкафедральной лаборатории института ветеринарной медицины, общий зоотехнический анализ на оборудовании фирмы «Velp». При проведении научных исследований руководствовались методическими рекомендациями ВНИТИП по постановке и проведению зоотехнических и физиологических опытов.

Обработка материала проводилась на персональном компьютере, достоверной считалась разница при $P \leq 0,05$.

Результаты исследования. Степень переваримости и усвоения питательных веществ комбикорма сельскохозяйственной птицы во многом зависит от состава и соотношения кормов в рецептуре, а также включения в нее биологически активных веществ бактериального, пребиотического, ферментативного и минерально-витаминного состава. На этом фоне изучаемые кормовые до-

бавки могут проявить как синергический, так и антагонистический эффект. На основании ранее проведенных исследований на кроссе «Смена 9» и комбикорме того предприятия [7] нами не было установлено отрицательного результата от использования в рационе цыплят-бройлеров цикория и определена его оптимальная норма ввода – 70 мг/кг массы тела. Апробация данной дозировки на кроссе «Росс-308» в промышленных условиях показала, что цикорий отдельно и совместно с молочной кислотой в большей степени стимулировали рост и развитие птицы. По итогам контрольного взвешивания цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток живая масса контрольной группы была на уровне 2874,46 г, в I опытной – 3037,94 г, во II опытной – 2957,67 г, в III опытной группе – 3071,50 г. Данное различие можно объяснить по результатам балансовых опытов, проведенных в разный возрастной период птицы.

Определение переваримости питательных веществ рациона бройлеров в трехнедельном возрасте показало (рис. 1), что изучаемые кормовые добавки повысили переваримость сырого протеина и сырого жира корма. При этом разница с контрольной группой составила по сырому протеину в I опытной – 0,6%, во II – 0,78% и в III – опытной группе – 1,33%, по сырому жиру – 3,31%, 4,20 и 4,92% соответственно.

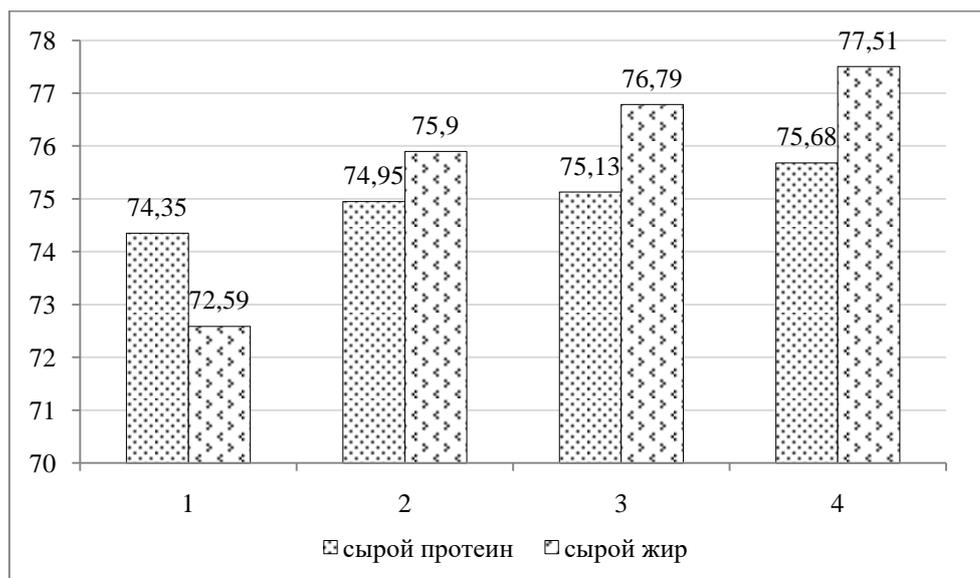


Рисунок 1. Коэффициенты переваримости сырого протеина и сырого жира рациона цыплят-бройлеров, %

Figure 1. Digestibility coefficients of crude protein and crude fat in the diet of broiler chickens, %

В переваримости сырой клетчатки наблюдается тенденция ее повышения у птицы опытных групп в сравнении с контрольной на 1,27-3,05%, а по группе БЭВ отмечена достоверная разница на 3,95% ($P \leq 0,001$) во II и на 5,45% ($P \leq 0,05$) – в III опытной группе.

Поведенный расчет баланса азота в организме цыплят-бройлеров в данный возрастной период свидетельствует (рис. 2), что при одинаковом его потреблении наименьшие потери с пометом отмечены у птицы I и III

опытной группы. В результате чего отложение в теле азота у бройлеров I опытной группы превосходило контрольную на 0,33 г, II опытной – на 0,21 г и III опытной группы – на 0,40 г ($P \leq 0,001$), или на 17,8%, 11,4 и 21,6%.

В заключительный период выращивания цыплят-бройлеров в их организме в переваримости сырого протеина и сырого жира наблюдалась аналогичная закономерность, что и предыдущий возрастной период (рис. 3).

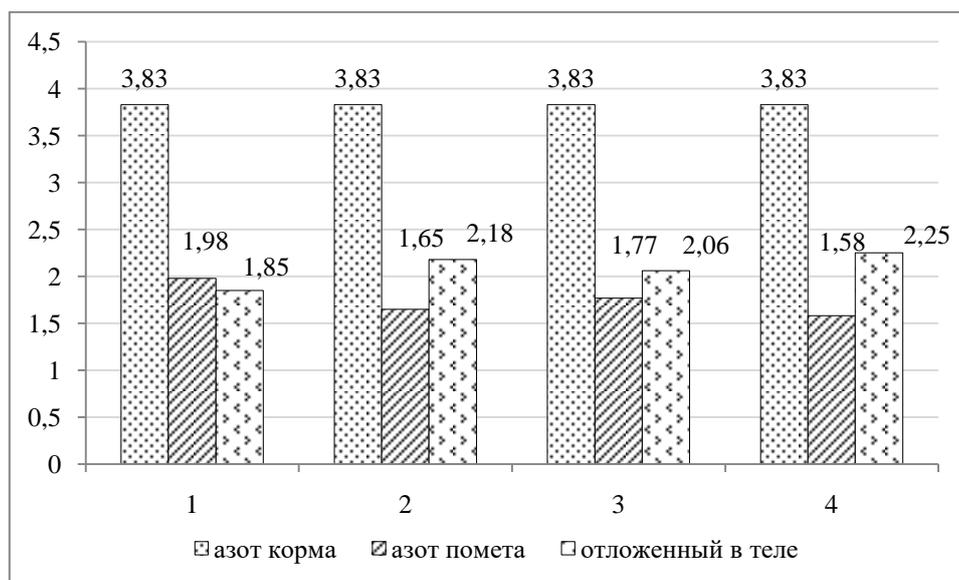


Рисунок 2. Баланс азота в организме цыплят-бройлеров, г/гол. в сутки
Figure 2. Nitrogen balance in the body of broiler chickens, g/head per day

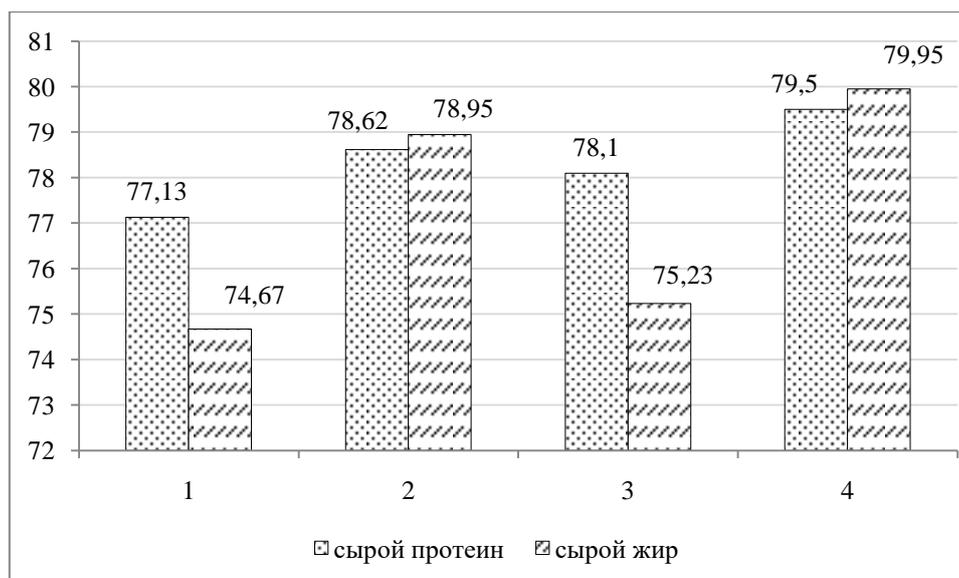


Рисунок 3. Коэффициенты переваримости сырого протеина и сырого жира рациона цыплят-бройлеров, %
Figure 3. Digestibility coefficients of crude protein and crude fat in the diet of broiler chickens, %

Птица, получавшая в рационе цикорий, имела выше переваримость сырого протеина на 1,49%, жира – на 4,28%, совместно цикорий с молочной кислотой – на 2,37 и 5,28% соответственно. Испытуемые кормовые добавки увеличили переваримость сырой клетчатки рациона птицы I опытной группы на 2,02%, II – на 1,36% и III опытной группы - на 2,58%. Менее выраженное различие на-

блюдалось между контрольной и опытными группами в переваримости БЭВ.

Снижение потерь азота с неперева-ренными каловыми массами и мочевой кислотой у бройлеров I и III опытной группы обеспечило его среднесуточное отложение в теле на уровне 3,97 г и 4,05 г (рис. 4), что превосходило контрольную группу на 5,9 и 8,0% ($P \leq 0,001$).

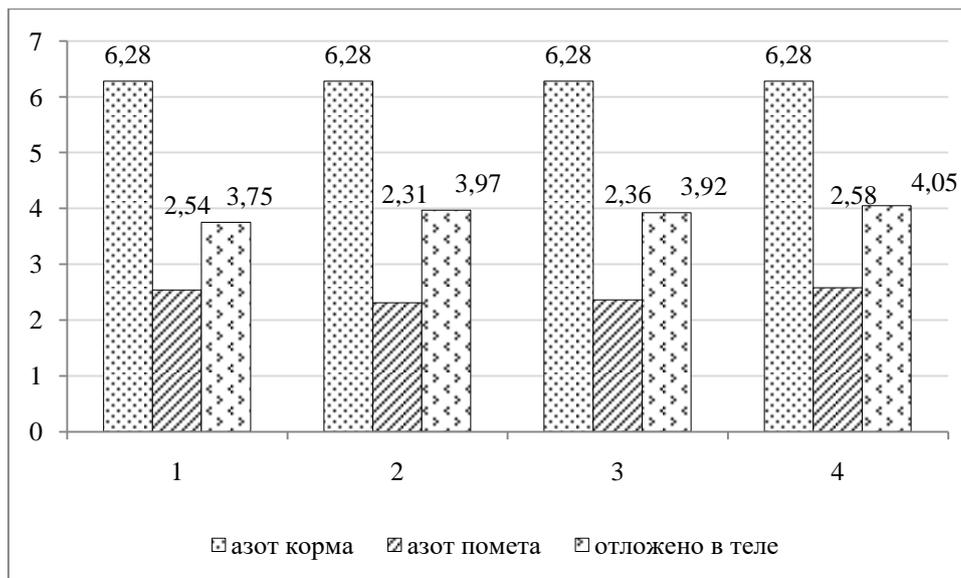


Рисунок 4. Баланс азота в организме цыплят-бройлеров в шестинедельном возрасте, г/гол. в сутки

Figure 4. Nitrogen balance in the body of broiler chickens at six weeks of age, g/head per day

Обе кормовые добавки при разном их использовании не оказали отрицательного влияния на усвоение в организме кальция и фосфора. Их ретенция в теле птицы в трехнедельном возрасте составила 0,52-0,61 г ($P \leq 0,01$) кальция и 0,36-0,39 г фосфора, в шестинедельном возрасте – 0,84-0,90 г и 0,61-0,66 г соответственно.

Уровень течения обменных процессов в организме интенсивно растущей птицы во много зависит от обеспеченности ее потребности в биогенных элементах питания. На основании расчета усвоения отдельных микроэлементов рациона цыплят-бройлеров (табл. 1) можно отметить, что цикорий, как отдельно, так и совместно с молочной кислотой, в большей степени активизирует белок синтетическую функцию печени, в метаболических процессах которой задействованы такие нутриенты, как марганец, кобальт.

В то же время повышенная потребность организма птицы в цинке и хrome подтверждает увеличенную ферментативную активность поджелудочной железы в вопросе секреции амилазы и липазы, направленных на переваривание углеводов и липидов рациона. Совокупное повышение меди и железа у птицы опытных групп в сравнении с контрольной благоприятно отразилось на содержании гемоглобина и уровне эритроцитов в крови. Это подтвердили проведенные гематологические исследования в данные возрастные периоды выращивания птицы.

Полученные нами данные подтверждают и согласуются с ранее проведенными исследованиями В. И. Фисинина др. [8], И. А. Егорова и др. [9], установивших, что степень активности поджелудочной железы у гибридов кросса «Смена 8» и ремонтного молодняка материнских линий повышается под влиянием включения в рацион птицы фитобиотика

Профорт. Активность амилазы поджелудочной железы в данных группах была выше контрольной 27,4 и 15,8%, трипсина в плазме крови – на 41,4 и 31,4%, липазы – на 35,3 и 31,0%. Включение в рацион цыплят-бройлеров коры дуба в дозе 1,0 г/кг корма в исследованиях Ш. Г. Рахматуллина и др. [10],

в сравнении с дозировками 2,0 и 3,0 г/кг, в лучшей степени отразилось на переваримости и использовании органической части корма рациона бройлеров. В результате чего предубойная живая масса птицы была выше контрольной на 1,99%, а также других опытных групп.

Таблица 1. Усвоения отдельных биогенных элементов питания рациона цыплят-бройлеров, %
Table 1. Assimilation of individual biogenic nutritional elements in the diet of broiler chickens, %

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
	возраст три недели			
Fe	52,41±1,75	48,75±2,98	49,72±2,63	50,19±2,46
Cu	8,58±1,46	13,12±1,49	13,03±1,70	13,85±2,72
Zn	4,87±0,65	5,78±1,57	4,63±0,79	7,09±2,08
Co	4,79±2,25	9,46±4,35	7,72±1,03	9,69±1,03
Mn	3,10±0,87	8,03±1,61*	5,71±1,83	7,69±0,84*
Cr	10,27±0,52	11,87±2,98	16,07±1,91	14,42±1,32
	возраст шесть недель			
Fe	56,92±1,58	56,87±1,52	58,26±2,14	61,59±2,54
Cu	9,77±0,60	11,45±0,81	16,34±1,61**	13,15±1,72
Zn	6,03±1,03	7,61±0,93	8,87±0,32	8,02±0,41
Co	5,92±1,76	8,24±0,97	8,30±0,74	8,06±1,29
Mn	4,60±1,21	7,96±0,60*	6,40±0,52	6,58±0,76
Cr	7,34±0,74	12,87±1,62*	10,62±1,33	12,56±2,05*

* – P≤0,05.

Выводы. Использование кормовой добавки травы цикория в рационе цыплят-бройлеров наиболее эффективно при совмещении с молочной кислотой и положительно

отражается на переваримости и усвоении питательных веществ рациона в течение всего периода выращивания птицы.

Список литературы

1. Остапчук П. С., Зубоченко Д. В., Куевда Т. А. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20(2). С. 103–117. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117. EDN: FUFQGF
2. Система антиоксидантной защиты: регуляция метаболических процессов, генетические детерминанты, методы определения / О. А. Никитина, М. А. Даренская, Н. В. Семёнова, Л. И. Колесникова // Сибирский научный медицинский журнал. 2022. № 42(3). С. 4–17. DOI: 10.18699/SSMJ20220301. EDN: SHHAVE
3. Ларилова Ю. С., Маликова Н. А. Вторичные метаболиты лекарственных растений // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2022. № 6. С. 138–141. EDN: XHSKWQ
4. Казачкова Н. М. Использование природных антибиотиков в рационе сельскохозяйственных животных и птицы // Инновационные технологии в образовании и науке: мат. междунар. науч.-практ. конф. Чувашского ГАУ. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. С. 14–16.
5. Васильева О. А., Нуфер А. И., Шацких Е. В. Альтернативные пути замены кормовых антибиотиков // Эффективное животноводство. 2019. № 4. С. 13–15. EDN: UMPJMD

6. Петруша Ю. К., Лебедев С. В., Гречкина В. В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 103–118. DOI: 10.33284/2658-3135-105-1-103. EDN: PBSHUZ
7. Яптик Н. Д. Гематологические показатели крови лабораторных животных при добавке в рацион фитобиотика // Идеи молодых ученых – агропромышленному комплексу: мат. междунар. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых Института ветеринарной медицины. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2024. С. 294–298.
8. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови у исходных линий и гибридов мясных кур при использовании биологически активных добавок в рационе / В. И. Фисинин, И. А. Егоров, В. Г. Вертипрахов, А. А. Грозина, Т. Н. Ленкова, В. А. Манукян, Т. А. Егорова // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 6. С. 1226–1233.
9. Использование комплексного фитобиотика в комбикормах для молодняка СПЦ «Смена» / И. А. Егоров, Т. Н. Ленкова, В. Г. Вертипрахов, В. А. Манукян, Т. А. Егорова, А. А. Грозина, В. С. Свиткин, Г. Ю. Лаптев, Н. И. Новикова, И. Н. Никонов // Птицеводство. 2017. № 12. С. 15–19. EDN: ZXLAAF
10. Рахматуллин Ш. Г., Нуржанов Б. С., Дускаев Г. К. Влияние различных доз растительного экстракта на переваримость рациона, убойные показатели, конверсию веществ в съедобную часть тушки птицы // Вестник Красноярского ГАУ. 2023. № 8. С. 149–157. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-149-157.

References

1. Ostapchuk P.S., Zubochenko D.V., Kuevda T.A. The role of antioxidants and their use in animal husbandry and poultry farming (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural science of Euro-North-East]. 2019;20(2):103–117. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117. EDN: FUFQGF
2. Nikitina O.A., Darenskaya M.A., Semenova N.V., Kolesnikova L.I. Antioxidant defense system: regulation of metabolic processes, genetic determinants, methods of determination. *Siberian scientific medical journal*. 2022;42(3): 4–17. (In Russ.). DOI: 10.18699/SSMJ20220301. EDN: SHHAVE
3. Larikova Yu.S., Malikova N.A. Secondary metabolites of medicinal plants. *Meditsina. Sotsiologiya. Filosofiya. Prikladnyye issledovaniya*. 2022;(6):138–141. (In Russ.) EDN: XHSKWQ
4. Kazachkova N.M. Use of natural antibiotics in the diet of farm animals and poultry. *Innovatsionnyye tekhnologii v obrazovanii i nauke: mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chuvashskogo GAU* [Innovative technologies in education and science: proc. int. scientific-practical. conf. Chuvashia SAU]. Cheboksary: TSNS "Interaktiv plus", 2017. Pp. 14–16. (In Russ.). EDN: YOFIDZ
5. Vasilyeva O.A., Nufer A.I., Shatskikh E.V. Alternative ways to replace feed antibiotics. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2019;(4):13–15. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-105-1-103. EDN: UMPJMD
6. Petrushka Yu.K., Lebedev S.V., Grechkina V.V. Phytobiotics in feeding agricultural poultry (review). *Animal husbandry and fodder production*. 2022;105(1):103–118. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-105-1-103. EDN: PBSHUZ
7. Yaptik N.D. Hematological parameters of the blood of laboratory animals with the addition of phytobiotics to the diet. *Idei molodykh uchenykh – agropromyshlennomu kompleksu: mat. mezhdunar. nauchno-praktich. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh Instituta veterinarnoy meditsiny* [Ideas of young scientists – to the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists of the Institute of Veterinary Medicine. Chelyabinsk: FGBOU VO Yuzhno-Ural'skiy GAU, 2024. Pp. 294–298. (In Russ.)
8. Fisinin V.I. [et al.]. Activity of digestive enzymes in duodenal chyme and blood plasma of original lines and hybrids of meat chickens when using biologically active additives in the diet. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* [Agricultural Biology]. 2017;(6):1226–1233. (In Russ.).
9. Egorov I.A. [et al.]. Use of complex phytobiotic in compound feed for young animals of the Smena Agricultural Center. *Ptitsyevodstvo*. 2017;(12):15–19. (In Russ.). EDN: ZXLAAF
10. Rakhmatullin Sh.G., Nurzhanov B.S., Duskaev G.K. Effect of different doses of plant extract on diet digestibility, slaughter indicators, conversion of substances into the edible part of the poultry carcass. *Bulletin of KrasSAU*. 2023;(8):149–157. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-149-157

Сведения об авторах

Овчинников Александр Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5382-8651

Шепелева Татьяна Анатольевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры птицеводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 9722-7986

Яптик Наталья Дмитриевна – аспирант кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5602-5918

Information about authors

Alexander A. Ovchinnikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products, South Ural State Agrarian University, SPIN-code: 5382-8651

Tatyana A. Shepeleva – Candidate of veterinary sciences, associate professor of the poultry farming department, South Ural State Agrarian University, SPIN-code: 9722-7986

Natalya D. Yaptik – Postgraduate student of the department of feeding, animal hygiene, technology of production and processing of agricultural products, South Ural State Agrarian University, SPIN-code: 5602-5918

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 12.08.2024;
одобрена после рецензирования 02.09.2024;
принята к публикации 11.09.2024.*

*The article was submitted 12.08.2024;
approved after reviewing 02.09.2024;
accepted for publication 11.09.2024.*

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Научная статья

УДК 636.32/38.082.262

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-46-54

**Хозяйственно-полезные признаки овец породы манычский меринос
манычского заводского типа разных линий**

**Василий Васильевич Абонеев^{✉1}, Юрий Анатольевич Колосов²,
Анна Яковлевна Куликова³, Екатерина Васильевна Абонеева⁴**

^{1,3}Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, ул. Первомайская, 4, поселок Знаменский, Краснодар, Россия, 350055

²Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, поселок Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493

⁴Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, Ставрополь, Россия, 355017

^{✉1}aboneev49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>

²kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>

³kulikova-skniig@yandex.ru

⁴eaboneeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0279-8733>

Аннотация. Целью исследования является определение уровня и характера развития основных хозяйственно-полезных признаков у овец породы манычский меринос манычского заводского типа, установление степени сочетания различных вариантов межзаводских кроссов. В племязаводе-колхозе им. Ленина Апанасенковского района Ставропольского края проведена бонитировка и стрижка ярок, маток и баранов породы манычский меринос линий EM 815, EM 214 и EM 222. Полученные результаты в процессе исследования свидетельствуют, что у всех половозрастных групп сравниваемых линий наблюдается высокая степень характерных признаков, которая отмечалась при их апробации. Это характеризует повышенную препотентность животных и обеспечит положительный эффект при их использовании в хозяйствах различных категорий. На основании комплексной оценки животных разных групп, затрат на их выращивание установлено, что наибольший экономический эффект в виде прибыли и уровня рентабельности получен от животных 815 и 222 линий. Овцы 214 линии хотя и незначительно, но уступали животным других линий. Установлено, что длительное чистопородное разведение овец манычского заводского типа породы манычский меринос в закрытом стаде, способствовало сохранению присущих характерных признаков каждой линии, что свидетельствует о том, что овцы манычского заводского типа породы манычский меринос отличаются высокими наследственными качествами и их использования в стадах различных категорий хозяйств, будет способствовать получению потомства желательного качества.

Ключевые слова: овцы, порода, манычский меринос, манычский тип, линии 815, 214, 222, внутрилинейный подбор, живая масса, настриг шерсти, длина, тонина, экономическая эффективность

Для цитирования. Абонеев В. В., Колосов Ю. А., Куликова А. Я., Абонеева Е. В. Хозяйственно-полезные признаки овец породы манычский меринос манычского заводского типа разных линий // 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

Original article

Economically useful traits of the Manych Merino sheep of the Manych factory type of different lines

Vasily V. Aboneev^{✉1}, Yuri A. Kolosov², Anna Ya. Kulikova³, Ekaterina V. Aboneeva⁴

^{1,3}Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, 4 Pervomayskaya Street, Znamensky Village, Krasnodar, Russia, 350055

²Don State Agrarian University, 24 Krivoshlykova Street, Persianovsky Village, Rostov region, Russia, 346493

⁴North Caucasus Federal University, 1 Pushkin Street, Stavropol, Russia, 355017

^{✉1}aboneev49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>

²kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>

³kulikova-skniig@yandex.ru

⁴eaboneeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0279-8733>

Abstract. The aim of the study is to determine the level and nature of development of the main economically useful traits in Manych Merino sheep of the Manych factory type, to establish the degree of combination of various variants of inter-factory crosses. In the Lenin breeding farm-collective farm of the Apanasenskiy district of the Stavropol Territory, the assessment and shearing of ewes, ewes and rams of the Manych Merino breed of the EM 815, EM 214 and EM 222 lines was carried out. The results obtained in the course of the study indicate that all age and sex groups of the compared lines have a high degree of characteristic traits, which was noted during their testing. This characterizes the increased prepotency of animals and will provide a positive effect when using them in farms of various categories. Based on a comprehensive assessment of animals of different groups, the costs of their rearing, it was found that the greatest economic effect in the form of profit and the level of profitability was obtained from animals of the 815 and 222 lines. Sheep of line 214, although slightly, were inferior to animals of other lines. It was established that long-term purebred breeding of sheep of the Manych factory type of the Manych Merino breed in a closed herd contributed to the preservation of the inherent characteristic features of each line, which indicates that sheep of the Manych factory type of the Manych Merino breed are distinguished by high hereditary qualities and their use in herds of various categories of farms will contribute to obtaining offspring of the desired quality.

Keywords: sheep, breed, Manych merino, Manych type, lines 815, 214, 222, intraline selection, live weight, wool yield, length, fineness, economic efficiency

For citation. Aboneev V.V., Kolosov Yu.A., Kulikova A.Ya., Aboneeva E.V. Economically useful traits of the 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

Введение. Овцеводство как одна из уникальных отраслей животноводства производит ценнейшие продукты питания и сырьё для промышленности. В то же время недостаточное внимание к этой важной отрасли приводит к стихийному никем не управляемому скрещиванию овец разных линий, типов и пород. Мы наблюдаем существенное сокращение поголовья овец тонкорунного и полутонкорунного направления продуктивности, в том числе путём их скрещивания между собой, и даже с использованием бара-

нов грубошерстных пород, что привело к значительному росту (в 4,6 раза) их численности, забывая при этом об эффективных приёмах совершенствования животных при чистопородном разведении и его высшей формы разведения по линиям. История создания и совершенствования любой породы сельскохозяйственных животных подтверждает, что огромную роль при выведении и совершенствовании каждой из них играли отдельные выдающиеся по своим хозяйственно-полезным признакам производители.

В то же время специалисты, работающие над созданием и последующим повышением фенотипических и генотипических качеств линий, хорошо знают, что если не применять методы направленной селекции на закрепление признаков, свойственных той или иной линии, они очень быстро «растворяются» и в конечном итоге превращаются в «ложные линии». В этой связи, каждое племенное хозяйство, создавая линии, должно помнить, что для достижения эффекта от их разведения надо применять комплекс селекционно-технологических приёмов не только по сохранению присущих линиям признаков, но и их усилению и закреплению, не исключая разные степени умеренного или отдалённого инбридинга с последующими приёмами межлинейного подбора. Примером профессионального мастерства при создании и работе с линиями являются работы известных учёных [1–10]. Одним из результатов коллективного творчества при создании типа породы и выдающихся линий являются специалисты племзавода имени Ленина Апанасенковского района Ставропольского края. Это одно из известных в бывшем СССР, а сегодня России, хозяйств, где творчески ведётся работа с линиями породы маньчский меринос. Серия выполненных нами в этом хозяйстве экспериментальных исследований показывает, что свойственные линиям 815, 214 и 222 породы маньчский меринос маньчского заводского типа сохраняются и преумножаются уже на протяжении более 30 летнего периода. Кроме того, использование животных продолжателей этих линий в разных регионах нашей страны и в различных категориях хозяйств позволяет овцеводам получать улучшающий эффект. Какие характерные признаки были свойственны этим линиям? В частности, овцы 815 линии самые крупные по живой массе и внешним признакам. Характерной особенностью этой линии является шерстный покров. По сравнению со своими сверстницами 214 и 222 линий у них более длинная шерсть и несколько больше тонина шерстного волокна от 23 до 27 мкм, крупная незначительно растянутая изви-тость, густая с белым цветом жиропота шерсть, с люстровым блеском, небольшая зона вымытости и загрязнения штапеля, высокий процент выхода мытого волокна. Жи-

вотные 214 линии, напротив, характеризуются меньшей живой массой, но очень густой шерстью, с голубоватым оттенком жиропота и высоким процентом выхода мытого волокна. Тонина шерсти у животных этой линии в пределах 19-22 мкм, с хорошей степенью уравниности в штапеле и в целом по руну, изви-тость ярко выражена правильной полукруглой формы по всему штапелю. Овцы 222 линии занимают промежуточное положение между характерными признаками 815 и 214 линий. Бараны-производители 222 линии комолые и характеризуются рельефно-выраженной оброслостью рунной шерстью до линии глаз и конечностей передних до запястных и задних до скакательных суставов. В целом, всё поголовье этой линии имеет хорошо выраженные мясные формы, с небольшим количеством складок на шее. Важнейшей особенностью работы с перечисленными линиями является то, что специалисты племзавода проводят индивидуально-групповой подбор маток и баранов с целью сохранения характерных признаков линий на протяжении длительного периода. Именно этими приёмами удаётся сохранять и улучшать признаки, свойственные животным 815, 214 и 222 линий.

В этой связи **целью исследования** являлось определение уровня и характера развития основных хозяйственно-полезных признаков у овец породы маньчский меринос маньчского заводского типа, для последующего изучения различных вариантов межзаводских кроссов и установления степени сочетания присущих линиям признаков в потомстве.

Новизна исследования. Степень развития основных хозяйственно полезных признаков, характерных изучаемым линиям в породе маньчский меринос маньчского заводского типа после их создания, проводится впервые и имеет важное значение для науки и практики.

Материалы, методы и объекты исследования. Для решения поставленных задач и цели в племзаводе-колхозе им. Ленина Апанасенковского района Ставропольского края в период с 2020 по 2022 годы на животных племядра проведена бонитировка и стрижка ярок, маток и баранов породы маньчский меринос линий ЕМ 815, ЕМ 214 и ЕМ 222.

При этом решались следующие задачи: бонитировка и стрижка опытного поголовья разных линий, определение комплексных затрат на выращивание молодняка, ярок, маток и баранов; контроль условий кормления и содержания опытного поголовья животных; статистическая обработка полученных опытных данных. Для изучения показателей живой массы в каждой половозрастной группе в количестве по 20 голов проведено индивидуальное взвешивание животных по общепринятым методикам. Индивидуальная бонитировка молодняка, маток и баранов, а также отбор образцов шерсти для исследований, учёт результатов стрижки осуществляется по известным в зоотехнической науке и практике методикам. Питательность рационов рассчитывалась по составу и питательности кормов, представленных в книге «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» [11].

Эффективность выращивания животных разных групп устанавливалась на основе учета всех затрат и полученного от них условного дохода с учётом количества и качества полученной продукции.

Обработка материала, полученного в процессе эксперимента, проведена методами по Н. А. Плохинскому [12].

Результаты исследования. На основании проведённых исследований установлено (табл. 1), что бараны – производители, ремонтные бараны, овцематки, ярки и ярочки 4 месячного возраста разных линий характеризовались следующей живой массой. Наибольшим показателем по данному признаку отличались животные разных половозрастных групп 815 линии. Так, у баранов-производителей разного возраста она составляла в среднем 113,4 кг, ремонтных баранов 86,6 кг, овцематок 64,7 кг, ярок 48,9 кг и 4-х месячных ярочек 29,6 кг. Незначительно уступали по живой массе животные разных групп 222 линии. В частности, живая масса баранов-производителей этой линии была меньше, чем у сверстников 815 линии в среднем на 3,1 кг или 2,8% ($P < 0,95$), ремонтных баранов на 4,7 кг или 5,7%, ($P \geq 0,95$), овцематок на 3,0 кг или 4,9% ($P \geq 0,95$), ярок 2,8 кг, или 3,8% и ярочек на 2,3 кг или 8,4% ($P > 0,99$). Несколько меньший показатель важного признака, определяющего уровень и

характер мясной продуктивности животного, имели овцы разных половозрастных групп 214 линии. Так, бараны-производители имели меньше живую массу, чем сверстники 815 линии на 8,1 кг или 7,7% ($P > 0,95$), ремонтные бараны на 8,2 кг или 10,5% ($P > 0,99$), овцематки на 5,4 кг или на 9,1 % ($P > 0,95$), ярки на 2,8 кг, что составляет 6,1% ($P > 0,95$), и ярочки на 3,5 кг или 13,4% ($P > 0,99$). Представленные данные по индивидуальному взвешиванию животных свидетельствуют о том, что главный признак, который существенно влияет на мясную продуктивность полученного и получаемого на перспективу потомства – живая масса, у овец манычского заводского типа породы манычский меринос развит достаточно хорошо. При этом отличительная закономерность, проявляемая по живой массе, характерная для животных разных линий, при их апробации, сохранилась до настоящего периода, с той лишь разницей, что животные 222 линии стали несколько крупнее и, в большей степени, по живой массе находятся ближе к овцам 815 линии.

На основании индивидуального учёта настрига шерсти в физической массе и установленного процента выхода мытого волокна нами был подсчитан настриг шерсти в мытом волокне по каждому животному (табл. 1). Биометрическая обработка полученных данных по этому показателю свидетельствует, что по анализируемому признаку каких-либо ярко выраженных закономерностей между сравниваемыми группами овец не наблюдается. Например, по баранам-производителям более высокие показатели по настригу оригинальной шерсти, проценту выхода мытого волокна и, как следствие, количеству мытой шерсти были характерны для овец 815 линии. Они превосходили своих сверстников других линий в пределах половозрастных групп по количеству мытого волокна в среднем на 0,25-0,44 кг, что составляет соответственно 2,9 и 6,9% ($P < 0,95$ и $> 0,95$). По ремонтным баранам эта разница в пользу животных 815 линии составила в пределах сравниваемых групп третьей и второй линий соответственно 3,7 и 5,7% при $P < 0,95$ и $> 0,95$ при абсолютных значениях этого показателя 5,6; 5,3 и 5,4 кг. У овцематок лучшими по данному признаку были жи-

вотные 222 линии. Настриг мытой шерсти у них составил 4,1 кг. В то время как у овцематок 815 и 214 линий этот показатель рав-

нялся 3,9 и 3,8 кг ($P < 0,95$ и $> 0,95$). Яркогодовики имели практически одинаковый настриг мытой шерсти 3,1 и 3,0 кг.

Таблица 1. Живая масса и настриг чистой шерсти у овец породы манычский меринос разных линий и половозрастных групп

Table 1. Live weight and pure wool yield of Manych Merino sheep of different lines and age and sex groups

Показатели	Линии		
	815	214	222
Живая масса, кг			
Бараны-производители	113,4±1,24	105,3±1,08	110,3±1,08
Бараны ремонтные	86,6±1,11	78,4±0,95	81,9±1,05
Овцематки	64,7±1,08	59,3±0,87	61,7±1,08
Ярки	48,9±1,04	46,1±0,92	46,1±1,08
Ярочки в 4 месяца	29,6±0,67	26,1±0,71	27,3±0,56
Настриг мытой шерсти, кг			
Бараны-производители	7,1±0,27	6,7±0,23	6,9±0,26
Бараны-ремонтные	5,6±0,22	5,3±0,24	5,4±0,26
Овцематки	3,9±0,21	3,8±0,24	4,1±0,24
Ярки	3,1±0,17	3,0±0,14	3,1±0,17

Важным признаком, определяющим шерстную продуктивность овец, является длина шерсти. Проведение индивидуальной бонитировки овец племенного ядра показало, что наиболее длинной шерстью характеризовались животные всех половозрастных групп 815 линии. Так, бараны-производители этой линии имели длину штапеля 11,1 см, ремонтные бараны 11,9 см, овцематки 10,0 см, ярки 10,5 см и ярочки при отбивке от маток 6,8 см. Несколько ниже длина штапеля отмечалась у овец племенного ядра 222 и 214 линий. В частности, бараны-производители 222 линии уступали по длине шерсти сверстникам 815 линии на 0,8 см или 7,8% ($P > 0,95$), ремонтные бараны на 0,3 см, что составляет 2,8% ($P < 0,95$), овцематки на 0,5 см или 5,3% ($P > 0,95$), ярки на 0,2 см или 1,9% и 4 месячные ярочки на 0,7 см, что составило 11,5% при ($P > 0,99$). У овец 214 линии длина штапеля по перечисленным группам животных соответственно равнялась 10,2 см, 10,8 см, 9,3 см, 10,1 см и 6,4 см, что меньше соответственно по перечисленным половозрастным группам по сравнению с животными 815 линии на 8,8; 10,2; 7,5; 4,0 и 6,3% при математически достоверной разнице по всем сравниваемым половозрастным группам животных.

По главному признаку, определяющему прядильные свойства шерсти в количественном и качественном выражении, а именно диаметру поперечного сечения шерстного волокна, установлены следующие закономерности между животными разных линий и половозрастных групп (табл. 2). Так, у баранов-производителей 815 линии этот показатель составил 22,9 мкм, 222 линии 19,4 мкм и 214 линии 20,5 мкм, или различия в сторону утонения шерстного волокна по данному признаку составляют соответственно 18,1 и 11,7% при ($P > 0,99$). Ремонтные бараны имели тонину шерсти по перечисленным линиям соответственно 23,2 мкм, 18,5 мкм и 20,1 мкм. Или разница в пользу животных с более тонкой шерстью составила соответственно 25,4 и 15,4% ($P > 0,999$ и $P > 0,99$). Тонина шерсти у овцематок и ярок 815 линии соответственно составила 21,8 и 21,4 мкм. У животных 222 линии по данным возрастным группам диаметр поперечного сечения волокна равнялся соответственно 18,5 и 19,3 мкм, или меньше соответственно на 17,8 и 10,9% ($P > 0,99$), а у овец 214 линии 19,1 и 20,4 мкм или 14,1 и 4,9% ($P > 0,95$ и $P > 0,99$).

Таблица 2. Длина и тонина шерсти у овец породы маньчский меринос маньчского заводского типа разных линий и половозрастных групп
Table 2. Length and fineness of wool of sheep of the Manych Merino breed, Manych factory type of different lines and age and sex groups

Показатели	Линии		
	815	214	222
Длина шерсти, см			
Бараны-производители	11,1±0,17	10,2±0,17	10,3±0,14
Бараны-ремонтные	11,9±0,19	10,8±0,11	10,8±0,22
Овцематки	10,0±0,54	9,3±0,24	9,5±0,32
Ярки	10,5±0,37	10,1±0,13	10,3±0,19
Ярочки 4 месяца	6,8±0,22	6,4±0,12	6,1±0,11
Тонина шерсти, мкм			
Бараны-производители	22,9±0,15	20,5±0,19	19,4±0,17
Бараны-ремонтные	23,2±0,19	20,1±0,19	18,5±0,16
Овцематки	21,8±0,13	19,1±0,17	18,5±0,19
Ярки	21,4±0,17	20,4±0,19	19,3±0,17

По густоте шерсти, определённой глазомерным методом, наблюдалась следующая закономерность. Наибольший процент густошерстных животных отмечался у овец племядра 222 и 214 линий. У животных этих групп количество овец с очень густой и густой шерстью было больше, чем у баранов-производителей, ремонтных баранов, овцематок, ярок и ярочек 815 линии в среднем на 6,3%. В то же время ни у одной группы животных разных линий племенного ядра не отмечалось овец с редкой шерстью.

Определённые различия между сравниваемыми группами овец разных линий наблюдались и по цвету жиропота. Наибольшая численность овец с ярко выраженным белым цветом жиропота выделено среди животных 815 линии. Для овец 222 и 214 линий характерен в основном с голубоватым оттенком белый цвет жиропота. При этом существенных отличий между животными 222 и 214 линий по данному признаку не установлено.

Итоговым показателем, определяющим комплексную оценку животного, является его комплексный класс. Следует отметить, что в племядре животные всех половозраст-

ных групп отнесены к классу элита и первому. Каких-либо закономерностей по данному признаку среди сравниваемых групп животных не установлено.

На основании комплексной оценки животных разных групп, затрат на их выращивание установлено, что наибольший экономический эффект в виде прибыли и уровня рентабельности получен от животных 815 и 222 линий. Овцы 214 линии, хотя и незначительно, но уступали животным других линий.

Заключение. Таким образом, выполненные исследования по характеристике основных хозяйственно-полезных признаков овец разных линий и половозрастных групп свидетельствуют, что длительное чистопородное разведение овец маньчского заводского типа породы маньчский меринос в закрытом стаде способствовало сохранению присущих характерных признаков каждой линии. Это свидетельствует о том, что овцы маньчского заводского типа породы маньчский меринос отличаются высокими наследственными качествами и их использование в стадах различных категорий хозяйств будет способствовать получению потомства желательного качества.

Список литературы

1. Богданов Е. А. Как можно ускорить совершенствование и создание племенных стад и пород (Разведение по линиям) Москва: Сельхозгиз. 1938. С. 8–31.

2. Иванов М. Ф. Некоторые теоретические вопросы разведения по линиям // Животноводство. 1949. № 11. С. 34–44.
3. Кисловский Д. А. Разведение по линиям. Избранные сочинения. Москва: Колос. 1967. С. 93–119.
4. Кулешов П. Н. Теоретические работы по племенному животноводству. Москва: Сельхозгиз. 1947. С. 86–124.
5. Селькин И. И., Абонеев В. В., Ржепаковский В. В. Оплата корма приростом живой массы и шерсти у ярок от внутри и межлинейного подбора: сб. науч. тр. / ВНИИОК. Вып. 42. Ставрополь, 1997. С. 19–24.
6. Рост, развитие и интерьерные особенности ярок ведущих линий породы маньчский меринос / С. Н. Шарко, В. А. Мороз, В. В. Абонеев, В. В. Ржепаковский // Материалы междунар. научно-практ. конф. по овцеводству и козоводству. ВНИИОК. Ч. 1. Ставрополь, 1997. С. 133–136.
7. Особенности развития внутренних органов и тканей у ярок от внутри- и межлинейного подбора / И. И. Селькин, В. В. Абонеев, В. В. Ржепаковский, Е. Н. Чернобай // Сб. науч. тр. ВНИИОК. Вып. 43. 1998. С. 82–86.
8. Шарко С. Н. Продуктивные и некоторые биологические особенности овец породы маньчский меринос разных линий и кроссов: дисс. ... канд. с.-х. наук. Ставрополь, 1999. 134 с.
9. Results of using different breed studs in commercial fine wool sheep breeding / V. Aboneev, D. Aboneev, E. Aboneeva, S. Kazanchev, D. Baimukanov // E3S Web of Conferences 262, 02016 (2021) IТЕЕА 2021. Doi: 10.1051/e3sconf/202126202016. EDN: TITUUO
10. Kolosov Yuri A., Klimenko Aleksander I., Vasilenko Vyacheslav N., Shirokova Nadezhda V., Getmantseva Lyubov V., Kolosov Anatoli Yu., Aboneev Vasili V., Chizhova Ludmila N., Marchenko Vyacheslav V., Mikhailenko Antonina K. and Aboneev Dmitri V. Some Biological Characteristics and Prediction of Sheep Productivity at Different Variants of Breed Selection // OnLine Journal of Biological Sciences. 2017. 17(4). S. 343–347.
11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. Москва, 2003. 456 с.
12. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Москва: Колос, 1969. 256 с.

References

1. Bogdanov E.A. *Kak mozjno uskorit' sovershenstvovaniye i sozdaniye plemennykh stad i porod (Razvedeniye po liniyam)* [How to speed up the improvement and creation of breeding herds and breeds (Breeding by lines)]. Moscow: Sel'khozgiz. 1938. Pp. 8–31. (In Russ.)
2. Ivanov M.F. Some theoretical issues of line breeding. *Zhivotnovodstvo*. 1949;(11):34–44. (In Russ.)
3. Kislovsky D.A. *Razvedeniye po liniyam. Izbrannyye sochineniya* [Breeding by lines. Selected works]. Moscow: Kolos. 1967. Pp. 93–119. (In Russ.)
4. Kuleshov P.N. *Teoreticheskiye raboty po plemennomu zhivotnovodstvu* [Theoretical works on livestock breeding]. Moscow: Sel'khozgiz. 1947. Pp. 86–124. (In Russ.)
5. Sel'kin I.I., Aboneev V.V., Rzhepakovsky V.V. Feed payment by live weight and wool gain in ewes from intra- and interline selection: collection of scientific papers / VNIIOK. Issue 42. Stavropol, 1997. Pp. 19–24. (In Russ.)
6. Sharko S.N., Moroz V.A., Aboneev V.V., Rzhepakovsky V.V. Growth, development and interior features of leading lines of the Manych Merino breed ewes. *Materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konf. po ovtsevodstvu i kozovodstvu. VNIIOK. CH. 1* [Proceedings of the international. scientific and practical. conf. on sheep and goat breeding. VNIIOK. Part 1]. Stavropol, 1997. Pp. 133–136. (In Russ.)
7. Sel'kin I.I., Aboneev V.V., Rzhepakovsky V.V., Chernobay E.N. Features of development of internal organs and tissues in ewes from intra- and interline selection. *Sb. nauch. tr. VNIIOK. Vyp. 43* [Collection of scientific papers of VNIIOK. Issue 43]. 1998. Pp. 82–86.
8. Sharko S.N. *Produktivnyye i nekotoryye biologicheskiye osobennosti ovets porody manychskiy merinos raznykh liniy i krossov: dis... kand. s.-kh. nauk* [Productive and some biological characteristics of Manych Merino sheep of different lines and crosses: diss. candidate of agricultural sciences]. Stavropol, 1999. 134 p.

9. Aboneev V., Aboneev D., Aboneeva E., Kazanchev S., Baimukanov D. Results of using different breed studs in commercial fine wool sheep breeding. E3S Web of Conferences 262, 02016 (2021) ITTEA 2021. Doi: 10.1051/e3sconf/202126202016. EDN: TITUUO

10. Kolosov Yuri A., Klimenko Aleksander I., Vasilenko Vyacheslav N., Shirokova Nadezhda V., Getmantseva Lyubov V., Kolosov Anatoli Yu., Aboneev Vasili V., Chizhova Ludmila N., Marchenko Vyacheslav V., Mikhailenko Antonina K. and Aboneev Dmitri V. Some Biological Characteristics and Prediction of Sheep Productivity at Different Variants of Breed Selection. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2017;17(4):343–347.

11. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoye posobiye. 3-ye izdaniye pererabotannoye i dopolnennoye* / Pod red. A.P. Kalashnikova, V.I. Fisinina, V.V. Shcheglova, N.I. Kleymenova [Norms and rations for feeding farm animals. Reference manual. 3rd edition, revised and supplemented. Edited by A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, N.I. Kleymenov]. Moscow, 2003. 456 p. (In Russ.).

12. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Guide to biometrics for livestock specialists]. Moscow: Kolos, 1969. 256 p.

Сведения об авторах

Абонеев Василий Васильевич – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела разведения и генетики сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», SPIN-код: 8768-9490

Колосов Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3898-8474

Куликова Анна Яковлевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела разведения и генетики сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», SPIN-код: 8768-9490

Абонеева Екатерина Васильевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и внешнеэкономической деятельности, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», SPIN-код: 1079-0699

Information about the authors

Vasily V. Aboneev – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Breeding and Genetics of Farm Animals, Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine, SPIN-code: 8768-9490

Yuri A. Kolosov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Breeding Farm Animals, Private Zootechnics and Zoohygiene named after P.E. Ladan, Don State Agrarian University", SPIN-code: 3898-8474

Anna Ya. Kulikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Breeding and Genetics of Farm Animals, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, SPIN-code: 8768-9490

Ekaterina V. Aboneeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Foreign Economic Activity, North Caucasus Federal University, SPIN-code: 1079-0699

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 16.08.2024;
одобрена после рецензирования 06.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.*

*The article was submitted 16.08.2024;
approved after reviewing 06.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.*

Научная статья

УДК 636.2:636.082

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-55-63

Новый метод определения категорий племенной ценности быков-производителей молочных и молочно-мясных пород

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

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

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

Аннотация. В ходе ведения селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом молочных и комбинированных пород выявление и последующее использование быков-улучшателей удою и жирномолочности позволит повысить молочную продуктивность коров в отдельных стадах и в целом по породе. В статье излагается разработанная авторами новая методика определения категорий племенной ценности по удою и жирномолочности быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, представляющая собой модифицированный метод «дочери-матери». Авторами статьи предложены также шкалы определения комплексных категорий племенной ценности быков-производителей по удою и жирномолочности, устанавливаемые с использованием общепринятого метода «дочери-сверстницы» и нового (модифицированного) метода «дочери-матери». Цель исследования заключалась в апробации новой методики определения категорий племенной ценности по удою и жирномолочности быков-производителей голштинской красно-пестрой породы, которых использовали для воспроизводства в молочном стаде СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. Апробация проводилась в 2024 году на коровах-первотелках, являющихся дочерьми трех быков-производителей – Имбирь 23433 (15 голов), Тоник 5155 (16 голов) и Тайсон 1060 (16 голов). В результате проведенных исследований выяснили, что категории племенной ценности быков-производителей по удою, установленные модифицированным методом «дочери-матери», оказались выше, чем при использовании метода «дочери-сверстницы». Категория племенной ценности по жирномолочности, установленная на основе модифицированного метода «дочери-матери», у одного из трех быков-производителей была выше категории, установленной методом «дочери-сверстницы», в то время как у двух других быков-производителей категории племенной ценности, установленные разными методами, совпадали.

Ключевые слова: удои, жирномолочность, бык-производитель, корова-первотелка, категория племенной ценности

Для цитирования. Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Новый метод определения категорий племенной ценности быков-производителей молочных и молочно-мясных пород // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 55–63. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-55-63

Original article

A new method for determining the categories of breeding value of bulls producing dairy and dairy-meat breeds

Zaurbek M. Aisanov^{✉1}, Timur T. Tarchokov², Madina G. Tleysheva³

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

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

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

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

Abstract. In the breeding of large-rotting dairy and mixed breeds, identification and subsequent use of milking and fat-milk-enhancing bulls will improve cow milk productivity in individual herds and across the breed. The article describes a new method developed by the authors to determine the categories of breeding value on milking and fat milking of dairy and milk-meat cattle, which is a modified method «daughter-mother». The authors of the article also proposed scales for determining complex categories of breeding value of bulls-producers by breed and fatness, established using the conventional method «sister-daughter» and new (modified) method «mother-daughter». The aim of the study was to test a new method for determining the categories of breeding value according to milking and fat-milk of bulls-producers of Holstein red-varietal breeds, which were used for reproduction in dairy herd Agricultural production cooperative APC «Lenintsy» of Maysk district of Kabardino-Balkarian Republic. The trial was conducted in 2024 on first-born cows, the daughters of three bulls – Imbir 23433 (15 heads), Tonik 5155 (16 heads) and Tyson 1060 (16 heads). As a result of the conducted studies, it was found that the breeding value categories of bulls-producers by lot, established by the modified method «daughter-mother», were higher than under the use of the method «daughter-sister». The breeding value category for fat milkiness established on the basis of the modified «daughter-mother» method, one of the three bulls was higher than the category established by the «sister-daughter» method, while the other two bulls were the producers of the tribal value categories, established by different methods, were in agreement.

Keywords: milk yield, fat content, producer bull, first-calf cow, breeding value category

For citation. Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleysheva M.G. A new method for determining the categories of breeding value of bulls producing dairy and dairy-meat breeds. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):55–63. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-55-63

Введение. В селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом молочных и молочно-мясных пород большое значение имеет эффективное использование быков-производителей, являющихся улучшателями удою и жирномолочности. Следовательно, выявление и последующее рациональное использование быков-улучшателей является актуальным, так как позволит повысить молочную продуктивность коров в отдельных стадах и в целом по породе.

В молочном скотоводстве Российской Федерации для оценки быков-производителей по качеству потомства традиционно используют такие методы, как сравнение продуктивности дочерей быка-производителя с дочерьми других быков-производителей (метод «дочери-сверстницы») и сравнение по продуктивности дочерей быка-производителя с их матерями (метод «дочери-матери»).

В результате оценки по качеству потомства быков-производителей им присваивают категории племенной ценности по удою – А₁

(улучшатель первой категории), А₂ (улучшатель второй категории), А₃ (улучшатель третьей категории), Н (нейтральный), по жирномолочности – Б₁ (улучшатель первой категории), Б₂ (улучшатель второй категории), Б₃ (улучшатель третьей категории), Н (нейтральный) [1].

В то же время в результате использования метода «дочери-матери» производят сопоставление средней продуктивности дочерей быка-производителя и средней продуктивности их матерей, и в случае положительной разницы бык-производитель считается улучшателем, а в случае отрицательной разницы – ухудшателем. При этом в отличие от метода «дочери-сверстницы» не проводят никакой дифференциации быков-улучшателей по продуктивности, то есть не присваивают первую, вторую и третью категории.

На необходимость систематического проведения оценки по качеству потомства быков-производителей молочных и комбинированных пород для выявления среди них

улучшателей признаков молочной продуктивности указывают многие исследователи [2–8].

Цель исследования – провести апробацию новой методики определения категорий племенной ценности быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, основанной на модификации метода «дочери-матери».

В задачи исследований входили:

1. Сравнительный анализ определения категорий племенной ценности быков-производителей по удою на основе общепринятого метода «дочери-сверстницы» и модифицированного метода «дочери-матери».

2. Сравнительный анализ определения категорий племенной ценности быков-производителей по жирномолочности на основе общепринятого метода «дочери-сверстницы» и модифицированного метода «дочери-матери».

3. Определение комплексной категории племенной ценности быков-производителей по удою на основе общепринятого метода «дочери-сверстницы» и модифицированного метода «дочери-матери».

4. Определение комплексной категории племенной ценности быков-производителей по жирномолочности на основе общепринятого метода «дочери-сверстницы» и модифицированного метода «дочери-матери».

Материал, методы и объекты исследования. Исследования проводили в СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики в 2024 году.

Объектами исследований служили коровы-первотелки, дочери трех быков-производителей голштинской краснопестрой породы – Имбирь 23433, Тоник 5155, Тайсон 1060.

Исследования проводили согласно схеме, приводимой в таблице 1.

Таблица 1. Схема проведения исследований
Table 1. Research scheme

Селекционный признак	Метод определения категорий племенной ценности быка-производителя	Кличка и индивидуальный номер быка-производителя	Количество дочерей быка-производителя, голов
Удой	Общепринятый метод «дочери-сверстницы»	Имбирь 23433	15
		Тоник 5155	16
		Тайсон 1060	16
	Модифицированный метод «дочери-матери»	Имбирь 23433	15
		Тоник 5155	16
		Тайсон 1060	16
Жирномолочность	Общепринятый метод «дочери-сверстницы»	Имбирь 23433	15
		Тоник 5155	16
		Тайсон 1060	16
	Модифицированный метод «дочери-матери»	Имбирь 23433	15
		Тоник 5155	16
		Тайсон 1060	16

Нами предложена методика определения категорий племенной ценности по удою и жирномолочности быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, которая представляет собой модифицированный метод «дочери-матери». Кроме этого, нами также предложена шкала определения комплексных категорий племенной ценности

быков-производителей по удою и жирномолочности, установленных с использованием общепринятого метода «дочери-сверстницы» и нового (модифицированного) метода «дочери-матери».

В модифицированном методе «дочери-матери» для сравнения дочерей быка-производителя с их матерями необходимо

учитывать не только абсолютные, но и относительные величины удоя и жирномолочности, используя формулы:

$$\frac{D}{\bar{X}_{сд}} \cdot 100\%; \quad \frac{M}{\bar{X}_{см}} \cdot 100\%,$$

где:

D – продуктивность дочери быка-производителя;

$\bar{X}_{сд}$ – средняя продуктивность сверстниц дочерей быка-производителя;

M – продуктивность матери дочери быка-производителя;

$\bar{X}_{см}$ – средняя продуктивность матерей сверстниц дочерей быка-производителя.

В проведенных нами исследованиях были получены следующие средние значения:

а) удой

$$\bar{X}_{сд} = 4746 \text{ кг}; \quad \bar{X}_{см} = 4442 \text{ кг}$$

б) жирномолочность

$$\bar{X}_{сд} = 3,84\%; \quad \bar{X}_{см} = 3,76\%.$$

Чтобы определить категорию племенной ценности быка-производителя предлагаемым нами новым методом, предварительно следует рассчитать разницу D–M по абсолютным и относительным показателям продуктивности (табл. 2).

Таблица 2. Показатели молочной продуктивности дочерей (D) быка-производителя Тоник 5155 и их матерей (M)
Table 2. Indicators of milk productivity of daughters (D) of the bull-producer Tonic 5155 and their mothers (M)

№ п/п	Удой						Жирномолочность					
	Абсолютная величина, кг			Относительная величина, %			Абсолютная величина, кг			Относительная величина, %		
	D	M	D–M	D	M	D–M	D	M	D–M	D	M	D–M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	4195	3021	+1174	88,4	68,0	+20,4	3,89	3,79	+0,10	101,3	100,8	+0,5
2	4337	3802	+535	91,4	85,6	+5,8	3,87	3,80	+0,07	100,8	101,1	-0,3
3	4629	4513	+116	97,5	101,6	-4,1	3,78	3,73	+0,05	98,4	99,2	-0,8
4	6077	4374	+1703	128,0	98,5	+29,5	3,82	3,81	+0,01	99,5	101,3	-1,8
5	4529	4744	-215	95,4	106,8	-11,4	3,88	3,68	+0,20	101,0	97,9	+3,1
6	4432	4777	-345	93,4	107,5	-14,1	3,86	3,72	+0,14	100,5	98,9	+1,6
7	4574	4779	-205	96,4	107,6	-11,2	3,83	3,77	+0,06	99,7	100,3	-0,6
8	4131	4096	+35	87,0	92,2	-5,2	3,84	3,76	+0,08	100,0	100,0	0
9	4340	4954	-614	91,4	111,5	-20,1	3,78	3,82	-0,04	98,4	101,6	-3,2
10	6145	4416	+1729	129,5	99,4	+30,1	3,80	3,69	+0,11	99,0	98,1	+0,9
11	5635	6197	-562	118,7	139,5	-20,8	3,84	3,73	+0,11	100,0	99,2	+0,8
12	4217	5622	-1405	88,9	126,6	-37,7	3,81	3,78	+0,03	99,2	100,5	-1,3
13	3871	3175	+696	81,6	71,5	+10,1	3,83	3,75	+0,08	99,7	99,7	0
14	4010	3434	+576	84,5	77,3	+7,2	3,84	3,86	-0,02	100,0	102,7	-2,7
15	4423	3888	+535	93,2	87,5	+5,7	3,85	3,75	+0,10	100,3	99,7	+0,6
16	5536	5092	+444	116,6	114,6	+2,0	3,82	3,79	+0,03	99,5	100,8	-1,3
\bar{X}	4693	4430	+263	-	-	-	3,83	3,76	+0,07	-	-	-

Используя данные таблицы 2, рассчитывают разницу продуктивности дочерей и матерей:

а) удой
$$\frac{(D - M) \cdot v \cdot 100\%}{M}$$

$$v = \frac{0,075 \cdot n}{0,075 \cdot n + 0,925},$$

где:

v – поправочный коэффициент, учитывающий количество пар «дочь-мать»;

n – количество пар «дочь-мать».

б) жирномолочность Д–М

В рассматриваемом примере n=16, следовательно,

$$v = \frac{0,075 \cdot 16}{0,075 \cdot 16 + 0,925} = 0,56,$$

а разница удою дочерей и матерей равна

$$\frac{(4693 - 4430) \cdot 0,56 \cdot 100\%}{4430} = +3,3\%.$$

Разница жирномолочности дочерей и матерей составила 3,83-3,76= +0,07%.

Следующее действие заключается в учете удельного веса (%) плюс-вариантов разницы продуктивности дочерей и матерей (графы 7, 8).

По удою количество плюс-вариантов (графа 7) составило 8 из 16 (удельный вес 50,0%), по жирномолочности (графа 8) – 6 из 16 (удельный вес 37,5%).

Для определения новым методом категорий племенной ценности быков-производителей по удою и жирномолочности нами разработаны специальные шкалы (табл. 3, 4).

Таблица 3. Шкала определения модифицированным методом «дочери-матери» категории племенной ценности быка-производителя по удою

Table 3. The scale of determination by the modified «daughter-mother» method of the category of breeding value of a producer bull by milk yield

Разница удою дочерей (Д) и матерей (М), % $\frac{(Д - М) \cdot v \cdot 100\%}{М}$	Удельный вес плюс-вариантов разницы по удою дочерей и матерей, %				
	0...19,9	20,0...39,9	40,0...59,9	60,0...79,9	80,0...100,0
-3,4 и менее	У ₋	У ₋	У ₀	У ₀	-
-3,3... +1,4	У ₋	У ₀	У ₀	У ₃	У ₃
+1,5...+2,4	У ₀	У ₀	У ₃	У ₃	У ₂
+2,5...+3,4	У ₀	У ₃	У ₃	У ₂	У ₂
+ 3,5 и более	У ₃	У ₃	У ₂	У ₂	У ₁

Примечание: У₁ – улучшатель удою первой категории; У₂ – улучшатель удою второй категории; У₃ – улучшатель удою третьей категории; У₀ – нейтральный по удою; У₋ – ухудшатель удою.

Таблица 4. Шкала определения модифицированным методом «дочери-матери» категории племенной ценности быка-производителя по жирномолочности

Table 4. The scale of determination by the modified «daughter-mother» method of the category of breeding value of a producer bull by fat content

Разница жирномолочности дочерей (Д) и матерей (М), % Д–М	Удельный вес плюс-вариантов разницы по жирномолочности дочерей и матерей, %				
	0...19,9	20,0...39,9	40,0...59,9	60,0...79,9	80,0...100,0
-0,09 и менее	Ж	Ж	Ж ₀	Ж ₀	-
-0,08... +0,04	Ж	Ж ₀	Ж ₀	Ж ₃	Ж ₃
+0,05...+0,08	Ж ₀	Ж ₀	Ж ₃	Ж ₃	Ж ₂
+0,09...+0,12	Ж ₀	Ж ₃	Ж ₃	Ж ₂	Ж ₂
+ 0,13 и более	Ж ₃	Ж ₃	Ж ₂	Ж ₂	Ж ₁

Примечание: Ж₁ – улучшатель жирномолочности первой категории; Ж₂ – улучшатель жирномолочности второй категории; Ж₃ – улучшатель жирномолочности третьей категории; Ж₀ – нейтральный по жирномолочности; У – ухудшатель жирномолочности.

Согласно шкале определения модифицированным методом «дочери-матери» категории племенной ценности быка-

производителя Тоник 5155 по удою, ему присваивается категория У₃ (улучшатель удою третьей категории). По жирномолочности

сти, согласно шкале, этому быку-производителю присваивается категория Ж₀ (нейтральный по жирномолочности).

Комплексные категории племенной ценности быков-производителей определяют на основе общепринятого метода «дочери-сверстницы» и модифицированного метода «дочери-матери», используя специальные шкалы (табл. 5, 6).

Таблица 5. Шкала определения комплексной категории племенной ценности быка-производителя по удою
Table 5. The scale for determining the complex category of breeding value of a producer bull by milk yield

Категория племенной ценности (метод «дочери-сверстницы»)	Категория племенной ценности (модифицированный метод «дочери-матери»)				
	У ₁	У ₂	У ₃	У ₀	У-
А ₁	М ₁	М ₂	М ₂	М ₃	М ₃
А ₂	М ₂	М ₂	М ₃	М ₃	М ₀
А ₃	М ₂	М ₃	М ₃	М ₀	М ₀
Н	М ₃	М ₃	М ₀	М ₀	М
У _х	М ₃	М ₀	М ₀	М	М

Примечание: М₁ – улучшатель удою первой категории; М₂ – улучшатель удою второй категории; М₃ – улучшатель удою третьей категории; М₀ – нейтральный по удою; М – ухудшатель удою.

Таблица 6. Шкала определения комплексной категории племенной ценности быка-производителя по жирномолочности
Table 6. The scale for determining the complex category of breeding value of a producer bull by fat content

Категория племенной ценности (метод «дочери-сверстницы»)	Категория племенной ценности (модифицированный метод «дочери-матери»)				
	Ж ₁	Ж ₂	Ж ₃	Ж ₀	Ж-
Б ₁	Ф ₁	Ф ₂	Ф ₂	Ф ₃	Ф ₃
Б ₂	Ф ₂	Ф ₂	Ф ₃	Ф ₃	Ф ₀
Б ₃	Ф ₂	Ф ₃	Ф ₃	Ф ₀	Ф ₀
Н	Ф ₃	Ф ₃	Ф ₀	Ф ₀	Ф
У _х	Ф ₃	Ф ₀	Ф ₀	Ф	Ф

Примечание: Ф₁ – улучшатель жирномолочности первой категории; Ф₂ – улучшатель жирномолочности второй категории; Ф₃ – улучшатель жирномолочности третьей категории; Ф₀ – нейтральный по жирномолочности; Ф – ухудшатель жирномолочности.

У быка-производителя Тоник 5155 категория племенной ценности по удою, установленная общепринятым методом «дочери-сверстницы», – Н (нейтральный), а категория племенной ценности, установленная модифицированным методом «дочери-матери», – У₃ (улучшатель третьей категории). Согласно шкале, приводимой в таблице 5, этому быку-производителю присваивается комплексная категория М₀ (нейтральный по удою).

По жирномолочности у быка-производителя Тоник 5155 категория племенной ценности, установленная методом «дочери-сверстницы», – Н (нейтральный), а категория племенной ценности, установленная модифицированным методом «дочери-матери», – Ж₀ (нейтральный). Таким образом, согласно шкале (таблица 6), данному производителю присваивается комплексная категория Ф₀ (нейтральный по жирномолочности).

Результаты исследования. Категории племенной ценности по удою и жирномолочности быков-производителей голштинской красно-пестрой породы, установленные тремя разными методами, отражены в таблице 7.

Из таблицы 7 видно, что по удою категории племенной ценности быков-производителей, установленные модифицированным методом «дочери-матери», были выше, чем при использовании общепринятого метода «дочери-сверстницы».

По жирномолочности категория племенной ценности быка-производителя Тайсон 1060, установленная на основе модифицированного метода «дочери-матери», оказалась выше, чем категория, установленная на основе метода «дочери-сверстницы». У остальных быков-производителей категории племенной ценности, установленные разными методами, совпадали.

У быка-производителя Тайсон 1060 комплексная категория племенной ценности по удою была выше категории, установленной методом «дочери-сверстницы», в то время как у других быков-производителей она не изменилась.

Комплексные категории племенной ценности по жирномолочности у всех быков-производителей совпадали с категориями, установленными методом «дочери-сверстницы».

Таблица 7. Результаты определения на основе разных методов категорий племенной ценности быков-производителей по удою и жирномолочности
Table 7. The results of determining, based on different methods, the category of breeding value of producer bulls by milk yield and fat content

Селекционный признак	Метод определения категорий племенной ценности быка-производителя	Кличка и индивидуальный номер быка-производителя		
		Имбирь 23433	Тоник 5155	Тайсон 1060
Удой	На основе метода «дочери сверстницы»	A ₃	H	H
	На основе модифицированного метода «дочери-матери»	У ₂	У ₃	У ₂
	На основе шкалы определения комплексной категории	M ₃	M ₀	M ₃
Жирномолочность	На основе метода «дочери сверстницы»	H	H	H
	На основе модифицированного метода «дочери-матери»	Ж ₀	Ж ₀	Ж ₃
	На основе шкалы определения комплексной категории	F ₀	F ₀	F ₀

Выводы. Анализ результатов проведенных исследований позволил сформулировать следующие выводы:

1. Категории племенной ценности быков-производителей по удою, установленные модифицированным методом «дочери-матери», оказались выше, чем при использовании метода «дочери-сверстницы».

2. Категория племенной ценности по жирномолочности быка-производителя Тайсон 1060, установленная на основе модифицированного метода «дочери-матери», была выше, чем категория, установленная на основе метода «дочери-сверстницы», тогда как

у остальных быков-производителей категории, установленные разными методами, совпадали.

3. У быка-производителя Тайсон 1060 комплексная категория племенной ценности по удою оказалась выше категории, установленной методом «дочери-сверстницы», в то время как у других быков-производителей она не изменялась.

4. Комплексные категории племенной ценности по жирномолочности у всех быков-производителей совпадали с категориями племенной ценности, установленными с применением метода «дочери-сверстницы».

Список литературы

1. Инструкция по проверке и оценке быков молочных и молочно-мясных пород по качеству потомства. Москва: Колос, 1980. 16 с.
2. Иванов В. А., Попов Н. А., Марзанов Н. С. Сравнительный анализ различных методов оценки быков-производителей // Проблемы биологии продуктивных животных. 2016. № 4. С. 69–80. EDN: XGSQRT
3. Кудрин А. Г. Метод предварительной оценки быков-производителей по качеству потомства // Молочнохозяйственный вестник. 2013. № 3 (11). С. 4–8. EDN: RPZQNJ
4. 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
5. Горелик О. В., Лиходеевская О. Е., Харлап С. Ю. Оценка голштинских быков-производителей по качеству потомства // Теория и практика мировой науки. 2022. № 6. С. 8–14. EDN: HLYVJE
6. Горелик А. С., Ребезов М. Б., Горелик О. В. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства // Аграрная наука. 2023. № 11. С. 34–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40. EDN: XNOXRM

7. Попов Н. А. Племенная ценность быков голштинской породы в хозяйствах Московской области // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 16–20. DOI: 10.33943/MMS.2023.98.65.004. EDN: DLJMJU

8. Шебзухов А. Р., Тлейншева М. Г., Тарчоков Т. Т., Айсанов З. М. Результативность использования голштинских быков-производителей с разной степенью генотипической консолидации удоя и жирномолочности // Зоотехния. 2024. № 4. С. 7–12. DOI: 10.25708/ZT.2024.88.11.002. EDN: IBYVIO

References

1. *Instruktsiya po proverke i otsenke bykov molochnykh i molochno-myasnykh porod po kachestvu potomstva* [Instructions for checking and evaluating bulls of dairy and dairy-meat breeds according to the quality of offspring]. Moscow: Kolos, 1980. 16 p. (In Russ.)

2. Ivanov V.A., Popov N.A., Marzanov N.S. Comparative analysis of the bulls evaluation by various methods. *Problems of productive animal biology*. 2016;(4):69–80. (In Russ.). EDN: XGSQRT

3. Kudrin A.G. Preliminary estimation method of bulls-producers on progeny quality. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2013;3(11):4–8. (In Russ.). EDN: RPZQHJ

4. Saksa E.I. Evaluation of the holstein breed sires by the quality of offspring. *Dairy and beef cattle farming*. 2020; 5:23–28. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.20.46.004. EDN: UILMIQ

5. Gorelik O.V., Likhodeevskaya O.E., Kharlap S.Yu. Evaluation of Holstein sires by the quality of offspring. *Theory and practice of the world science*. 2022;6:8–14. (In Russ.). EDN: HLYVJE

6. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Evaluation of bulls-producers of the Holstein breed by the quality of offspring. *Agrarian Science*. 2023;11:34–40. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40. EDN: XNOXRM

7. Popov N.A. Breeding value of Holstein bulls in farms of the Moscow region. *Dairy and beef cattle farming*. 2023;4:16–20. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2023.98.65.004. EDN: DLJMJU

8. Shebzukhov A.R., Tleinsheva M.G., Tarchokov T.T., Aisanov Z.M. The effectiveness of using Holstein breeding bulls with varying degrees of genotypic consolidation of milk yield and fat content. *Zootechniya*. 2024;4:7–12. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2024.88.11.002. EDN: IBYVIO

Сведения об авторах

Айсанов Заурбек Магометович – 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, Author ID: 255979, Scopus ID: 57212190248, Researcher ID: AAB-9728-2020

Тарчоков Тимур Тазретович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9472-0334, Author ID: 448712, 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, Author ID: 425125, 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 Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7672-6909, Author ID: 255979, Scopus ID: 57212190248, Researcher ID: AAB-9728-2020

Timur T. Tarchokov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9472-0334, Author ID: 448712, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Madina G. Tleynsheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8132-9790, Author ID: 425125, Scopus ID: 57212198660, Researcher ID: AAB-9714-2020

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 20.08.2024;
одобрена после рецензирования 06.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.*

*The article was submitted 20.08.2024;
approved after reviewing 06.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.*

Научная статья
УДК 636.32/38
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-64-69

Уровень взаимосвязей между признаками продуктивности у овец породы советский меринос и их помесей со ставропольской породой

Юрий Анатольевич Колосов^{✉1}, Василий Васильевич Абонеев²,
Инна Владимировна Засемчук³

^{1,3}Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, поселок Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область, Россия, 346493

²Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, ул. Первомайская, 4, поселок Знаменский, Краснодар, Россия, 350055

^{✉1}kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>

²aboneev49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>

³inna-zasemhuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2207-9402>

Аннотация. В статье приведены данные о взаимосвязи основных признаков продуктивности у овец породы советский меринос и их помесей со ставропольской породой. Сопряженность настрига шерсти с живой массой в подопытных группах находится на среднем уровне и варьировала в интервале 0,31-0,44. Выявлена несущественная или слабая взаимосвязь настрига шерсти с длиной шерсти 0,23-0,32. Соответственно, необходимо обращать внимание на длину шерсти, отдавая предпочтение животным с более длинной шерстью. Слабая корреляционная зависимость наблюдалась между настригом шерсти и тониной ($r=0,09-0,12$) и между настригом шерсти и оброслостью брюха 0,15-0,24. Наиболее высокая корреляционная связь наблюдается между настригом шерсти и густотой шерсти (0,39-0,45). Живая масса положительно коррелирует с длиной шерсти животных, коэффициенты корреляции составили в группе чистопородных ярок 0,20, а в группе помесных 0,11. С жиропотом также отмечена положительная связь (0,19-0,25). Установленные уровни и характер взаимосвязей между признаками необходимо принимать во внимание при дефференцированной селекции с акцентом на мясную или шерстную продуктивность.

Ключевые слова: советский меринос, ставропольская порода, коэффициент корреляции, настриг шерсти, живая масса

Для цитирования. 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 Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 64–69. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-64-69

Original article

The level of interrelationships between the signs of productivity in Soviet Merino sheep and their hybrids with the stavropol breed

Yuri A. Kolosov^{✉1}, Vasily V. Aboneev², Inna V. Zasemchuk³

^{1,3}Don State Agrarian University, 24 Krivoshlykov Street, Persianovsky Village, Rostov region, Russia, 346493

²Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, 4 Pervomayskaya Street, Znamensky village, Krasnodar, Russia, 350055

^{✉1}kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>

²aboneev49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>

³inna-zasemhuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2207-9402>

Abstract. The article presents data on the relationship between the main productivity traits in Soviet Merino sheep and their crosses with the Stavropol breed. The correlation between wool yield and live weight in the experimental groups is average and ranged from 0.31 to 0.44. An insignificant or weak relationship was found between wool yield and wool length of 0.23 to 0.32. Accordingly, it is necessary to pay attention to the wool length, giving preference to animals with longer wool. A weak correlation was observed between wool yield and fineness ($r=0.09-0.12$) and between wool yield and belly fur 0.15-0.24. The highest correlation is observed between wool yield and wool density (0.39-0.45). Live weight is positively correlated with the length of the animals' wool, the correlation coefficients were 0.20 in the purebred ewe group and 0.11 in the crossbred group. A positive correlation was also noted with fat sweat (0.19-0.25). The established levels and the nature of the interrelationships between the traits must be taken into account in differentiated breeding with an emphasis on meat or wool productivity.

Keywords: Soviet Merino, Stavropol breed, correlation coefficient, wool yield, live weight

For citation. 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

Введение. В овцеводстве селекционная работа выстраивается с учетом корреляционных взаимосвязей между основными показателями продуктивности. Такой подход позволяет принимать во внимание изменение биологически взаимосвязанных хозяйственно-полезных признаков при отборе животных по приоритетным на текущем этапе селекционной работы со стадом признаков и, в конечном итоге, повысить эффективность селекционно-племенной работы. С научной точки зрения интерес представляет поведение тех или иных качеств животного при управляемом отборе [1–3].

Корреляционные взаимосвязи между хозяйственно-ценными признаками являются важными селекционными показателями. Положительные связи повышают общую результативность отбора при проведении отбора по этим признакам, отрицательные – снижают ее [4–7].

Целью исследования являлось определение корреляционных взаимосвязей между основными признаками селекции у овец породы советский меринос и их помесей со ставропольской породой для корректировки племенной работы в стаде.

Задачами исследования было определение показателей продуктивности у подопытных животных и характера взаимосвязи между признаками продуктивности овец породы советский меринос и их помесей со ставропольской породой.

Материалы, методы и объекты исследования. Работа по определению взаимосвязи между признаками проводилась в племенном репродукторе крестьянском хозяйстве «Элита» Ремонтненского района Ростовской области на не племенной части животных в 2021-2023 годах. Объектом исследования являлись животные товарной части стада.

В процессе проведения исследования на основе бонитировки овец, учета результатов стрижки и определения выходов чистой шерсти нами проведена оценка селекционно-генетических параметров отбора, одним из которых была сопряженность основных признаков отбора.

Коэффициенты корреляции определяли по формуле:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}},$$

где:

$$C_x = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n};$$

$$C_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}.$$

Здесь X и Y – значения дат первого и второго признаков; C_x и C_y – дисперсии каждого признака; n – число наблюдений в выборке.

С учетом важности исследований по изучению коррелятивной взаимосвязи между

признаками, были рассчитаны соответствующие коэффициенты между настригом шерсти и основными хозяйственно полезными признаками у ярок породы советский меринос и их помесей со ставропольской породой. Осеменение овцематок породы советский меринос проводили в 2021 году, ягне-

ние было в 2022 году, а основная часть эксперимента выполнялась на поголовье ярок в возрасте 12 месяцев в 2023 году. Корреляционному анализу подверглось всё поголовье ярок опытных групп. Схема скрещивания приведена в таблице 1.

Таблица 1. Схема формирования подопытных групп
Table 1. Scheme of formation of experimental groups

Группа	Порода, породность				F ₁
	баранов	n	овцематок	n	
1	СМ	3	СМ	50	СМ
2	СТ	3	СМ	50	1/2СМ+1/2СТ

Для направления и уровня коррелятивных связей между показателями продуктивности у подопытных животных нами были определены коэффициенты корреляции (табл. 2).

Результаты исследования. Многочисленными исследованиями [8–11] установлено, что между настригом шерсти и живой массой у овец выявлена положительная связь, которая характеризует конкретную популяцию

и подвержена значительным колебаниям под влиянием различных факторов. В подопытных группах установлена коррелятивная зависимость, которая варьировала в пределах 0,31-0,44, что свидетельствует о среднем уровне взаимосвязи, которая была более высокой во второй группе подопытных животных.

Таблица 2. Корреляционная связь между основными хозяйственно-полезными признаками у ярок

Table 2. The level of correlation between the main economically useful traits in ewes of the experimental groups

Коррелируемые признаки	Группы	
	1	2
Настриг шерсти – живая масса	0,34±0,06	0,44±0,02
Настриг шерсти – длина шерсти	0,23±0,11	0,32±0,06
Настриг шерсти – тонина шерсти	0,12±0,04	0,09±0,09
Настриг шерсти – оброслость брюха	0,15±0,03	0,24±0,05
Настриг шерсти – густота шерсти	0,45±0,13	0,39±0,22
Настриг шерсти – жиропот	0,29±0,02	0,32±0,04
Живая масса – длина шерсти	0,20±0,06	0,11±0,02
Живая масса – тонина шерсти	0,31±0,08	0,43±0,03
Живая масса – оброслость брюха	0,15±0,05	0,13±0,03
Живая масса – жиропот	0,19±0,01	0,25±0,06
Живая масса – густота шерсти	0,04±0,10	0,17±0,08

В исследованиях выявлена коррелятивная зависимость между настригом и длиной шерсти в пределах 0,23-0,32. В связи с этим селекционная работа по увеличению настрига

шерсти должна быть направлена на косвенный отбор овец с более длинной шерстью.

Нами было выявлено, что настриг шерсти практически не зависит от тонины

($r=0,09-0,12$). Слабая корреляционная зависимость наблюдалась и между настригом шерсти и оброслостью брюха $0,15-0,24$.

Наиболее высокая корреляционная связь наблюдается между настригом шерсти и густотой шерсти ($0,39-0,45$). Следует отметить, что у овец с повышенной густотой шерсти вследствие накопления жира пота уменьшается выход чистого волокна, что необходимо учитывать в процессе селекционно-племенной работы со стадом.

С улучшением оброслости брюха увеличивается количество животных с желательной длиной и хорошей оброслостью спины.

Исследованиями, проведенными в различных странах на овцах самых разнообразных пород и направлений, установлено, что между величиной животных до оптимального размера и их шерстной продуктивностью существует достаточно высокая положительная зависимость. При прочих равных условиях более крупные овцы имеют более высокие настриги шерсти. Установлено, что между живой массой и длиной шерсти овец коэффициенты корреляции составили у чис-

топородных ярок $0,20$, а у помесных $0,11$. С жиропотом также отмечена положительная связь ($0,19-0,25$).

При индивидуальном отборе овец масса тела не оказывает существенного влияния на такие положительно сочетающиеся признаки животных, как густота шерсти, оброслость спины и брюха.

Установлено, что между диаметром шерстинок и живой массой корреляция положительная, которая варьировала в пределах $0,31-0,43$, что необходимо учитывать при проведении отбора.

Заключение. В группах подопытных животных установлены различные значения коррелятивной зависимости. В группе чистопородных овец селекционную работу необходимо проводить с учетом установленных значений коэффициента корреляций. У помесных овец фенотипические корреляции признаков не всегда будут соответствовать генетическим, а, следовательно, и передаваться потомству, в связи с недостаточной консолидированностью наследственности.

Список литературы

1. Колосов Ю. А., Николаев В. В., Вальк А. В. Состояние и проблемы племенного овцеводства // Вестник ветеринарии. 2001. № 1(18). С. 13–15. EDN: JUSSVD
2. Копылов И. А., Скорых Л. Н., Ефимова Н. И. Мясоность молодняка овец породы советский меринос и их помесей с австралийскими баранами // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 2. С. 26–27. EDN: YRRKZL
3. Некоторые особенности экстерьера молодняка различного происхождения / Ю. А. Колосов, И. В. Засемчук, Т. С. Романец, М. Е. Маенко // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2014. № 2(12). С. 19–25. EDN: SIZKKN
4. Колосов Ю. А., Засемчук И. В. Шерстная продуктивность молодняка различного происхождения // Инновационные пути развития АПК: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции в 4 томах. Персиановский, 2013. С. 159–161. EDN: SHINXZ
5. Усманов Ш. Г., Махмутов Р. Р. Рост и развитие молодняка овец разных генотипов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. № 2. С. 15–17. EDN: PABOVX
6. Продуктивные качества чистопородного и помесного молодняка овец / А. М. Яковенко [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2011. № 4. С. 31–34. EDN: OWPUYT
7. Характер наследования шерстной продуктивности у мериносовых овец улучшенных генотипов / Ю. А. Колосов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2(74). С. 194–201. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-23. EDN: RKIANH
8. Сопряженность плодовитости овцематок южной мясной породы с их возрастом и другими факторами / В. С. Шевцова [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 3. С. 15–17. DOI: 10.26897/2074-0840-2022-3-15-17. EDN: WKSZQB
9. Наследование плодовитости и живой массы у овец отечественных пород в зависимости от подбора производителя / В.С. Шевцова [др.]. // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022. Т. 11. № 1. С. 349-355. DOI: 10.48612/sbornik-2022-1-88. EDN: KLZFTZ

10. Проблемы и перспективы развития овцеводства на Юге России / В. И. Комлацкий [и др.] // Зоотехния. 2019. № 2. С. 6–12. DOI: 10.25708/ZT.2019.31.89.002. EDN: DY LJKR
11. Романец Т. С. Продуктивные и биологические характеристики овец сальской породы улучшенных генотипов: дис. ... канд. с.-х. наук. Персиановский, 2019. 144 с.

References

1. Kolosov Yu.A., Nikolaev V.V., Val'kov A.V. The state and problems of sheep breeding. *Vestnik veterinarii*. 2001. № 1(18). S. 13–15. (In Russ.). EDN: JUSSVD
2. Kopylov I.A., Skoryh L.N., Efimova N.I. Meat yield of young Soviet Merino sheep and their crosses with Australian rams. *Sheep, goats, wool business*. 2017;(2):26–27. (In Russ.). EDN: YRRKZL
3. Kolosov Yu.A., Zasemchuk I.V., Romanec T.S., Maenko M.E. Exterior features some young different origin. *The Bulletin Donskoy state agrarian university*. 2014;2(12):19–25. (In Russ.). EDN: SIZKKN
4. Kolosov Yu.A., Zasemchuk I.V. Wool productivity of young animals of different origin. *Innovatsionnyye puti razvitiya APK: problemy i perspektivy: sb. nauch. tr. po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 4 tomakh* [Innovative ways of development of the agro-industrial complex: problems and prospects: collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference in 4 volumes]. Persianovsky, 2013. Pp. 159–161. (In Russ.). EDN: SHINXZ
5. Usmanov Sh.G., Mahmutov R.R. Growth and development of young growth of sheep of different genotypes. *Vestnik Bashkir state agrarian university*. 2012;(2):15–17. EDN: PABOVX
6. Yakovenko A.M. [et al.]. Productive qualities of purebred and crossbred young sheep. *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2011;(4):31–34. (In Russ.). EDN: OWPUYT
7. Kolosov Yu.A. [et al.]. The nature of inheritance of wool productivity in merino sheep of improved genotypes. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2024;2(74):194–201. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-23. EDN: RKIANH
8. Shevcova V.S. [et al.]. Relationship between fertility of southern meat breed ewes and their age and other factors. *Sheep, goats, wool business*. 2022;(3):15–17. (In Russ.). DOI: 10.26897/2074-0840-2022-3-15-17. EDN: WKSZQB
9. Shevcova V.S. [et al.]. Fertility and live weight inheritance in domestic sheep breeds on the sire's selection. *Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhnii i veterinarii* [Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine]. 2022;11(1):349–355. (In Russ.). DOI: 10.48612/sbornik-2022-1-88. EDN: KLZFTZ
10. Komlackij V.I. [et al.]. Problems and perspective of sheepbreeding development in South of Russia. *Zootekhnika*. 2019;(2):6–12. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2019.31.89.002. EDN: DY LJKR
11. Romanets T.S. *Produktivnyye i biologicheskiye kharakteristiki ovets sal'skoy porody uluchshennykh genotipov: dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Productive and biological characteristics of Salsk sheep of improved genotypes: diss. ... Cand. of Agricultural Sciences]. Persianovsky, 2019. 144 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Колосов Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3898-8474

Абонеев Василий Васильевич – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела разведения и генетики сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», SPIN-код: 8768-949

Засемчук Инна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 6725-9879

Information about the authors

Yuri A. Kolosov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science and Animal Hygiene named after P.E. Ladan, Don State Agrarian University, SPIN-code: 3898-8474

Vasily V. Aboneev – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Breeding and Genetics of Farm Animals, Krasnodar Scientific Center of Animal Science, SPIN-code: 8768-9490

Inna V. Zasemchuk – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science and Animal Hygiene named after P.E. Ladan, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University", SPIN-code: 6725-9879

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 31.07.2024;
одобрена после рецензирования 23.08.2024;
принята к публикации 02.09.2024.*

*The article was submitted 31.07.2024;
approved after reviewing 23.08.2024;
accepted for publication 02.09.2024.*

Научная статья
УДК 636.22/28.31
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-70-82

Мясная продуктивность потомков быков-улучшателей калмыцкой породы

Василий Николаевич Приступа^{✉1}, Диана Сергеевна Торосян²,
Руслан Загидович Азаев³, Наталья Николаевна Колосова⁴

^{1,3,4}Донской государственный аграрный университет, улица Кривошлыкова, 24, поселок Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493

²Общество с ограниченной ответственностью «Агропарк-Развильное», ул. Колхозная, 2а, село Развильное, Песчанокопский район, Ростовская область, Россия, 347560

^{✉1}prs40@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9998-5062>

²di.torosian@yandex.ru

³ruslan.azaev1998@gmail.com

⁴nnklsv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

Аннотация. В статье проведен анализ результатов оценки балльным и индексным методами по качеству потомства пяти быков-производителей калмыцкой породы и их сыновей по собственной продуктивности и формированию у них морфологического состава туши. Для этого в ООО Племязавод «Солнечное» Орловского района Ростовской области отобрано по 10 сыновей быков Прометей 1127, Грильяж 916, Гомат ДРЖ-59223, Яго ДРЖ-39023 и Раскат 8692. Сыновья оцениваемых быков-производителей до 8-месячного возраста выращивались на полном подсосе с матерями, а с 8 до 15-месячного возраста содержались в одной группе в равных условиях и за 7-месячный период в среднем на одного бычка потреблено кормов с содержанием 1569 кормовых единиц, 168 кг переваримого протеина, 2032 кг сухого вещества с обменной энергией 15663 МДж. При таком уровне кормления все подконтрольные быки-производители и почти все их сыновья по балльной оценке соответствовали требованиям бонитировочного класса элитарекорд. Однако по результатам индексной оценки только быки Прометей 1127 и Грильяж 916 удовлетворяли требованиям племенной категории улучшатель, а остальные три быка – племенной категории нейтральные. Потомки лидерных быков с предубойной живой массой 412,1 и 419,9 кг превосходили сверстников других групп по массе туши на 8,5-14,1 кг, по массе мышечной ткани на 9,4-15,4 кг, но на 3-5% меньше выход жира, костей, хрящей и сухожилий и самый высокий коэффициент мясности.

Ключевые слова: бычки, калмыцкая порода, оценка по потомству, предубойная масса, выход мышечной ткани

Для цитирования. Приступа В. Н., Торосян Д. С., Азаев Р. З., Колосова Н. Н. Мясная продуктивность потомков быков-улучшателей калмыцкой породы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 70–82. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-70-82

Original article

Meat productivity of descendants bulls-improvers of the Kalmyk breed

Vasiliy N. Pristupa^{✉1}, Diana S. Torosyan², Ruslan Z. Azaev³, Natalia N. Kolosova⁴

^{1,3,4}Don State Agrarian University, 24 Krivoshlykov Street, Persianovskiy Village, Rostov region, Russia, 346493

²Limited Liability Company "Agropark-Razvilnoe", 2a Kolkhoznaya Street, Village, Razvilnoye, Peschanokopsky district, Rostov region, Russia, 347560

✉¹ prs40@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9998-5062>

² di.torosian@yandex.ru

³ ruslan.azaev1998@gmail.com

⁴ nnklsv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

Abstract. The article analyzes the results of assessing by scoring and index methods the quality of the offspring of five Kalmyk breed bulls and their sons in terms of their own productivity and the formation of their carcass morphological composition. For this purpose, 10 sons of bulls Prometheus 1127, Grilyazh 916, Gomat DRZh-59223, Yago DRZh-39023 and Raskat 8692 were selected from the Solnechnoe Breeding Plant LLC, Oryol district, Rostov region. The sons of the evaluated stud bulls up to 8 months of age were raised on full suction with mothers, and from 8 to 15 months of age were kept in the same group under equal conditions and over a 7-month period, on average, feed was consumed per bull, containing 1569 feed units, 168 kg of digestible protein, 2032 kg of dry matter with exchange energy 15663 MJ. With this level of feeding, all the controlled sires and almost all of their sons, according to the score, met the requirements of the elite-record grading class. However, according to the results of the index assessment, only the bulls Prometheus 1127 and Grilyazh 916 met the requirements of the improver category, and the remaining three bulls met the requirements of the neutral category. The descendants of the leading bulls with a pre-slaughter live weight of 412.1 and 419.9 kg exceeded peers of other groups in carcass weight by 8.5-14.1 kg, in muscle tissue weight by 9.4-15.4 kg, but by 3-5% less yield of fat, bones, cartilage and tendons and the highest meat ratio.

Keywords: bulls, Kalmyk breed, assessment by offspring, pre-slaughter weight, muscle tissue yield

For citation. Pristupa V.N., Torosyan D.S., Azaev R.Z., Kolosova N.N. Meat productivity of descendants bulls-improvers of the Kalmyk breed. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):70–82. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-70-82

Введение. Мясное скотоводство издавна в России является традиционной отраслью животноводства, его развитие в настоящее время весьма перспективно, так как диктуется необходимостью удовлетворения потребностей населения в высококачественной говядине. До 1990 г. ее производилось 26-29 кг на душу населения (при научно-обоснованной в те годы норме 32 кг) [1, 2]. Для создания крупной отрасли специализированного мясного скотоводства как поставщика высококачественной говядины в перспективе до 2025 года в объемах не менее 1700-2000 тыс. тонн (в такой же пропорции к говядине из молочных стад, как в Европе) Россия располагает всеми необходимыми предпосылками. По данным В. Н. Приступа и Д. С. Торосян [1], в условиях засушливых, полупустынных и лесостепных регионов сосредоточено около 80 млн. га естественных кормовых угодий, к которым лучше всего приспособлены животные калмыцкой породы.

Основным методом совершенствования скота калмыцкой породы является чистопородное разведение, которое позволяет вести работу с большим количеством относитель-

но однородных животных. Известно, что при этом лучше сохраняются фенотипические (внешние) признаки и генотипические (наследственные) свойства животных, которые обуславливают большую наследственную стойкость. Однако и чистопородные животные отличаются друг от друга неодинаковой степенью развития того или иного признака. Поэтому одним из важнейших моментов при совершенствовании стада является отбор животных по собственной продуктивности, качеству потомства с учетом линейной принадлежности и уровня выращивания [3, 4].

При улучшении уровня кормления и условий содержания получают в возрасте 20-28 месяцев живую массу чистопородных бычков 524, а тёлков – 435 кг. В опытах В. Н. Приступа и др. [5], бычки калмыцкой породы при интенсивном выращивании до 15,5-месячного возраста имели живую массу 504 кг с колебаниями 465-577 кг, а телки 402 (360-450 кг). Среднесуточный прирост у бычков был 1020-1400 г, у тёлков – 804 г. Это свидетельствует о генетических резервах калмыцкого скота.

Совершенствование калмыцкого скота на перспективу должно проходить в направлении создания животных укрупненного долгорослого, но интенсивно растущего типа. Для этого можно использовать межлинейные кроссы тяжеловесных линий. Это позволит без изменения генотипа породы существенно повысить энергию роста и живую массу основного стада за счет проявления внутривидового межлинейного гетерозиса. В результате получим животных тяжеловесного высокоинтенсивного типа, которые, по мнению Р. С. Исхакова и Х. Х. Тагирова [6], будут иметь высокую энергию роста и эти качества успешно закреплять в поколениях.

При этом ускоренное развитие мясного скотоводства планируется осуществлять за счет рационального использования лучших зарубежных и отечественных племенных ресурсов. На их основе практически заново будет сформирована племенная база с внедрением информационных технологий. С их помощью повысится точность зоотехнического учета, будет создана электронная база данных, определены генеалогические связи и генетико-селекционные данные по проявлению продуктивных признаков и передачи их потомкам. Можно будет проводить и уже проводится системный анализ результатов сочетаемости признаков в процессе подбора, оцениваются быки-производители по качеству потомства и молодой по собственной продуктивности, что значительно повысит результативность селекционного процесса¹ [7, 8].

Целесообразность увеличения производства говядины в условиях рыночной экономики должна быть обусловлена внедрением интенсивных технологий, обеспечивающих достаточно высокую эффективность производства. Поэтому, несмотря на имеющееся серьезное конкурентное преимущество, эффективность отрасли, по данным В. В. Гудыменко и Р. Ф. Капустина [9], будет зависеть от качества принимаемых управленческих решений при организации всего производственного процесса и использования в воспроизводстве быков-улучшателей.

Поэтому **целью данной работы** являлась разработка предложений по повышению

племенной ценности быков-производителей в ООО Племязавод «Солнечное» Орловского района Ростовской области на основе их оценки по собственной продуктивности и качеству потомства.

Задачи исследования включали оценку сыновей отобранных быков-производителей по собственной продуктивности балльным и индексным методами и оценку их отцов по качеству потомства.

Материалы, методы и объекты исследования. Повышение племенной ценности быков-производителей в течение 2022 и 2023 годов проводилась согласно действующей методики [<http://www.worklib.ru/mcx.ru>] двухэтапным методом. Сначала сыновей отобранных быков-производителей оценили по собственной продуктивности балльным и индексным методами, а затем провели оценку их отцов по качеству потомства. Для этого отобрано по 10 сыновей быков Прометей 1127 заводской линии Дуплета 825, Грильяж 916 – Пирата 6626, Гомат ДРЖ-59223 – Грома 247, Яго ДРЖ-39023 – Ягуара 253 и быка Раскат 8692 из генеалогической линии Манежа 7113. Сыновья всех оцениваемых быков-производителей до 8-месячного возраста выращивались на полном подсосе с матерями, а с 8 до 15-месячного возраста содержались в одной группе в равных условиях и получали одинаковый уровень кормления.

Индивидуальный учёт живой массы опытных бычков проводился в 8, 12 и 15-месячном возрасте и по их данным определены абсолютный, среднесуточный приросты. По разнице заданных и не съеденных остатков ежемесячно в течение двух смежных дней, определялась поедаемость кормов, ежемесячное потребление и их затраты на 1 кг прироста за 15 месяцев. Мясные формы 15-месячных бычков определяли по 60-балльной шкале, полученных по результатам оценки экстерьера (общий вид и выполненность мускулатуры, грудь, холка, спина, поясница, крестец, окорок), выраженность телосложения определялась по высоте в крестце. Сравнивая оценку этих признаков с тестами и суммируя результаты, получали общий балл, а по процентному отношению показателей отмеченных признаков с величинами таких же признаков у сверстников находили комплексный индекс. По общему баллу каждому бычку

¹ Статистическая справка об итогах работы животноводческой отрасли за 2019–2022 годы. Ростов-на-Дону, 2023.

присваивался класс, а по комплексному индексу – генетическая ценность. Бычков с комплексным индексом менее 100% не рекомендуется использовать в воспроизводстве. За оценку по собственной продуктивности бычкам дополнительно к комплексному индексу присваивается буквенная символика «А».

По средним результатам учитываемых признаков 10-15 сыновей проводилась оценка по качеству потомства их отца, которому за сумму баллов выставляется класс, а за комплексный индекс присваивается племенная категория улучшатель с индексом более 101%, с индексом 99-101% – нейтральный и менее 99% – ухудшатель. Дополнительно к каждой племенной категории выставляется буквенная символика «Б».

Для оценки мясной продуктивности и качества мяса проводили контрольный убой 3-х бычков из каждой группы в возрасте 15 мес. по методике ВАСХНИЛ, ВИЖ, ВНИИМП (1977). При этом учитывали живую массу перед убоем, массу парной туши, внутреннего сала и убойный выход. После 24-часового охлаждения при температуре 0-(+4)°С и обвалке левой полутуши определяли абсолютное и относительное содержание мышечной, жировой, костной тканей и сухожилий.

Результаты исследования. Для повышения племенной ценности основного стада и отбора ремонтного молодняка наиболее перспективных заводских линий в племенном заводе ООО «Солнечное» следует больше использовать в воспроизводстве быков-улучшателей. Так как при оценке по качеству потомства такую племенную категорию получают около 40% быков. В наших исследованиях при равных условиях за 7-месячный период выращивания в среднем на одного бычка затрачено кормов, в которых содержалось 1568,8 кормовых единиц, 167,7 кг переваримого протеина, 2032 кг сухого вещества с обменной энергией 15663 МДж. При таком уровне кормления сыновья оцениваемых по качеству потомства 5 быков-производителей имели разные показатели собственной продуктивности, а их отцы отвечали требованиям разной племенной категории. При этом все подконтрольные быки-производители и практически почти все их сыновья по балльной

оценке соответствовали требованиям бонитировочного класса элита-рекорд (табл. 1-5). Однако племенная категория улучшатель присваивается быкам-производителям по результатам индексной оценки их сыновей и определения по пяти признакам комплексного индекса, который характеризует генетические особенности каждого потомка. Бычков, комплексный индекс которых ниже 100%, не рекомендуется использовать в воспроизводстве. Для ремонта собственного стада желательно оставлять бычков с комплексным индексом «А» выше 110%.

При анализе собственной продуктивности сыновей оцениваемых пяти быков-производителей по качеству потомства наиболее высокие показатели получены у потомков быков Прометей 1127 заводской линии Дуплета 825 и Грильяж 916 заводской линии Пирата 6626. Средняя живая масса 10 учтенных 15-месячных сыновей быка Прометей 1127 составила 423 кг, с колебаниями 394-442 кг, а средняя живая масса 50 сверстников была 410 кг (табл. 1). Потомки быка Прометей 1127 обошли сверстников по всем средним показателям изучаемых признаков, а их индексы колебались на уровне 94-111%. Поэтому у пятерых из них комплексный индекс «А» составил более 102, у троих – «А» 103%, у одного – «А» 101,5 и у одного – «А» 97%. В среднем комплексный индекс составил «Б» 102,1%, и их отец бык Прометей 1127 по качеству потомства отвечает требованиям категории улучшатель с комплексным индексом «Б» 102,1.

Средняя живая масса 10 учтенных 15-месячных сыновей быка Грильяж 916 составила 431 кг, с колебаниями 419-449 кг (табл. 2). Его потомки превзошли над 50 сверстниками с несколько более высокими показателями, чем сыновья быка Прометей 1127.

У одного из потомков быка Грильяж 916 комплексный индекс «А» составил 105,5; у одного – «А» 104,2; у четверых – «А» 103,3 и у двоих – «А» более 102%. Только 2 потомка этого быка относятся к категории нейтральных с комплексным индексом 100-101%. Поэтому его средняя величина составила «А» 102,9. Их отцу быку Грильяж 916 по результатам оценки по качеству потомства присвоена племенная категория улучшатель с комплексным индексом «Б» 102,9.

Таблица 1. Оценка по качеству потомства быка Прометей 1127
Table 1. Evaluation of the quality of the offspring of the bull Prometheus 1127

Показатель		Индивидуальный номер сыновей											
		23	24	33	37	35	60	67	75	97	103	M*	M ₁ *
Живая масса, кг	8 мес.	190	184	200	171	201	226	201	204	192	218	199	197
	15 мес.	422	416	421	409	429	442	436	433	394	429	423	410
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	индекс	102,9	101,5	102,7	99,9	104,6	107,8	106,3	105,6	96,1	104,6	103,2	101,0
Ср. суточн. прирост за период с 8-15 мес.	грамм	1105	1104	1052	1133	1085	1028	1110	1090	961	1004	1068	1017
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	10
	индекс	108,6	108,5	103,4	111,4	106,6	101,1	110,0	107,2	94,5	98,7	105,0	101,0
Затраты корма на 1 кг прироста за период с 8-15 мес.	корм. ед.	7,5	7,4	7,5	7,5	7,1	7,3	7,5	7,4	7,2	7,4	7,38	7,34
	балл	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	индекс	100,0	101,3	100,0	100,0	105,6	102,7	100,0	101,3	104,1	101,3	101,6	101,0
Оценка мясных форм в 15 мес.	балл	56	55	55	56	57	57	56	55	53	56	55,5	54,4
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	8	10	9,6	9,1
	индекс	102,9	101,1	102,9	102,9	104,8	104,8	102,9	101,1	97,4	102,9	102,0	101,0
Высота в крестце в 15 мес.	см	120	118	119	116	117	118	116	115	114	119	117,2	117,2
	балл	10	10	10	10	10	10	10	8	8	10	9,6	9,6
	индекс	102,4	100,7	101,5	98,9	99,8	100,7	98,9	98,1	97,2	101,5	99,97	101,0
Итого баллов		48	48	48	48	48	48	48	46	42	48	47,2	46,7
Класс		Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.
Комплексный индекс, А		103,3	102,3	102,0	102,6	103,2	102,9	103,6	102,5	97,0	101,5	102,1	101,0
Комплексный индекс быка Прометей 1127, Б 102,1; всего баллов 47,2; класс Э. р.													

Примечание: в данной таблице и в других М* – средняя величина сыновей оцениваемого быка; М₁* – средняя величина сверстников – сыновей оцениваемых быков.

Таблица 2. Оценка по качеству потомства быка Грильяж 916
Table 2. Evaluation of the quality of the offspring of the bull Grilyazh 916

Показатель		Индивидуальный номер сыновей											
		07	213	15	18	46	48	51	14	59	52	M*	M ₁ *
Живая масса, кг	8 мес.	185	219	214	191	210	192	213	181	230	217	214	197
	15 мес.	420	441	434	426	430	423	433	427	437	440	431	410
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	индекс	102,4	107,6	105,8	103,9	104,9	103,2	105,6	104,2	103,6	109,5	105,8	101,0
Средний суточный прирост за период с 8-15 мес.	грамм	1119	1057	1048	1119	1047	1100	1052	1171	986	1105	1079	1017
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	8	10	9,8	10
	индекс	110,0	103,9	103,0	110,0	102,9	108,2	103,4	115,1	96,9	108,6	106,1	101,0
Затраты корма на 1 кг прироста за период с 8-15 мес.	корм. ед.	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,2	7,5	7,5	7,5	7,3	7,4	7,34
	балл	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	индекс	100,0	100,0	101,3	100,0	100,0	104,1	100,0	100,0	100,0	102,7	100,0	101,0
Оценка мясных форм в 15 мес.	балл	57	56	57	55	56	54	55	53	57	56	54,8	54,4
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	8	10	9,6	9,1
	индекс	104,8	102,9	104,8	101,1	102,9	102,9	99,2	101,1	97,4	104,8	101,2	101,0
Высота в крестце в 15 мес.	см	117	119	120	117	118	116	119	118	119	120	117,4	117,2
	балл	10	10	10	10	10	10	8	10	10	10	9,8	9,6
	индекс	99,6	101,4	102,2	99,6	100,5	98,8	101,4	100,5	101,4	102,2	99,5	101,0
Итого баллов		48	48	48	48	48	48	46	48	44	48	48,3	46,7
Класс		Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.
Комплексн. индекс, А		103,3	103,1	103,4	102,9	102,4	103,4	101,9	104,2	100,4	105,5	102,9	101,0
Комплексный индекс быка Грильяж 916, Б 102,9; всего баллов 48,3; класс Э. р.													

Средняя живая масса 10 учтенных 15-месячных сыновей быка Гомат ДРЖ-59223 заводской линии Грома 247 составила 406 кг, с колебаниями 380-437 кг, а средняя живая

масса таких же потомков быка Яго ДРЖ-39023 заводской линии Ягуара 253 была 413 кг, с колебаниями 380-436 кг (табл. 3, 4).

Таблица 3. Оценка по качеству потомства быка Гомат ДРЖ-59223
Table 3. Evaluation of the quality of the offspring of the bull Gomat DRZh-59223

Показатель		Индивидуальный номер сыновей											
		098	099	107	062	056	034	030	090	037	042	М*	М ₁ *
Живая масса, кг	8 мес.	196	205	219	214	191	226	212	233	191	255	214	197
	15 мес.	386	420	394	394	396	410	422	423	380	437	406	410
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	индекс	92,8	100,9	94,7	94,7	95,2	98,5	101,4	101,7	91,3	105,0	97,6	101,0
Ср. суточн. прирост за период с 8-15 мес.	грамм	904	1023	833	857	976	876	1000	904	852	866	909	1017
	балл	12	15	9	12	12	12	12	12	12	12	12	10
	индекс	102,7	116,2	94,6	97,4	110,9	95,5	113,6	102,7	96,8	98,4	103,3	101,0
Затраты корма на 1 кг прироста за период с 8-15 мес.	корм. ед.	7,3	7,5	7,4	7,1	7,2	7,5	7,5	7,3	7,1	7,5	7,34	7,34
	балл	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	индекс	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	101,0
Оценка мясных форм в 15 мес.	балл	56	55	56	54	57	54	57	51	55	53	54,8	54,4
	балл	10	10	10	10	10	10	10	8	10	8	9,6	9,1
	индекс	104	103	104	100	105	100	105	94	103	96	101,2	101,0
Высота в крестце в 15 мес.	см	120	119	116	116	117	118	118	115	116	119	117,4	117,2
	балл	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	9,8	9,6
	индекс	101,6	100,8	98,3	98,3	99,8	100,0	100,0	97,4	98,3	100,8	99,5	101,0
Итого баллов		50	53	47	50	50	50	50	47	50	50	49,7	46,7
Класс		Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.
Комплексн. индекс, А		100,2	104,2	98,3	98,1	102,2	99,6	104,0	99,2	97,9	100,4	100,4	101,0
Комплексный индекс быка Гомат ДРЖ-59223, Б 100,4; всего баллов 49,7; класс Э. р.													

Поэтому их превосходство над показателями анализируемых признаков 50 сверстников была менее убедительной и по результатам индексной оценки только 30% сыновей быка Гомат ДРЖ-59223 относятся к категории улучшатель, с колебанием комплексного индекса – «А» 102,2-104,2%. Кроме того, 20% его сыновей имеют комплексный индекс «А» 100,2 и 100,4% и соответствуют племенной категории нейтральные. У сверстников быка Яго ДРЖ-39023 60% потомков относятся к категории улучшатель, с колебанием комплексного индекса – «А» 101,7-104,5%. При этом среди его потомков нет особей, соответствующих требованиям категории нейтральные. Однако среди сыновей обеих быков 50 и 40% соответственно имели комплексный индекс «А» 96,4-99,6%, что соответствует категории ухудшатель. У них же комплексный индекс в среднем составил «А» 100,4 и 100,8.

Поэтому их отцам по результатам оценки по качеству потомства присвоена племенная категория нейтральные с комплексным индексом «Б» чуть более 100%. Потомков этих быков-производителей не рекомендуется использовать для реализации в качестве племенного молодняка в другие хозяйства. Они переводятся в группу товарного молодняка и после интенсивного доращивания будут реализованы для производства говядины.

Среди 10 сыновей быка Раскат 8692 из генеалогической линии Манежа 7113 при средней живой массе в 15-месячном возрасте 415 кг и среднесуточным приростом 1023 грамм выявлено четверо потомков с живой массой 420-427 кг и среднесуточным приростом 1023-1095 грамм имели комплексный индекс «А» 101,2-102,2%, что соответствует самым минимальным величинам требований категории улучшатель (табл. 5).

Таблица 4. Оценка по качеству потомства быка Яго ДРЖ-39023
Table 4. Evaluation of the quality of the offspring of the bull Yago DRZh-39023

Показатель		Индивидуальный номер сыновей											
		45	58	87	94	40	25	41	80	57	47	M*	M ₁ *
Живая масса, кг	8 мес.	188	191	201	182	185	189	191	196	181	182	189	197
	15 мес.	428	431	436	395	415	419	430	404	390	380	412	410
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	индекс	104,4	105,1	106,3	96,3	101,2	102,2	104,9	98,5	95,1	92,7	100,7	101,0
Ср. суточн. прирост за период с 8-15 мес.	грамм	1143	1143	1119	1014	1095	1090	1138	990	995	943	1067	1017
	балл	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	9,1	10
	индекс	112,4	112,4	110,3	99,7	107,6	107,2	111,9	97,3	97,8	92,7	104,9	101,0
Затраты корма на 1 кг прироста за период с 8-15 мес.	корм. ед.	7,4	7,4	7,3	7,4	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,4	7,43	7,34
	балл	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	индекс	101,3	101,3	102,7	101,3	100,0	100,0	100,3	98,7	100,0	98,7	100,5	101,0
Оценка мясных форм в 15 мес.	балл	56	55	56	54	57	54	57	51	55	53	54,8	54,4
	балл	10	10	10	10	10	10	10	8	10	8	9,6	9,1
	индекс	102,9	101,1	102,9	99,2	104,8	99,2	104,8	92,7	101,1	97,4	100,7	101,0
Высота в крестце в 15 мес.	см	118	119	120	1116	118	118	119	115	113	112	117,4	117,2
	балл	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	9,8	9,6
	индекс	10,6	100,8	98,3	98,3	99,8	100,0	100,0	97,4	98,3	100,8	99,5	101,0
Итого баллов		48	48	48	48	48	48	46	42	46	44	46,5	46,7
Класс		Э. р.	Э. р.	Э. Р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Эл.	Э. р.	Э. р.
Комплексн. индекс, А		104,5	104,1	104,1	98,9	102,6	101,7	104,4	97,1	98,4	96,4	100,8	101,0

Таблица 5. Оценка по качеству потомства быка Раскат 8692
Table 5. Evaluation of the quality of the offspring of the bull Raskat 8692

Показатель		Индивидуальный номер сыновей											
		164	199	207	239	240	242	133	354	136	173	M*	M ₁ *
Живая масса, кг	8 мес.	212	213	207	209	205	190	191	192	180	205	200	197
	15 мес.	427	424	422	420	417	408	416	422	392	407	415	410
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	индекс	104,1	103,4	102,9	102,4	101,7	99,5	101,5	102,9	85,6	99,3	101,2	101,0
Ср. суточн. прирост за период с 8-15 мес.	грамм	1023	1004	1023	1001	1009	1038	1071	1095	1009	961	1023	1017
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10
	индекс	100,6	98,7	100,6	98,4	99,2	102,0	105,3	107,7	99,2	94,5	100,6	101,0
Затраты корма на 1 кг прироста за период с 8-15 мес.	корм. ед.	7,1	7,4	7,5	7,2	7,5	7,3	7,5	7,4	7,3	7,5	7,42	7,34
	балл	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	индекс	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	101,0
Оценка мясных форм в 15 мес.	балл	56	56	56	54	56	54	56	54	54	56	55	54,4
	балл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9,1
	индекс	102,9	102,9	102,9	99,2	102,9	99,2	102,9	99,2	99,2	102,9	100,8	101,0
Высота в крестце в 15 мес.	см	120	119	117	117	116	115	116	119	115	117	117,1	117,2
	балл	10	10	10	10	10	8	10	10	8	10	9,6	9,6
	индекс	102,6	101,8	99,8	99,8	99,1	98,1	99,1	101,8	98,1	99,8	100,0	101,0
Итого баллов		48	48	48	48	48	46	48	48	46	46	47,6	46,7
Класс		Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.	Э. р.
Комплексн. индекс, А		101,8	101,3	101,2	99,6	100,5	99,7	100,2	102,2	96,4	99,3	100,5	101,0
Комплексный индекс быка Раскат 8692, Б		100,5; всего баллов 47,6; класс Э. р.											

Пять потомков имели комплексный индекс «А» чуть более 99-100%, эти величины соответствуют требованиям категории нейтральные. Один его потомок с живой массой 392 кг и среднесуточным приростом 1009 грамм имеет комплексный индекс «А» 96,4% отвечает только требованиям ухудшатель. Поэтому по результатам оценки по качеству потомства быку Раскат 8692 присвоена племенная категория нейтральной с комплексным индексом «Б» 100,5. Этот бык-производитель и его потомки в воспроизводстве могут использоваться только для получения товарного молодняка, обладающего энергией роста при стойлово-пастбищной технологии более 1000 г в сутки.

Всех потомков, оцениваемых быков по качеству потомства, имеющих комплексный

индекс более 103%, рекомендовано отбирать в группу ремонтного молодняка для последующей оценки их после использования в воспроизводстве.

Из пяти быков-производителей калмыцкой породы, оцененных по качеству потомства, только у потомков быка Грильяж 916 заводской линии Пирата 6626 отмечен за период с 8 до 15-месячного возраста самый высокий среднесуточный прирост (1079 г), а по средней живой массе (431 кг) они превосходили требования бонитировочного класса элита-рекорд на 46 кг, или на 11,9% (рис. 1). Поэтому только этот и бык Прометей 1127 заводской линии Дуплета 825 удовлетворяли требованиям племенной категории улучшатель.

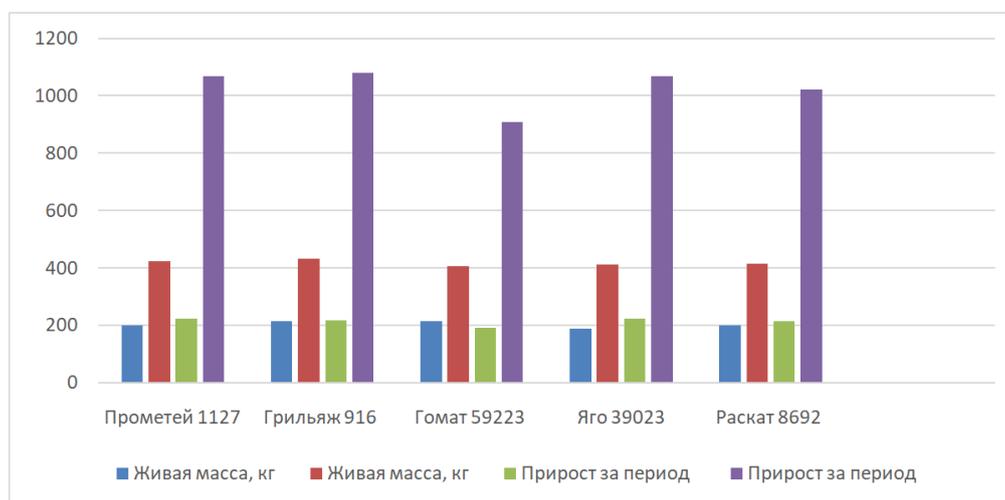


Рисунок 1. Показатели изменения живой массы
Figure 1. Indicators of changes in body weight

Эти быки и их потомки рекомендованы для использования в воспроизводстве племенного стада. Остальные три быка-производителя по результатам оценки по качеству потомства отвечали минимальным требованиям племенной категории нейтральные и рекомендованы для получения в процессе воспроизводства с коровами товарного стада молодняка, предназначенного для производства экологичной высококачественной говядины.

В процессе контрольного убоя потомков оцениваемых быков-производителей наиболее высокая съёмная и предубойная живая масса отмечена у продолжателей быка Грильяж 916 недавно созданной и самой распро-

страненной заводской линии Пирата 6626. Они с достоверной разницей ($P > 95$) превосходили сверстников – сыновей других быков на 6-15 кг по убойной и массе парной туши, и у них убойный выход превысил 58% (табл. 6).

При этом у последних самые высокие показатели морфологического состава, выхода съедобной части туши и мясокостного коэффициента (табл. 7.). Самые низкие убойные показатели отмечены у сыновей быков Гомат 59223 и Яго 39023 заводских линий Ягуара 253 и Грома 247. Второе место по морфологическому составу туши и другим показателям убоя занимают потомки быков Прометей 1127 заводской линии Дуплета 825 и Раскат 8692 генеалогической линии Манежа 7113.

Таблица 6. Результаты убоя бычков в возрасте 15 мес. (n=3)
Table 6. Results of slaughter of bulls at the age of 15 months (n=3)

Показатель	Оцениваемые быки-производители				
	Прометей 1127	Грильяж 916	Гомат 59223	Яго 39023	Раскат 8692
Съемная живая масса, кг	422,7±3,4	430,7±3,8	407,0±3,1	412,8±3,3	415,2±3,5
Предубойная живая масса, кг	412,1±3,1	419,9±3,9	396,8±3,7	402,5±3,9	404,8±4,0
Масса парной туши, кг	229,9±1,8	235,5±2,4	221,4±2,2	222,6±2,4	223,0±2,4
Масса внутрен. сала, кг	8,2±0,19	8,7±0,16	7,9±0,12	8,2±0,2	8,3±0,12
Убойная масса, кг	238,1±0,8	244,2±1,2	229,3±0,9	230,8±1,1	231,3±1,1
Убойный выход, %	57,78±1,1	58,15±1,1	57,79±1,2	57,34±1,0	57,14±1,2

Таблица 7. Морфологический состав туши бычков в возрасте 15 мес. (n=3)
Table 7. Morphological composition of the carcass of bulls aged 15 months (n=3)

Показатель	Оцениваемые быки-производители				
	Прометей 1127	Грильяж 916	Гомат 59223	Яго 39023	Раскат 8692
Масса охлажденной туши, кг	226,5±1,2	231,9±1,5	218,1±1,3	219,3±1,5	219,7±1,4
Масса мышечной ткани, кг	171,9±1,2	177,9±1,0	162,5±1,1	164,0±1,3	165,2±1,4
Масса жировой ткани, кг	10,4±1,0	10,0±0,5	12,2±0,3	11,8±0,6	11,2±0,2
Масса съедобной части туши, кг	4,6±0,04	4,3±0,03	5,6± 0,04	5,4±0,05	5,1±0,05
Масса костей, хрящей и сухожилий, кг	44,2±1,3	44,0±1,2	43,4±1,4	43,5±1,7	43,3±1,3

Обращает на себя внимание, что у потомков быков Грильяж 916 и Прометей 1127 в туше содержание мышечной ткани на уровне 76,7 и 75,9%, что на 9,4-15,4 кг больше чем у сверстников от других быков-производителей.

Однако у последних, с преимуществом в пользу сыновей быка Гомат 59223, было наибольший относительный выход жира, костей, хрящей и сухожилий и самый низкий коэффициент мясности.

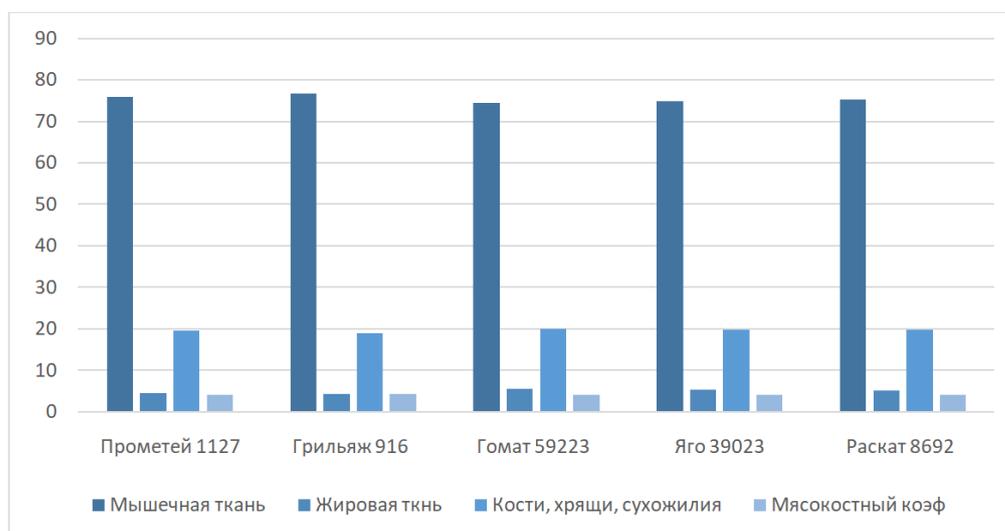


Рисунок 2. Морфологический состав туши 15-месячных бычков, %
Figure 1. Morphological composition of carcasses of 15-month-old bulls, %

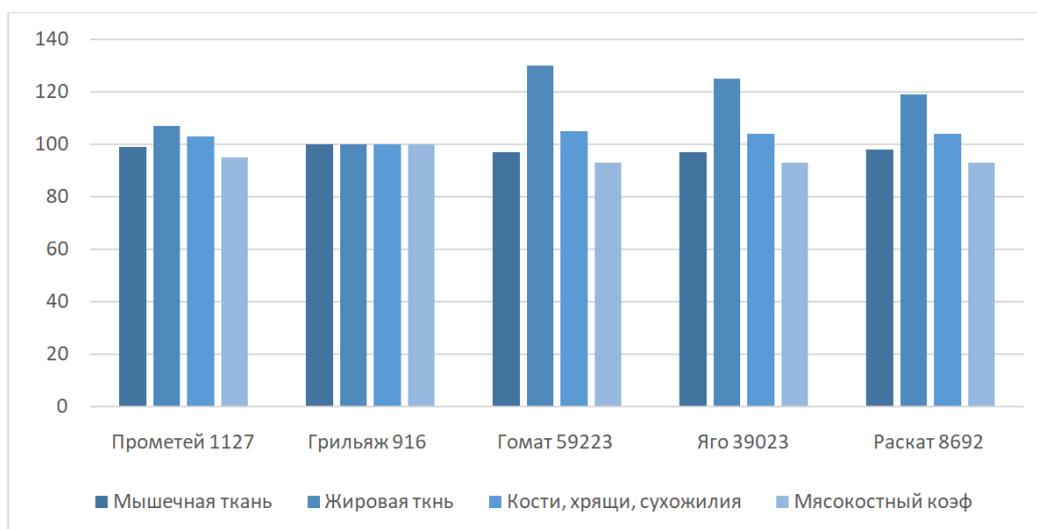


Рисунок 3. Соотношение тканей туши относительно потомков быка Грильяж 916
Figure 3. The ratio of carcass tissues relative to the descendants of the bull Grilage 916

За 7-месячный период оценки быков-производителей по качеству потомства, а их сыновей по формированию собственной мясной продуктивности в условиях племенного завода ООО «Солнечное» Орловского района Ростовской области позволило получить в 15-месячном возрасте среднесуточный прирост на уровне 909-1079 г и живую массу в пределах 406-431 кг. При этом у продолжателей всех анализируемых линий себестоимость 1 кг живой массы за этот период была на уровне 166,1-176,9 рублей, с преимуществом в пользу продолжателей быка Грильяж 916 (табл. 8). Даже при такой относительно не очень высокой интенсивности роста в условиях стойлово-пастбищного выращивания производство говядины во всех группах вы-

соко эффективное. Несмотря на то, что бычки оцениваемых быков-производителей нашего опыта реализованы не как племенные, а в качестве товарного молодняка, и их реализационная стоимость 1 кг была одинаковая не зависимо от их разной конечной живой массы, поэтому и окупаемость их затрат не одинаковая. За период выращивания в равных условиях и одинаковой реализационной стоимости 1 кг живой массы, но при её разной величине в 15-месячном возрасте, от каждого потомка быков Прометей 1127, Гомат 59223, Яго 39023 и Раскат 8692 получено прибыли на 4238-5458 рублей меньше, чем у сверстников быка Грильяж 916. Поэтому рентабельность выращивания потомков всех групп была довольно высокая.

Таблица 8. Экономические показатели (в среднем на одного бычка)
Table 8. Economic indicators (on average per bull)

Показатель	Группа				
	Прометей 1127	Грильяж 916	Гомат 59223	Яго 39023	Раскат 8692
Живая масса в 18 мес., кг	423±8,3	431±7,4	406±6,4	413±7,8	415±7,3
Абсолютный прирост, кг	224 ±4,7	217±3,8	192±3,5	224±4,0	215±3,7
Себестоимость 1 кг живой массы, руб.	175,3	166,1	176,9	176,0	175,6
Общие затраты, руб.	74154,9	71589,1	71821,4	72688,0	72874,0
Реализационная цена 1 кг живой массы, руб.	209	209	209	209	209
Выручка от реализации, тысяч руб.	88407	90079	84854	86317	86735
Прибыль, руб.	14252,1	18489,9	13032,6	13629,0	13861,0
Рентабельность, %	19,22	25,83	18,14	18,75	19,02

Однако у сверстников быка Грильяж 916 рентабельность выращивания была на 6,6-7,7% выше. Это свидетельствует о наличии положительной корреляции между энергией роста, живой массой и окупаемостью производства.

Заключение. Из выше изложенного следует, что из пяти оцениваемых быков-производителей по качеству потомства и по формированию мясной продуктивности наиболее перспективными для зоны засушливого региона являются продолжатели быков Грильяж 916 заводской линии Пирата 6626 и Прометей 1127 заводской линии Дуплета 825. Поэтому их продолжателей, имеющих положительную оценку по собственной продуктивности с комплексным индексом более 103%, рекомендуется более интенсивно ис-

пользовать в воспроизводстве селекционного ядра, а потомков других быков с индексом более 101,5% целесообразно использовать для ремонта основного стада. Потомков быка Раскат 8692 генеалогической линии Манежа 7113 с индексом более 100 % следует использовать для получения товарного молодняка. Интенсивное выращивание и увеличение количества продолжателей быков с племенной категорией улучшатель будет способствовать не только увеличению энергии роста молодняка, живой массы основного стада, количества высококлассных животных для создания волочаевского внутрипородного типа калмыцкой породы, но и повысит окупаемость затрат и рентабельность мясного скотоводства в хозяйстве.

Список литературы

1. Приступа В. Н., Торосян Д. С. Интенсификация скотоводства: учебник. Персиановский: Донской ГАУ, 2021. 240 с.
2. Частная зоотехния: учебник для вузов / Ю. А. Колосов, В. В. Абонеев, Ю. А. Юлдашбаев [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 460 с. ISBN 978-5-8114-8710-3. URL: <https://e.lanbook.com/book/200309>.
3. Долженкова Г. М., Миронова И. В., Тагиров Х. Х. Интенсификация производства высококачественной продукции животноводства: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 296 с. ISBN 978-5-8114-2815-1. URL: <https://e.lanbook.com/book/169014>
4. Эффективность стойлово-пастбищной технологии выращивания крупного рогатого скота различных линий / В. Н. Приступа, О. Е. Кротова, В. В. Лодьянов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1(99). С. 308–312. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-99-1-308-312. EDN: FQNVQJ
5. Производство тяжеловесных туш и высококачественной говядины / В. Н. Приступа, А. Ю. Колосов, Д. С. Торосян, В. Н. Никулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2(82). С. 224–229. EDN: UBHMRC
6. Исаков Р. С., Тагиров Х. Х. Научно-практическое обоснование интенсификации производства говядины при рациональном использовании генетического потенциала крупного рогатого скота: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 284 с. ISBN 978-5-8114-28267. URL: <https://e.lanbook.com/book/169048>. EDN: XQASBF
7. Макарецев Н. Г. Кормление молодняка крупного рогатого скота при выращивании и откорме на мясо // Кормление сельскохозяйственных животных. Калуга: Изд-во Ноосфера, 2017. С. 369–387.
8. Совершенствование скота калмыцкой породы: монография / В. Х. Федоров, В. Н. Приступа, О. А. Бабкин, Д. С. Торосян. Персиановский: Донской ГАУ. 2021. 168 с.
9. Гудыменко В. В., Капустин Р. Ф. Морфометрическое обоснование продуктивной оценки реализации генетического потенциала крупного рогатого скота // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 13. С. 111–119. EDN: XNGNZZ

References

1. Pristupa V.N., Torosyan D.S. *Intensifikatsiya skotovodstva: uchebnik* [Intensification of cattle breeding: textbook]. Persianovsky: Donskoy GAU, 2021. 240 p. (In Russ.).
2. Kolosov Yu.A., Aboneev V.V., Yuldashbaev Yu.A. [et al.]. *Chastnaya zootekhniya: uchebnik dlya vuzov* [Private animal husbandry: a textbook for universities]. Saint Petersburg: Lan', 2022. 460 p. ISBN 978-5-8114-8710-3. URL: <https://e.lanbook.com/book/200309>. (In Russ.).

3. Dolzhenkova G.M., Mironova I.V., Tagirov H.H. *Intensifikatsiya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii zhivotnovodstva: monografiya* [Intensification of production of high-quality livestock products: monograph]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 296 p. ISBN 978-5-8114-2815-1. URL: <https://e.lanbook.com/book/169014>. (In Russ.).
4. Prystupa V.N., Krotova O.E., Lodyanov V.V., Sargsyan C.A. Efficiency of the stall-pasture technology of growing cattle of various lines. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;1(99):308–312. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2023-99-1-308-312. EDN: FQNVOJ
5. Prystupa V.N., Kolosov A.Y., Torosyan D.S., Nikulin V.N. Production of heavy carcasses and high-quality beef. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;2(82):224–229. (In Russ.). EDN: UBHMRC
6. Iskhakov R.S., Tagirov H.H. *Nauchno-prakticheskoye obosnovaniye intensifikatsii proizvodstva govyadiny pri ratsional'nom ispol'zovanii geneticheskogo potentsiala krupnogo rogatogo skota: monografiya* [Scientific and practical substantiation of beef production intensification with rational use of the genetic potential of cattle: monograph]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 284 p. ISBN 978-5-8114-28267. URL: <https://e.lanbook.com/book/169048>. (In Russ.). EDN: XQASBF
7. Makartsev N.G. *Feeding young cattle during rearing and fattening for meat. Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Feeding of agricultural animals]. Kaluga: Izd-vo Noosfera, 2017. Pp. 369–387. (In Russ.).
8. Fedorov V.Kh., Pristupa V.N., Babkin O.A., Torosyan D.S. *Sovershenstvovaniye skota kalmytskoy porody: monografiya* [Improvement of Kalmyk cattle: monograph]. Persianovsky: Donskoy GAU. 2021. 168 p. (In Russ.).
9. Gudymenko V.V., Kapustin R.F. Morphometric justification for efficient estimation of fulfilling the cattle genetic potential. *Transactions of Taurida agricultural science*. 2018;(13):111–119. (In Russ.). EDN: XNGNZZ

Сведения об авторах

Приступа Василий Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3390-2778, Author ID: 414911

Торосян Диана Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, главный зоотехник, Общество с ограниченной ответственностью «Агропарк-Развильное», SPIN-код: 6523-7091

Азаев Руслан Загидович – аспирант кафедры разведения с.-х. животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. академика П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Колосова Наталья Николаевна – кандидат философских наук, доцент кафедры иностранных языков и социально-гуманитарных дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 9927-8101

Information about the authors

Vasiliy N. Pristupa – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of breeding of farm animals, private zootechnics and zoo-hygiene named after Academician P.E. Ladan, Don State agrarian University, SPIN-code: 3390-2778

Diana S. Torosyan – Candidate of Agricultural Sciences, Chief Zootechnician, Limited Liability Company "Agropark-Razvilnoye", SPIN-code: 6523-7091

Ruslan Z. Azaev – Postgraduate student of the Department of Breeding of agricultural Animals, Private Zootechnics and Zoo Hygiene. Academician P.E. Ladan, Don State Agrarian University

Natalya N. Kolosova – Candidate of Philosophy, Associate Professor of the Department of Foreign Languages and Social and Humanitarian Disciplines, Don State Agrarian University, SPIN-code: 9927-8101

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 19.08.2024;
одобрена после рецензирования 06.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.*

*The article was submitted 19.08.2024;
approved after reviewing 06.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.*

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Научная статья

УДК 631.372: 621.436.1

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-83-92

Исследование влияния технического состояния элементов топливной системы высокого давления на параметры топливоподачи**Аслан Каральбиевич Апажев¹, Юрий Хасанович Шогенов²,
Юрий Ахметханович Шекихачев³, Владимир Исмелович Батыров⁴**^{1,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030²Российская академия наук, Ленинский проспект, 14, Москва, Россия, 119991¹kbr.apagev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5448-5782>²yh1961s@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7588-0458>³shek-fmer@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>⁴batyrov.53@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2183-4058>

Аннотация. Топливная аппаратура должна обеспечить идентичность топливоподачи во все цилиндры по таким параметрам как цикловая подача, угол начала впрыска топлива, характеристики впрыска. Неидентичность указанных параметров по всем цилиндрам дизельного двигателя является причиной различного характера протекания рабочего процесса в них и, естественно, приводит к различиям индикаторных показателей работы по цилиндрам дизельного двигателя. Износ деталей топливной аппаратуры в процессе эксплуатации, особенно прецизионных элементов топливной системы высокого давления, приводит к изменению их гидравлических характеристик, в результате чего нарушается равномерность процесса впрыскивания топлива по секциям топливного насоса высокого давления. Таким образом, для разработки мероприятий по обеспечению равномерности параметров топливоподачи в процессе ремонтно-обслуживающих работ требуется установить зависимость параметров топливоподачи от изменения технического состояния элементов топливной системы высокого давления с учетом их отклонения от установленных значений техническими условиями. В результате проведенных исследований установлено, что увеличение эффективного проходного сечения на режиме работы дизеля 4Ч11/12,5 от 0,30 мм² до критической величины, равной 0,40 мм², вызвало увеличение цикловой подачи топлива на 5,7%; увеличение эффективного проходного сечения от 0,29 до 0,59 мм² при этом привело к уменьшению давления впрыскивания на 25%, продолжительности впрыскивания на 22,2% и угла запаздывания впрыскивания топлива на 10,0%; увеличение эффективного проходного сечения топливопровода с 0,80 до 1,10 мм² привело к увеличению цикловой подачи топлива на 1,1%. При этом давление и продолжительность впрыскивания топлива уменьшились, соответственно, на 13,6% и на 12,2%, угол запаздывания впрыскивания топлива практически не изменился.

Ключевые слова: дизельный двигатель, топливо, топливная аппаратура, топливная система, топливный насос, цикловая подача, проходное сечение

Для цитирования. Апажев А. К., Шогенов Ю. Х., Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Исследование влияния технического состояния элементов топливной системы высокого давления на параметры топливоподачи // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова, 2024. № 3(45). С. 83–92. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-83-92

Original article

Investigation of the influence of the technical condition of the elements of the high-pressure fuel system on the parameters of the fuel supply

Aslan K. Apazhev¹, Yuri Kh. Shogenov², Yuri A. Shekikhachev^{✉3}, Vladimir I. Batyrov⁴

^{1,3,4}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

²Russian Academy of Sciences, 14 Lenin Avenue, Moscow, Russia, 119991

¹kbr.apagev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5448-5782>

²yh1961s@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7588-0458>

^{✉3}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

⁴batyrov.53@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2183-4058>

Abstract. Fuel equipment must ensure identical fuel supply to all cylinders according to such parameters as: cyclic supply, fuel injection start angle, injection characteristics. The non-identity of the specified parameters for all cylinders of a diesel engine is the reason for the different nature of the working process in them and, naturally, leads to differences in the indicator performance indicators for the cylinders of a diesel engine. Wear of parts of fuel equipment during operation, especially precision elements of the high-pressure fuel system, leads to a change in their hydraulic characteristics, as a result of which the uniformity of the fuel injection process across the sections of the high-pressure fuel pump is disrupted. Thus, in order to develop measures to ensure uniformity of fuel supply parameters during repair and maintenance work, it is necessary to establish the dependence of fuel supply parameters on changes in the technical condition of the elements of the high-pressure fuel system, taking into account their deviation from the established values by technical specifications. As a result of the studies, it was established that: an increase in the effective flow area in the 4Ch11/12.5 diesel operating mode from 0.30 mm² to a critical value of 0.40 mm² caused an increase in the cyclic fuel supply by 5.7%; an increase in the effective flow area from 0.29 to 0.59 mm² led to a decrease in injection pressure by 25%, injection duration by 22.2% and fuel injection retardation angle by 10.0%; An increase in the effective flow area of the fuel line from 0.80 to 1.10 mm² led to an increase in the cyclic fuel supply by 1.1%. At the same time, the pressure and duration of fuel injection decreased by 13.6% and 12.2%, respectively, and the fuel injection retardation angle remained virtually unchanged.

Keywords: diesel engine, fuel, fuel equipment, fuel system, fuel pump, cyclic supply, flow area

For citation. Apazhev A.K., Shogenov Yu.Kh., Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I. Investigation of the influence of the technical condition of the elements of the high-pressure fuel system on the parameters of the fuel supply. *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

Введение. Дизельные двигатели в наибольшей мере удовлетворяют тем тенденциям, которые имеют место в двигателестроении: повышение мощностных показателей, сниженный удельный расход топлива и токсичность отработавших газов. Реализовать указанные достоинства дизельных двигате-

лей возможно лишь в случае обеспечения и сохранения оптимальными тех параметров, которые характеризуют топливоподачу. Характер же топливоподачи предопределяет показатели, характеризующие качество протекания рабочего процесса в дизельном двигателе.

Проблема улучшения показателей дизельных двигателей решается на современном этапе в процессе их производства посредством совершенствования и тщательной отработки конструктивных схем и технологических процессов, связанных с изготовлением их наиболее ответственных деталей, а в процессе эксплуатации – путем совершенствования методов и применяемых средств при техническом обслуживании и ремонте. Такой подход можно считать оправданным в силу влияния значительного количества факторов (конструктивных и эксплуатационных) на показатели работы дизелей.

От параметров топливоподачи зависят качественные характеристики смесеобразования и характер протекания процесса сгорания топлива. Анализируя состояние проблемы улучшения показателей работы дизельных двигателей, можно сделать следующий вывод: основная причина, вызывающая отклонение показателей рабочего цикла двигателей от установленных значений, состоит в отклонении параметров топливоподачи от оптимальных значений.

С изменением технических характеристик топливной системы высокого давления (ТСВД) в процессе работы изменяются и характеристики впрыска. При исследовании влияния параметров ТСВД на характеристики топливоподачи зачастую не учитывается изменение характеристик впрыскивания, что объясняется сложностью и трудоемкостью указанных исследований.

Отказы дизельных двигателей в основном вызваны естественным износом (40%) и несвоевременным и некачественным техническим обслуживанием (36%). Учитывая сложившееся в научном мире мнение о том, что наибольшее количество отказов двигателей связано с отклонениями в работе топливной системы (до 70%), можно обоснованно сделать заключение, что определяющее место в общих объемах потерь занимают потери топлива [1–3].

Задача топливной аппаратуры (ТА) – обеспечение одинаковых условий для функционирования всех цилиндров дизельного двигателя. Таким образом, ТА должна обеспечить идентичность топливоподачи во все

цилиндры по таким параметрам как цикловая подача, угол начала впрыска топлива, характеристики впрыска. Неидентичность указанных параметров по всем цилиндрам дизельного двигателя является причиной различного характера протекания рабочего процесса в них и, естественно, к различиям индикаторных показателей работы по различным цилиндрам дизельного двигателя [4–6].

Износ деталей ТА в процессе эксплуатации, особенно прецизионных элементов ТСВД, приводит к изменению их гидравлических характеристик. В результате этого нарушается равномерность параметра процесса впрыскивания топлива по секциям топливного насоса высокого давления (ТНВД).

Для разработки мероприятий, обеспечивающих равномерность параметров топливоподачи в процессе проведения ремонтно-обслуживающих работ, требуется установление зависимости параметров топливоподачи от изменения технического состояния элементов ТСВД, учитывая их отклонения от технических условий.

Цель исследования – установление зависимости параметров топливоподачи от изменения технического состояния элементов ТСВД.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на методах физического и математического моделирования, сравнения. В качестве объекта исследования использован дизельный двигатель. При интегрировании дифференциальных уравнений использован метод Эйлера. Параметры технического состояния исследуемых элементов ТСВД установлены по результатам обследования ремонтного фонда ремонтно-обслуживающих предприятий. Результаты расчетов параметров топливоподачи обработаны с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA-5.0».

Результаты исследования. Разработана математическая модель гидродинамического расчета процесса топливоподачи с учетом утечек топлива через прецизионные элементы ТСВД (для топливного насоса – система уравнений (1), для форсунки насоса – система уравнений (2) [7–10]:

$$\left. \begin{aligned} f_n C_n &= \frac{\alpha V_n}{\rho} dP_n + \sigma_1 \mu_0 f_0 \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_n - P_z)} + \\ &+ \sigma_1 \mu_k f_k \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_n - P'_n)} + \sigma_1 f_k C_k + Z_1 + Z_2 \\ f_m C'_m &= \left[\sigma_1 \mu_k f_k \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_n - P'_n)} + \sigma_1 f_k C_k - \alpha V' \frac{dP'_n}{\rho} \right] \sigma_2 \\ dV'_{nu} &= - \left[\mu_k f_k \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_n - P'_n)} + \sigma_1 f_k C_k \right] \\ M_k \frac{dC_k}{dt} &= [f_k (P_n - P'_n) - f_k P_{k0} - C_{nk}] \sigma_1 \\ \frac{dh_k}{dt} &= C_k \sigma_1 \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} f_m C''_m &= \left[\frac{dP_\phi}{dt} \alpha V_\phi + \mu_p f_p \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_\phi - P_u)} + \sigma_3 (f_u - f'_u) C_u + Z_3 \right] \sigma_4 \\ \frac{dV'_{n\phi}}{dt} &= - [f_m C''_m - \sigma_3 (f_u - f'_u) C_u] \sigma_4 \\ M_u \frac{dC_u}{dt} &= [(f_u - f'_u)(P_\phi - P_z) + (f'_u - f_u) P_\phi - C_{n\phi} h_u + f_u P_\phi] \sigma_3 \\ \frac{dh_u}{dt} &= C_u \sigma_3 \end{aligned} \right\} (2)$$

где:

$P_n, P'_n, P_z, P_\phi, P_z, P_{ko}, P_u$ – соответственно, давления: в полости нагнетания плунжерной пары; полости штуцера; в головке насоса; давления впрыска; затяжки пружины форсунки; открытия нагнетательного клапана; в цилиндре двигателя;

$f_n, f_k, f_m, f_o, f_u, f_u, f'_u$ – соответственно, площади: поперечного сечения плунжера; нагнетательного клапана; канала топливопровода; окон втулки плунжера; иглы распылителя; штифта иглы распылителя; определяемая по диаметру запорной кромки иглы;

$V_n, V'_n, V_\phi, V'_{nu}, V'_{n\phi}$ – соответственно, объем: в полости нагнетания плунжерной пары; штуцера насоса; каналов форсунки; свободные объемы в полостях насоса; форсунки;

$C_{nk}, C_{n\phi}$ – соответственно, жесткость пружин: нагнетательного клапана; форсунки;

C'_m, C''_m – соответственно, скорость движения топлива в сечениях топливопровода: во входном; в выходном;

C_n, C_k, C_u – соответственно, скорости движения: плунжера; нагнетательного клапана; иглы распылителя;

t, a – соответственно, время и скорость распространения волны давления;

σ_i – ступенчатая функция;

$\mu_0 f_0, \mu_k f_k, \mu_p f_p$ – соответственно, эффективные проходные сечения: окон втулки; щели между нагнетательным клапаном и седлом; распылителя форсунки;

α, ρ – соответственно, коэффициенты сжимаемости и плотности топлива;

h_k, h_u – соответственно, подъемы нагнетательного клапана и иглы распылителя;

M_k, M_u – соответственно, массы движущихся частей нагнетательного клапана и иглы распылителя;

Z_1, Z_2, Z_3 – соответственно, расходы топлива через зазоры: в золотниковой; поршневой частях плунжера; между иглой и корпусом распылителя.

Экспериментально установлены гидравлические характеристики элементов ТСВД:

$$\mu_p f_p = f(h_u), \mu_0 f_0 = f(\varphi). \quad (3)$$

Интегрирование дифференциальных уравнений производили с применением метода Эйлера с дроблением шага расчета в три раза после выхода разгрузочного пояска из седла нагнетательного клапана. В этом случае обеспечивается достаточная точность расчета при шаге интегрирования $0,02 \dots^\circ$. Результаты расчета через каждые $0,5 \dots^\circ$ поворота кулачкового вала насоса (к. в. н.) приведены в таблице 1.

Матрица плана расчетов, уровни параметров исследуемых факторов и варианты комплектования элементами ТСВД представлены в таблице 2. Результаты расчетов приведены там же.

В соответствии с результатами расчетов, изменение технического состояния элементов ТСВД в исследованном диапазоне поразному влияет на основные параметры топливоподачи (по величине и характеру). Так, с увеличением зазора в плунжерной паре с 2 до 10 мкм уменьшаются цикловая подача и давление впрыска топлива, соответственно, на $5,5 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ и $4,5 \text{ МПа}$, или на $7,4\%$ и $20,5\%$. Угол запаздывания и продолжительность впрыскивания при этом увеличиваются, соответственно, на $0,5^\circ$ и $0,7 \dots^\circ$ поворота к. в. н., или на 10% и $7,8\%$.

Таблица 1. Результаты расчета процесса топливоподачи УТН-5 дизеля 4Ч11/12,5
(номинальный режим)
Table 1. Calculation results for the UTN-5 fuel supply process for diesel 4Ch11/12.5
(nominal mode)

Угол поворота к. в. н.	Давление в полости насоса	Расход топлива через клапан	Подъем клапана	Давление на входе в топливopовpод	Подъем иглы распылителя	Цикловая подача	Давление в полости форсунки	Прямая волна давления
φ	P_n	P_n^c	h_k	P_φ	h_u	g_u	P_g	$F(t-L/a)$
град	кг/см ²	кг/см ²	см	кг/см ²	см	мм ³ /Град	кг/см ²	кг/см ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
53,499	21,2	-	0,0001	-	-	-	-	-
53,999	23,2	-	0,0026	-	-	-	-	-
54,499	22,9	-	0,0086	-	-	-	-	-
54,999	22,3	-	0,0178	-	-	-	-	-
55,499	23,3	-	0,0301	-	-	-	-	-
55,999	24,1	-	0,0457	-	-	-	-	-
56,499	20,9	-	0,0545	-	-	-	-	-
56,999	19,0	-	0,0851	-	-	-	-	-
57,499	20,3	4,9	0,1060	-	-	-	-	-
57,999	47,9	31,5	0,1246	-	-	-	-	-
58,490	90,1	47,5	0,1425	-	-	-	-	-
58,999	74,6	73,1	0,1682	-	-	-	-	-
59,499	94,3	89,0	0,1883	-	-	-	-	-
59,999	107,1	103,9	0,2002	-	-	-	-	-
60,499	122,2	116,3	0,2030	-	-	-	-	-
60,999	140,6	126,1	0,1980	-	-	-	-	-
61,490	171,6	132,5	0,1899	-	-	-	-	-
61,999	175,0	143,4	0,1894	-	-	-	-	-
62,499	167,3	154,6	0,1941	-	-	-	-	-
62,999	177,1	161,6	0,1950	-	-	-	84,8	138,0
63,499	18,8	166,3	0,1929	135,1	0,00001	0,003	15,7	149,7
63,999	186,3	163,8	0,1901	201,8	0,00466	2,472	198,5	158,6
64,499	173,4	152,6	0,1877	125,4	0,01982	8,028	198,3	164,4
64,999	152,9	133,3	0,1851	49,1	0,03686	9,166	92,2	177,8
65,499	127,3	105,6	0,1819	120,4	0,03907	13,128	91,7	186,8
65,999	95,7	72,8	0,1791	131,3	0,03776	14,498	141,0	193,4
66,499	52,4	37,8	0,1780	129,0	0,03800	14,290	136,4	196,5
66,999	44,9	39,4	0,1740	126,1	0,03963	13,300	124,8	191,5
67,499	40,4	10,4	0,1634	127,2	0,03999	13,105	115,6	177,8
67,999	23,5	-	0,1552	110,6	0,03998	12,254	99,5	156,1
68,499	18,4	-	0,1494	87,8	0,03910	11,325	72,2	126,2
68,999	16,6	-	0,1428	102,9	0,03501	13,580	15,2	163,3
69,499	15,9	-	0,1345	17,2	0,02703	5,931	12,3	-6,6
69,999	15,6	-	0,1244	69,8	0,01020	2,355	77,5	19,0
70,499	15,6	-	0,1124	147,9	0,00062	0,324	194,5	106,9
70,999	15,5	-	0,0985	131,5	0,00650	2,57	101,0	83,5
71,499	15,5	-	0,0831	36,5	0,01534	2,953	86,3	52,6
71,999	15,5	-	0,0662	36,6	0,01775	3,728	33,5	57,6
72,499	15,2	-	0,0482	80,7	0,01250	3,251	49,2	59,1
72,999	14,9	-	0,02991	117,2	0,00443	2,023	88,2	48,0
73,499	14,6	-	0,0091	107,8	0,00012	0,050	116,1	39,9

Продолжение таблицы 1

Угол поворота к.в.н.	Обратная волна давлений	Расход топлива через клапан	Скорость истечения топлива из распылителя	Скорость топлива на входе в топливопровод	Скорость топлива на выходе из топливопровода	Свободный объем в полости насоса	Свободный объем в полости форсунки	Давление посадки иглы
φ	$w(t)$	q_k	C_ϕ	C'_m	C''_m	$V'_{нп}$	$V'_{нф}$	P'_ϕ
град	кг/см ²	мм ³	см/сек	см/сек	см/сек	см ³	см ³	кг/см ²
10	11	12	13	14	15	16	17	18
53,499	-	-	-	-	-	0,290	0,0044	-
53,999	-	-	-	-	-	0,0283	0,0044	-
54,499	-	-	-	-	-	0,0266	0,0044	-
54,999	-	-	-	-	-	0,0240	0,0044	-
55,499	-	-	-	-	-	0,0205	0,0044	-
55,999	-	-	-	-	-	0,0161	0,0044	-
56,499	-	-	-	-	-	0,0108	0,0044	-
56,999	-	-	-	-	-	0,0050	0,0044	-
57,499	-0.1	-	-	31	-	-	0,0044	-
57,999	12,6	-	-	513	-	-	0,0044	-
58,490	30.8	-	-	994	-	-	0,0044	-
58,999	31,5	-	-	1260	-	-	0,0044	-
59,499	31,4	0,776	-	1415	-	-	0,0044	-
59,999	31,4	4,190	-	1556	-	-	0,0044	-
60,499	31,2	10,225	-	1671	-	-	0,0044	-
60,999	31,1	18,400	-	1762	-	-	0,0044	-
61,490	31,1	27,118	-	1822	-	-	0,0044	-
61,999	31,1	34,560	-	1923	-	-	0,0044	-
62,499	31,1	40,978	-	2030	-	-	0,0044	-
62,999	31,0	48,113	-	2096	2527	-	0,0031	-
63,499	30,9	55,919	17395	2140	1531	-	-	128,0
63,999	30,9	62,904	21903	2116	984	-	-	188,0
64,499	30,9	68,320	17554	2012	1778	-	-	118,0
64,999	30,9	72,132	10689	1830	2799	-	-	44,0
65,499	30,9	74,231	16766	1569	2297	-	-	108,5
65,999	45,6	74,600	17624	1213	2300	-	-	119,8
66,499	-24,1	74,600	17474	2	2376	-	-	117,8
66,999	-35,3	74,600	17275	-312	2314	-	-	115,2
67,499	76,7	74,600	17371	1404	2049	-	-	116,5
67,999	117,4	74,600	16238	2191	1804	0,0070	-	101,8
68,499	55,9	74,600	14489	1033	1472	0,0131	-	81,1
68,999	57,8	74,600	15482	1054	2031	0,0181	-	92,1
69,499	61,4	74,600	6666	1122	-299	0,0238	-	16,3
69,999	56,0	74,600	12385	1042	-265	0,0300	-	61,5
70,499	42,6	74,600	18602	785	573	0,0361	-	145,6
70,999	38,2	74,600	17916	704	245	0,0423	-	125,4
71,499	31,0	74,600	9561	574	597	0,0487	-	35,9
71,999	-8,1	74,600	9148	-58	720	0,0559	-	32,3
72,499	-24,4	74,600	13641	-449	338	0,0597	-	73,9
72,999	-65,1	74,600	16623	-1147	-226	0,0630	-	108,0
73,499	-41,2	74,600	16095	-747	-305	0,0655	-	109,5
73,999	-41,2	74,600	13480	-803	-77	0,0656	-	75,9

Таблица 2. Матрица плана, уровни варьирования и результаты расчета параметров топливopодачи
Table 2. Plan matrix, variation levels and calculation results of fuel supply parameters

Уровни варьирования	Факторы				Функции отклика			
	Эффективное проходное сечение распылителя μ_{pf} , мм ²	Эффективное проходное сечение т.в.д. μ_{TF} , мм ²	Зазор в плунжерной паре δ_n , мкм	Зазор по разгрузающему пояску нагнетательного клапана δ_k , мкм	Продолжительность впрыскивания φ_n^o	Запаздывание впрыскивания φ_3^o	Цикловая подача g_u , мм ³ /цикл	Давление впрыскивания P_6 , МПа
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
Верхний	0,60	1,10	10	16				
Основной	0,45	0,95	6	10				
Нижний	0,30	0,80	2	4				
Интервал	0,15	0,15	4	6				
Номера опытов	План				Результаты			
Основной	0,45	0,95	6	10	9,30	10,84	73,67	22,49
1	0,30	0,95	6	10	10,38	11,81	68,83	25,16
2	0,45	0,80	6	10	9,69	10,84	73,41	23,71
3	0,45	0,95	2	10	8,95	9,75	75,77	24,69
4	0,45	0,95	6	4	11,04	11,78	71,44	20,89
5	0,60	0,95	6	10	8,23	10,80	73,76	19,81
6	0,45	1,10	6	10	8,54	10,84	74,18	20,04
7	0,45	0,95	10	10	9,66	10,60	71,56	20,28
8	0,45	0,95	6	16	7,57	10,81	75,90	24,08

Увеличение эффективного проходного сечения приводит к уменьшению гидравлического сопротивления, оказываемого истечению топлива из сопла распылителя. В этом случае давление впрыска топлива снижается [11–14]. Данное обстоятельство приводит к уменьшению влияния сжимаемости на величину цикловой подачи.

Величина критического эффективного проходного сечения распылителя зависит от величины цикловой подачи, параметров стендовых топливopоводов и распылителей форсунок, с которыми регулировался ТНВД, а также от параметров рабочих топливopоводов и распылителей форсунок, с которыми работает ТНВД на дизельном двигателе.

Увеличение эффективного проходного сечения для исследованной ТА на режиме работы дизеля 4Ч11/12,5 от 0,30 мм² и до критической величины, равной 0,40 мм², вызвало увеличение цикловой подачи топлива с 70,5 до 74,5 мм³/цикл, то есть на 4,0 мм³/цикл, или на 5,7%. Дальнейшее увели-

чение эффективного проходного сечения до 0,59 мм² не привело к изменению цикловой подачи топлива.

Увеличение эффективного проходного сечения от 0,29 до 0,59 мм² при этом привело к уменьшению давления впрыскивания на 5,5 МПа с 24,5 до 19,0 МПа, или на 25%, продолжительности впрыскивания на 2...° с 10,0 до 8,0...°, или 22,2% и угла запаздывания впрыскивания топлива на 1,0...° с 11,0 до 10,2...°, или на 10,0%.

Увеличение эффективного проходного сечения топливopовода с 0,80 до 1,10 мм² привело к увеличению цикловой подачи топлива на 0,8 мм³/цикл с 74,0 до 74,8 мм³/цикл, или на 1,1%. При этом давление и продолжительность впрыскивания топлива уменьшились, соответственно, на 3,0 МПа с 23,5 до 20,0 МПа, или на 13,6% и на 1,1...° с 9,5...° до 8,4...°, или на 12,2%, угол запаздывания впрыскивания топлива практически не изменился.

Вывод. В результате проведенного исследования установлено, что замена элементов ТСВД без контроля их гидравлических характеристик приводит к неравномерности: по цикловой подаче до 7,4%; давлению впрыскивания до 25%; продолжительности и углу запаздывания впрыскивания топлива, соответственно, на 48,8 и 10,01%. Следовательно, существует необходимость проведе-

ния многофакторного исследования влияния параметров технического состояния на основные параметры топливоподачи, на основании которых разрабатывается система эталонирования дизельной топливной аппаратуры, что позволит исключить установку на дизельный двигатель ТА с параметрами, которые имеют существенное отклонение от нормативных значений.

Список литературы

1. Koichev V.S., Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Gritsai D.I., Gerasimov E.V. Biofuel mixtures: perspective motor fuel // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017. Т. 8. № 5. С. 642–646. EDN: XCNLFS
2. Koichev V., Mosikyan K. Influence of combustion chamber design for power and fuel efficiency of gasoline engines running on natural GAS // *Известия Национального аграрного университета Армении*. 2016. № 3. С. 44–46.
3. Кобозев А. К., Швецов И. И., Койчев В. С. Методика проведения испытания и регулировки форсунок // *Актуальные вопросы инженерного образования: сб. науч. тр. по материалам научно-методической конференции*. Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 36–43. EDN: UCLQRL
4. Кобозев А. К., Швецов И. И., Койчев В. С. Методика проверки нагнетательных клапанов // *Актуальные вопросы инженерного образования: сб. науч. тр. по материалам научно-методической конференции*. Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 43–46. EDN: WINCNV
5. Кобозев А. К., Швецов И. И., Койчев В. С., Газизов И. И., Бахолдин Н. В. Обнаружение и пути устранения неисправностей – резерв более глубокого познания конструкций тракторов и автомобилей // *Совершенствование научно-методической работы в университете: сб. науч. тр. по материалам научно-методической конференции*. Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2018. С. 138–144. EDN: VSGLEK
6. Кобозев А. К., Швецов И. И., Койчев В. С. Методика проверки плунжерных пар // *Актуальные вопросы инженерного образования: сб. науч. тр. по материалам научно-методической конференции*. Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 47–51. EDN: WINIWB
7. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Карданов Х. Б. Основные пути повышения стабильности параметров топливоподачи тракторных дизелей // *АгроЭкоИнфо*. 2018. № 2(32). С. 55.
8. Батыров В. И., Губжоков Х. Л. Совершенствование процессов смесеобразования и сгорания в дизелях // *Сельский механизатор*. 2017. № 6. С. 48. EDN: WEPQSZ
9. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Влияние состояния топливной системы низкого давления на работоспособность топливных насосов распределительного типа // *Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016»*. Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 247–252. EDN: WAWRAN
10. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Зависимость параметров топливоподачи от давления в полости питания топливного насоса высокого давления // *Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы. Сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016»*. Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 252–256. EDN: WBHSPV
11. Батыров В. И., Болотоков А. Л., Ашабоков Х. Х. Закономерности изменения давления начала подъема иглы распылителя форсунок дизелей ЯМЗ // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2015. Т. 3. № 4-1(15-1). С. 156–160. DOI: 10.12737/13912. EDN: UYRJYF
12. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Карданов Х. Б. Результаты экспериментальных исследований распылителей форсунок автотракторных дизелей // *АгроЭкоИнфо*. 2018. № 2(32). С. 59.
13. Батыров В. И., Карданов Х. Б. Определение предельного состояния и классификация отказов распылителя форсунок дизелей // *Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции*. Лесниково: Курганская ГСХА, 2018. С. 307–310. EDN: YROMRQ
14. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Карданов Х. Б. Исследование предельного состояния распылителя форсунок автотракторных дизелей // *АгроЭкоИнфо*. 2018. № 2(32). С. 48.

References

1. Koichev V.S., Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Gritsai D.I., Gerasimov E.V. Biofuel mixtures: perspective motor fuel. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017;8(5):642-646. EDN: XCNLFS
2. Koichev V., Mosikyan K. Influence of combustion chamber design for power and fuel efficiency of gasoline engines running on natural GAS. *Bulletin of Armenian National Agrarian University*. 2016;(3):44-46.
3. Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Koychev V.S. Methodology for testing and adjusting nozzles. *Aktual'nyye voprosy inzhenerenogo obrazovaniya: sb. nauch. tr. po materialam nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Current issues of engineering education: collection of scientific papers based on materials of a scientific-methodological conference]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 36-43. EDN: UCLQRL
4. Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Koychev V.S. Methodology for checking discharge valves. *Aktual'nyye voprosy inzhenerenogo obrazovaniya: sb. nauch. tr. po materialam nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Current issues of engineering education: collection of scientific papers based on materials of a scientific-methodological conference]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 43-46. (In Russ.). EDN: WINCNV
5. Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Koychev V.S. [et. al.]. Detection and ways of eliminating faults – a reserve for deeper knowledge of the designs of tractors and cars. *Sovershenstvovaniye nauchno-metodicheskoy raboty v universitete: sb. nauch. tr. po materialam nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Improvement of scientific research methodological work at the university: collection of scientific papers based on materials of a scientific-methodological conference]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2018. Pp. 138-144. (In Russ.). EDN: VSGLEK
6. Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Koychev V.S. Methodology for checking plunger pairs. *Aktual'nyye voprosy inzhenerenogo obrazovaniya: sb. nauch. tr. po materialam nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Current issues of engineering education: collection of scientific papers based on materials of a scientific-methodological conference]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 47-51. (In Russ.). EDN: WINIWB
7. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Kardanov Kh.B. The main ways to increase the stability of the fuel supply parameters of tractor diesel engines. *AgroEkoInfo*. 2018;2(32):55.
8. Batyrov V.I., Gubzhokov Kh.L. Improving the processes of mixture formation and combustion in diesel engines. *Selskiy Mekhanizator*. 2017;(6):48. (In Russ.)
9. Batyrov V.I., Koichev V.S., Bolotokov A.L. Influence of the state of the low-pressure fuel system on the performance of distribution-type fuel pumps. *Nauchno-tehnicheskij progress v APK: problemy i perspektivy. Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki «Agrouniversal – 2016»* [Scientific and technical progress in the agro-industrial complex: problems and prospects. Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, within the framework of the XVIII International Agro-Industrial Exhibition "Agrouniversal – 2016"]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 247-252. (In Russ.). EDN: WAWRAN
10. Batyrov V.I., Koychev V.S., Bolotokov A.L. Dependence of fuel supply parameters on pressure in the feed cavity of a high-pressure fuel pump. *Nauchno-tehnicheskij progress v APK: problemy i perspektivy. Sbornik trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki «Agrouniversal – 2016»* [Scientific and technical progress in the agro-industrial complex: problems and prospects. Collection of works based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, within the framework of the XVIII International Agro-Industrial Exhibition "Agrouniversal – 2016"]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 252-256. (In Russ.). EDN: WBHSPV
11. Batyrov V.I., Bolotokov A.L., Ashabokov Kh.Kh. Patterns of changes in the pressure of the beginning of the lifting needle of the YaMZ diesel injector nozzle. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2015;3(4-1):156-160. (In Russ.). DOI: 10.12737/13912. EDN: UYRJYF
12. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Kardanov Kh.B. Results of experimental studies of injector nozzles for automobile and tractor diesel engines. *AgroEkoInfo*. 2018;2(32):59. (In Russ.)
13. Batyrov V.I., Kardanov Kh.B. Determination of the limit state and classification of failures of the diesel injector nozzle. *Nauchnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa regionov RF: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific support of innovative development of the agro-industrial complex of regions of the Russian Federation: collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference]. Lesnikovo: Kurganskaya GSKHA, 2018. Pp. 307-310. (In Russ.). EDN: YROMRQ
14. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Kardanov Kh.B. Study of the limiting state of the injector nozzle of automobile and tractor diesel engines. *AgroEkoInfo*. 2018;2(32):48. (In Russ.)

Сведения об авторах

Апажев Аслан Каральбиевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1530-1950, Scopus ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Шогенов Юрий Хасанович – доктор технических наук, академик РАН, профессор, заведующий сектором механизации, электрификации и автоматизации Отдела сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская академия наук» (РАН), SPIN-код: 7335-0970, Scopus ID: 57221207970, Researcher ID: AAR-1140-2020

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

Батыров Владимир Исмелович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 1074-2232, Scopus ID: 57214136440

Information about the authors

Aslan K. Apazhev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 1530-1950, Scopus ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Yuri Kh. Shogenov – Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Sector of Mechanization, Electrification and Automation of the Department of Agricultural Sciences, Russian Academy of Sciences (RAS), SPIN-code: 7335-0970, Scopus ID: 57221207970, Researcher ID: AAR-1140-2020

Yuri A. Shekikhachev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Vladimir I. Batyrov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Maintenance and Repair of Machines in the Agroindustrial Complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN: 1074-2232, Scopus ID: 57214136440

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 02.07.2024;
одобрена после рецензирования 22.07.2024;
принята к публикации 31.07.2024.*

*The article was submitted 02.07.2024;
approved after reviewing 22.07.2024;
accepted for publication 31.07.2024.*

Научная статья

УДК 621.45.034.3

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-93-99

Исследование параметров технического состояния распылителей дизельных форсунок

Анзор Леонидович Болотоков^{✉1}, Хусен Лелович Губжоков²

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

^{✉1}Anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

²gubzh69@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9556-2895>

Аннотация. Анализ технического состояния многоструйных распылителей поступающей на ремонт топливной аппаратуры тракторных дизелей показывает, что отказы из-за нарушения подвижности иглы составляют у 27% форсунок, из которых 17% обусловлены схватыванием металла, 10% – закоксовыванием. Вследствие анализа эксплуатационных испытаний было выявлено, что наибольшая скорость снижения давления начала подъема иглы распылителя наблюдается в первые 500-700 часов работы двигателя. В процессе эксплуатации форсунок нарушается герметичность запирающего конуса распылителя, происходит зависание и износ иглы распылителя, падение давления начала впрыска, закоксовывание и износ распыливающих отверстий распылителя, ухудшение качества распыливания топлива. Для определения износостойкости распылителей форсунок были проведены сравнительные ускоренные стендовые испытания. В Центральном научно-исследовательском и конструкторском институте топливной аппаратуры автотракторных и стационарных двигателей (ЦНИТА) был разработан метод ускоренных испытаний, позволяющий прогнозировать технический срок службы опрыскивателей. Это позволяет сравнивать оценки износостойкости экспериментальных и серийных распылителей форсунок. После 1000 часов работы давление продолжает снижаться, но интенсивность снижения с увеличением наработки уменьшается. Исследования показали, что форсунки выходят из строя, в основном, в результате снижения эффективного проходного сечения и потери герметичности запирающего конуса распылителя и заклинивание иглы в направляющей распылителей форсунок.

Ключевые слова: форсунка, распылитель форсунок, надежность, долговечность, работоспособность

Для цитирования. Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л. Исследование параметров технического состояния распылителей дизельных форсунок // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 93–99. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-93-99

Original article

Investigation of technical condition parameters spray nozzles

Anzor L. Bolotokov^{✉1}, Husen L. Gubgokov²

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

^{✉1}Anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

²gubzh69@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9556-2895>

Abstract. An analysis of the technical condition of multi-jet sprayers supplied for repair of fuel equipment for tractor diesels shows that failures due to impaired needle mobility account for 27% of injectors, of which 17% are caused by metal setting, 10% by coking. As a result of the analysis of operational tests, it was revealed that the highest rate of pressure reduction at the beginning of the spray needle rise is observed in the first 500–700 hours of engine operation. During the operation of the injectors, the tightness of the locking cone of the sprayer is violated, the needle of the sprayer freezes and wears out, the pressure drop at the beginning of injection, coking and wear of the spray holes of the sprayer, deterioration of the quality of fuel spraying occurs. Comparative accelerated wall tests were carried out to determine the wear resistance of the nozzle sprayers. The Central Research and Design Institute of Fuel Equipment for Automotive and Stationary Engines (CNITA) has developed an accelerated testing method that allows predicting the technical service life of sprayers. This makes it possible to compare the wear resistance estimates of experimental and serial spray nozzles. After 1000 hours of operation, the pressure continues to decrease, but the intensity of the decrease becomes less with increasing operating time. Studies have shown that the injectors fail mainly as a result of a decrease in the effective flow section and loss of tightness of the locking cone of the atomizer and jamming of the needle in the nozzle guide.

Keywords: nozzle, spray nozzle, reliability, durability, operability

For citation. Bolotokov A.L., Gubgokov H.L. Investigation of technical condition parameters spray nozzles. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):93–99. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-93-99

Введение. Узлы и детали топливной аппаратуры всех дизелей относятся к менее надежным и более трудными в техническом обслуживании. Так, доля отказов топливной аппаратуры от общего числа отказов в эксплуатации составляет 20–50% при затратах на обслуживание и ремонт 20–30% от общих затрат. Большая часть работ по обслуживанию топливной аппаратуры проводится в период эксплуатации дизелей [1–4].

В процессе эксплуатации форсунок нарушается герметичность запирающего конуса распылителя, происходит зависание и износ иглы распылителя, падение давления начала впрыска, закоксовывание и износ распыляющих отверстий распылителя, ухудшение качества распыливания топлива.

В Кабардино-Балкарском ГАУ проведены исследования изменения технического состояния и ускоренные испытания распылителей форсунки ФД-22 серийного и опытного с измененной иглой распылителя [2–10].

Исходя из анализа исследований процесса износа форсунок, была поставлена **цель исследования** – определение влияния технического состояния распылителей дизельных форсунок на процесс топливоподачи.

Объект исследования – модернизированный распылитель форсунки дизеля.

Новизна результатов исследования – повышение надежности распылителя дизельной форсунки модернизацией иглы распылителя.

Для того чтобы реализовать поставленную цель исследования, необходимо решить **задачу** увеличения работоспособности распылителя форсунки.

Методы или методология проведения работ. Испытания проводились последовательно в несколько этапов.

В соответствии с методикой ускоренных испытаний, разработанной в ЦНИТА, в течение одного часа производились испытания топливной аппаратуры, которые приравнивались к 50 ч работы в полевых условиях. Весь эксперимент был разделен на десять часовых этапов, после каждого эксперимента двигатель непродолжительно работал на чистом топливе без примесей. Далее форсунки снимались со стенда и проводился контроль их технического состояния по следующим параметрам: ход иглы, гидроплотность, герметичность по запирающему конусу, качество распыления топлива. После завершения двух этапов были заменены плунжерные пары и отрегулирован топливный насос высокого давления марки УТН-5.

Эксперименты проводились на дизельном топливе ГОСТ 305 (температура топлива 34°–38°, плотность 0,823 г/мм³). Температура

масла, охлаждающей жидкости поддерживалась в пределах 80-90°C. Угол опережения впрыска был установлен, согласно заводской инструкции по эксплуатации, равным для 4Н11/12,5 – 24-27° в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Начало давления впрыскивания топлива должно составлять по техническим условиям 17,5^{+0,5} МПа. На каждом контрольном этапе модернизированные форсунки регулировались в установленном порядке и в соответствии с техническими условиями. Проливкой были определены гидравлические характеристики топливопроводов топливной аппаратуры дизелей, а также нагнетательных клапанов. Температура топлива согласно ГОСТ 305-2013 была в пределах 34-38°C. Давление должно быть 0,5 МПа, и проверялось манометром с ценой деления 0,02 МПа. Расход топлива определялся весовым способом и проливкой на стенде. Масса навески составляла при этом 500 г. Время t_n наполнения навески определялось секундомером с ценой деления шкалы 0,2 с.

На рисунке 1 представлена схема направляющей части иглы модернизированного распылителя форсунки [10]. В серийных распылителях происходит жесткий удар, который приводит к контактному выкрашиванию рабочей поверхности.

В качестве индикатора процессов износ в деталях распылителя форсунок при испытании был оценен по снижению гидравлической плотности.

В качестве факторов приняли: X_1 – герметичность по запирающему конусу, мм²; X_2 – давление начала впрыска, с.

В таблице 1 представлены реальные и кодированные значения факторов.

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 2, в строках которой указаны номера опытов, в столбцах – факторы (в кодированном виде « X_1 » и « X_2 ») с реализацией всевозможных сочетаний этих факторов.

Определение технического состояния распылителей форсунок проводилось в научно-исследовательской лаборатории «Испытание дизельной и топливной аппаратуры» ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. В соединении деталей зазор измерялся

на ротаметре ЭМИС-МЕТА 215 и опикаторе 02П с ценой деления 0,2 мкр. Давление, создаваемое топливным насосом, было отрегулировано на номинальное значение подачи топлива и угол начального впрыска топлива. Эталонная топливопроводная магистраль и форсунка находились в номинальном режиме.

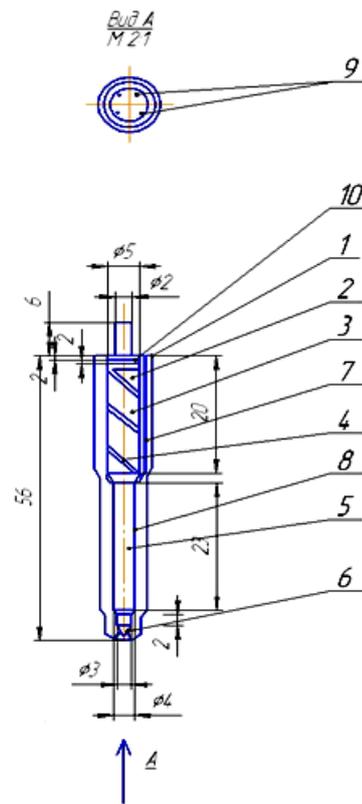


Рисунок 1. Топливная форсунка с винтовым каналом иглы:

1 – корпус; 2 – игла; 3 – направляющая часть иглы; 4 – винтовая канавка; 5 – несущая часть иглы; 6 – запорная часть иглы; 7 – топливоподающий канал; 8 – внутренняя полость корпуса; 9 – сопловые отверстия; 10 – кольцевая канавка

Figure 1. Fuel nozzle with a screw needle channel:

1 – housing; 2 – needle; 3 – guide part of the needle; 4 – screw groove; 5 – bearing part of the needle; 6 – locking part of the needle; 7 – fuel supply channel; 8 – inner cavity of the housing; 9 – nozzle holes; 10 – the annular groove

Для достоверности результатов эксперименты проводились в трехкратной повторности. Полученные результаты сравнивались с данными, полученными в экспериментах с серийной форсункой ФД-22 двигателя Д-240 с насосом УТН-5.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов
Table 1. Levels of variation of factors

Уровни	Факторы			
	герметичность по запирающему конусу, с		давление начало впрыска, МПа	
	X_1		X_2	
Верхний	30	+1	18	+1
Нижний	10	-1	3	-1
Основной	20	0	6	0
Интервал	10		3	

Подвижность иглы распылителей определялась на приборах КИ-35478, КИ-3333 и ПУФ-3 ЦНИТА, которые проходили производственные испытания. На приборе КИ-3333 все распылители показали их соответствие техническим условиям. Для исследования были отобраны распылители исходя из результатов предварительных замеров и результатов проливки с параметрами:

- ход иглы от 0,2 мм до 0,32 мм;

- в направляющей части зазор распылителя от 1,0 до 5,0 мкм;
- эффективное проходное сечение от 0,28 мм² до 0,32 мм².

На стенде КИ-35478 (рис. 2) производились испытания и регулировка исследуемых форсунок дизелей.

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

Номер опыта	X	
	X_1	X_2
1	+1	+1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	-1	-1
5	+1	0
6	-1	+1
7	0	+1
8	0	-1
9	0	0

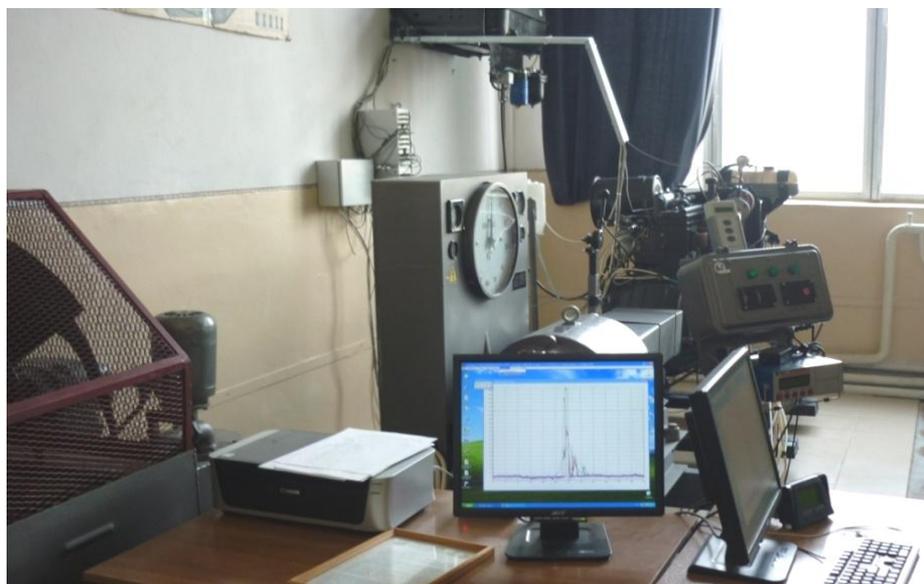


Рисунок 2. Стенд КИ-5543 для тормозных испытаний двигателей
Figure 2. Stand KI-5543 for brake testing of engines

Результаты исследования. Результаты исследования изменения эффективного проходного сечения модернизированных и серийных распылителей форсунок в зависимости от времени работы при стендовых ускоренных сравнительных износных испытаниях в условиях Кабардино-Балкарской Республики приведены в виде таблицы 3, 4 и на рисунке 3.

Из таблиц 3 и 4 видно, что качество распыливания, гидравлическая плотность всех распылителей практически не изменились.

Все распылители по данным, полученным прибором ПУФ-3 ЦНИТА, удовлетворяют по подвижности иглы техническим условиям.

Таблица 3. Таблица результатов регулировки форсунок (серийных)
Table 3. Table of results of adjustment of serial injectors

Показатели	Тип форсунки							
	К-1		К-2		К-3		К-4	
	до регулировки	после регулировки						
1. Давление начала впрыскивания, МПа	5	18	3	18	5	18	4	18
2. Герметичность по запирающему конусу, с	1	1	1,6	1,6	1,9	1,9	0,2	0,2
3. Наличие подтекания топлива на торце форсунки	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	небольшое	небольшое	отсутствует	отсутствует

Таблица 4. Таблица результатов регулировки форсунок (опытных)
Table 4. Table of results of adjustment experimental nozzles

Показатели	Тип форсунки									
	№1		№2		№3		№4		№5	
	до регулировки	после регулировки								
1. Давление начала впрыскивания, МПа	1	18	5	18	9	18	7	18	5	18
2. Герметичность по запирающему конусу, с	5,2	5,2	6	6	0,1	0,1	4,5	4,5	1,3	1,3
3. Наличие подтекания топлива на торце форсунки	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	сильное	сильное

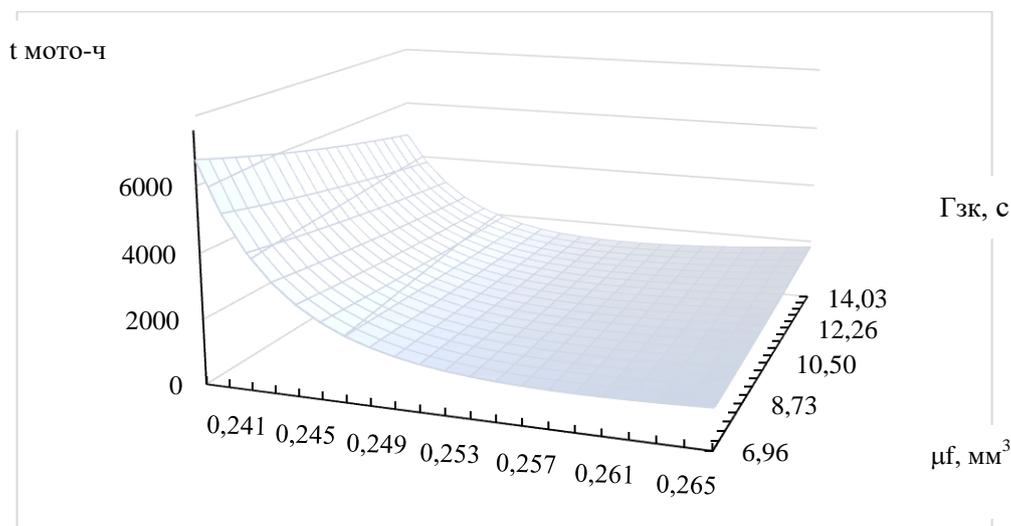


Рисунок 3. Изменение гидроплотности и эффективного проходного сечения в зависимости наработки
Figure 3. Changing the hydraulic density and effective flow section depending on the operating time

Вывод. Исследования показали, что форсунки выходят из строя, в основном, в результате снижения эффективного проходного сечения и потери герметичности запирающего конуса распылителя и заклинивания иглы в направляющей части распылителей форсунок.

Следовательно, работы, направленные на повышение стабильности топливоподачи и

надежности работы распылителей форсунок, имеют существенное значение в повышении эффективности использования дизелей.

Область применения результатов. Модернизированный распылитель форсунки повышает стабильность топливоподачи и рекомендуется использовать ремонтными предприятиями при обслуживании дизелей.

Список литературы:

1. Гурин Т. Ю. Повышение долговечности форсунок автотракторных дизелей модернизацией распылителей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. 15 с.
2. Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов: монография / Т. А. Лебедев, О. П. Наумов, Р. А. Магомедов, А. В. Захарин, П. А. Лебедев, Р. В. Павлюк. Ставрополь: Изд-во «АГРУС», 2015. 332 с. ISBN: 978-5-9596-1068-5. EDN: TERLQR
3. Шарифуллин С. Н. Повышение эксплуатационной надежности топливных насосов высокого давления автотракторных дизелей: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2009. 32 с.
4. Батыров В. И., Губжоков Х. Л., Болотков А. Л. Особенности работы дизеля в высокогорных условиях // Сельский механизатор. 2017. № 2. С. 31–32. EDN: ZDEDLX
5. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Зависимость параметров топливоподачи от давления в полости питания ТНВД // Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам XII Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2016». Ставрополь, 2016. С. 252–256. EDN: VQTJCH
6. Батыров В. И., Болотоков А. Л. Повышение надежности работы распылителя форсунки дизелей // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 3. С. 12–15.
7. Лебедев А. Т., Болотоков А. Л., Лебедев П. А. Повышение долговечности распылителей форсунок автотракторных дизелей // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 2(30). С. 34–37. EDN: UUNWOU
8. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotkov A.L. Improving the economy of diesel engines with the upgraded sprayer of the injector // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. Pp. 737–742. EDN: XFIBOQ
9. Батыров В. И., Губжоков Х. Л., Болотоков А. Л. Изменения параметров распыливающих отверстий форсунок автотракторных дизелей в эксплуатации // Молодёжный форум: технические и математические науки. Воронеж: Воронежский ГЛТУ, 2015. С. 83–85.
10. Пат. 2231673 Российская Федерация, МПК⁷ F02M 61/10. Распылитель дизельной форсунки / Ю. М. Хаширов, Х. У. Бугов, А. Л. Болотоков. заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. № 2001131630/06; заявл. 22.11.2001; опубл. 27.06.2004, Бюл. № 15.

References

1. Gurin T.Yu. *Povysheniye dolgovechnosti forsunok avtotraktornykh dizeley modernizatsiyey raspylitele* [Increasing the durability of automotive diesel injectors by modernizing nozzles]: *avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk.* Novosibirsk, 2010. 15 p. (In Russ.)
2. Lebedev T.A., Naumov O.P., Magomedov R.A., Zakharin A.V., Lebedev P.A., Pavlyuk R.V. *Nadezhnost' i effektivnost' mashinno-traktornogo agregata pri vypolnenii tekhnologicheskikh protsessov: monografiya* [Reliability and efficiency of a machine-tractor unit when performing technological processes: monograph]. Stavropol: Izd-vo "AGRUS", 2015. 332 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-9596-1068-5. EDN: TERLQR
3. Sharifullin S.N. *Povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti toplivnykh nasosov vysokogo davleniya avtotraktornykh dizeley* [Improving the operational reliability of high-pressure fuel pumps of automotive diesel engines]: *avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk.* Moscow, 2009. 32 p. (In Russ.)
4. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotkov A.L. Features of diesel engine operation in high-altitude conditions. *Selskiy mekhanizator*. 2017;(2):31–32. (In Russ.). EDN: ZDEDLX
5. Batyrov V.I., Koichev V.S., Bolotkov A.L. Dependence of fuel supply parameters on pressure in the feed cavity of the high pressure fuel pump. *Nauchno-tekhnicheskij progress v APK: problemy i perspektivy*:

sb. nauch. tr. po materialam KHII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiya, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki «Agrouniversal-2016» [Scientific and technological progress in the agro-industrial complex: problems and prospects: collection. scientific tr. based on materials from the XII International Scientific and Practical Conference, within the framework of the XVIII International Agro-Industrial Exhibition "Agrouniversal-2016"]. Stavropol, 2016. Pp. 252–256. (In Russ.). EDN: VQTJCH

6. Batyrov V.I., Bolotokov A.L. Improving the reliability of the diesel nozzle atomizer. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2012;(3):12–15.

7. Lebedev A.T., Bolotokov A.L., Lebedev P.A. Increase of durability of injector nozzles automotive diesel engines. *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2018;2(30):34–37. (In Russ.). EDN: UUNWOU

8. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotokov A.L. Improving the efficiency of diesel engines with an upgraded nozzle sprayer. *Scientific Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018;RJPBCS 9(6):737–742. EDN: XFIBOQ

9. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotokov A.L. Changes in parameters of spraying holes of injectors of automotive diesel engines in operation. *Molodozhnyy forum: tekhnicheskiye i matematicheskiye nauki* [Youth Forum: technical and mathematical sciences]. Voronezh: Voronezhskiy GLTU, 2015. Pp. 83–85. (In Russ.)

10. Pat. 2231673 Russian Federation, ICI⁷ F02M 61/10. Diesel injector atomizer. Yu.M. Khashirov, Kh.U. Bugov, A.L. Bolotokov. applicant and patent holder Kabardino-Balkarian State Agricultural Academy. No. 2001131630/06; appl. 22.11.2001; publ. 27.06.2004. Bulletin. No. 15. (In Russ.)

Сведения об авторах

Болотоков Анзор Леонидович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Агроинженерия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Губжиков Хусен Лелович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Агроинженерия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2981-5729

Information about the authors

Bolotokov Anzor Leonidovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Gubzhikov Husen Lelovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov, SPIN-code: 2981-5729

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

Authors contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 15.05.2024;
одобрена после рецензирования 03.06.2024;
принята к публикации 14.06.2024.

The article was submitted 15.05.2024;
approved after reviewing 03.06.2024;
accepted for publication 14.06.2024.

Научная статья
УДК 631.362.34
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-100-107

Теоретическое исследование рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки

Вячеслав Барасбиевич Дзуганов¹, Алий Халисович Габаев^{✉2}

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

¹dzuganovv55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-1733>

^{✉2}alii_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Аннотация. В данной работе приведены результаты теоретического исследования рабочего процесса катушечного высевающего аппарата зерновой сеялки. Целью исследования являлось установление степени влияния основных параметров катушки (размеров, частоты вращения, числа и форм ее желобков) высевающего аппарата зерновой сеялки на действительную толщину условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке. При установлении факторов, связанных с расчетом катушечного высевающего аппарата на высев заданных норм, учитываются условия работы посевного агрегата и агротехнические требования, предъявляемые к ней как к машине сельскохозяйственного назначения. Важное значение также имеют и характерные особенности посевного материала. По физико-механическим свойствам (форме, весу, геометрическим параметрам отдельных зерен, объемному весу, свойствам сыпучести) семенной материал может сильно отличаться и зависеть не только от вида и сорта культуры, но и от года сбора урожая, местности произрастания культуры, качества очистки и сортирования семенного материала. В результате проведенного исследования установлено, что с увеличением рабочей длины катушки толщина условного активного слоя семян увеличивается и, наоборот, с увеличением частоты вращения катушки толщина условного активного слоя уменьшается. При этом изменения происходят в незначительной степени.

Ключевые слова: сеялка, семенная коробка, желобок, опорное колесо, почва, семена, катушка, борозда, высев, частота, сопротивление, усилие

Для цитирования. Дзуганов В. Б., Габаев А. Х. Теоретическое исследование рабочего процесса высевающего аппарата зерновой сеялки // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 100–107. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-100-107

Original article

Theoretical study of the working process of the sowing apparatus of a grain seeder

Vyacheslav B. Dzuganov¹, Aliy Kh. Gabaev^{✉2}

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

¹dzuganovv55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-1733>

^{✉2}alii_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Abstract. This paper presents the results of a theoretical study of the working process of a reel seeding unit of a grain seeder. The purpose of the study was to establish the degree of influence of the main parameters of the reel (dimensions, rotation speed, number and shapes of its grooves) of the seeding unit of a grain seeder on the actual thickness of the conditional layer formed during the movement of seeds in an active flow. When establishing the factors associated with the calculation of the reel seeding unit for sowing specified norms, the operating conditions of the seeding unit and the agrotechnical requirements imposed on it as an agricultural machine are taken into account. The characteristic features of the seed material are also important. In terms of physical and mechanical properties (shape, weight, geometric parameters of individual grains, bulk density, flowability properties), seed material can vary greatly and depend not only on the type and variety of crop, but also on the year of harvest, the growing area of the crop, the quality of cleaning and sorting of seed material. As a result of the conducted research it was established that with the increase of the working length of the coil, the thickness of the conventional active layer of seeds increases and, conversely, with the increase of the frequency of rotation of the coil, the thickness of the conventional active layer decreases. In this case, the changes occur to an insignificant extent.

Keywords: seeder, seed box, groove, support wheel, soil, seeds, reel, furrow, sowing, frequency, resistance, force

For citation. Dzuganov V.B., Gabaev A.Kh. Theoretical study of the working process of the sowing apparatus of a grain seeder. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):100–107. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-100-107

Введение. По своим физико-механическим свойствам, таким как форма, вес, геометрические параметры отдельных зерен, объемный вес, свойства сыпучести, семенной материал может отличаться и зависит это не только от вида и сорта культуры, но и от площади питания. Соответственно, при выполнении этого агротехнического требования для засева единицы площади поля расходуется разное количество семян.

Для этих целей на зерновых сеялках используются катушечные высевальные аппараты, конструкции которых позволяют регулировать норму высева семян двумя способами: изменением желобчатой части (рабочей длины) катушки и частоты ее вращения. Заданную норму высева семян желательнее устанавливать изменением длины рабочей части катушки с возможно меньшей частотой ее вращения. Следует подчеркнуть, что с увеличением частоты вращения катушки ухудшается равномерность высева и повышается повреждаемость семян. Это влияет на урожайность возделываемой культуры. Частоту вращения катушки регулируют, изменяя передаточное отношение зубчатой или цепной передачи редуктора (механизма передач или коробки скоростей) [1, 2].

Рассматривая физико-механические свойства различных сельскохозяйственных культур, можно наблюдать значительную разницу

даже только по таким основным параметрам как средний вес 1000 зерен, геометрическим размерам, объему, а также по норме высева. И, соответственно, вопрос конструкции высевального аппарата, одинаково подходящего для посева таких семян, естественно, невыполним. Наука и практика решают данную задачу разработкой и выпуском специальных сеялок кукурузных, хлопковых и так далее, кардинально отличающихся по конструкции, а зачастую и по способу действия высевальных аппаратов от высевальных аппаратов, предназначенных для посева хлебных злаков [3].

Рассмотрим взаимодействие рабочей части катушки с потоком зерна. Если зазор между катушкой и дном корпуса достаточно велик, то этот слой может не распространяться до дна, то есть остаётся «мертвый» слой, как его назвал В. П. Горячкин.

Таким образом, семенной материал, находящийся в корпусе высевального аппарата можно условно разбить на следующие зоны, где:

- семена движутся под действием силы тяжести;
- семена, попавшие в желобки катушки, перемещаются принудительно вместе с ней;
- активный слой, движение семян вызывается силами внутреннего трения, которые создаются рёбрами катушки и передаются от одного слоя семян другому (рис. 1) [1].

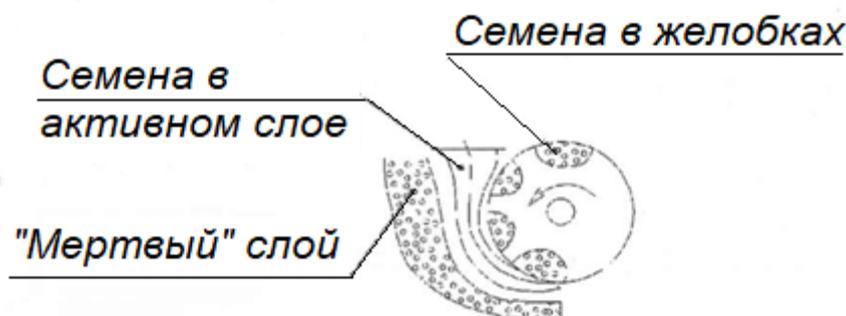


Рисунок 1. Схема рабочего процесса высева семян
Figure 1. Scheme of the seed sowing workflow

При настройке сеялки на норму высева требуется учитывать наличие активного слоя, который можно оценить по его толщине.

Условный активный слой S отличается от толщины действительного активного слоя S_0 , но при определенных условиях соотношение толщин этих слоев сохраняется постоянной. Таким образом, влияние на действительную толщину S_0 активного слоя конструктивных параметров катушки, таких как размеры, скорость вращения, число и форма ее желобков, можно наблюдать по изменению приведенной толщины S слоя.

Цель исследования – установление степени влияния основных параметров катушки (размеров, частоты вращения, числа и формы ее желобков) высевающего аппарата зерновой сеялки на действительную толщину условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении работы рассматривался высевающий аппарат катушечного типа для зерновой сеялки с использованием теории движения семенного материала в полости семенной коробки.

Норма высева семян зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах страны в зависимости от района, а также сорта культуры колеблется в довольно широких пределах, начиная от 60 кг/га в районах с мягким климатом и благоприятными условиями для развития и дальнейшего роста всходов до 140 кг/га для районов с менее комфортными почвенно-климатическими условиями, а в иных случаях возникает необходимость повышать норму высева вплоть до 170 кг/га.

В зависимости от ширины междурядий, при заданной норме высева семян рядовой зерновой сеялкой количество зерен на одном метре длины ряда меняется прямо пропорционально.

Результаты исследования. Рассмотрим возможность осуществления заданного количества высева V_0 на длину пути, равную длине окружности опорного колеса сеялки. Количество семян на длине борозды, равной длине окружности колеса сеялки, может различаться в зависимости от заданной нормы высева, вида и сорта культуры.

$$v_0 i = V_0, \quad (1)$$

где:

v_0 – скорость посевного агрегата;

i – передаточное отношение от приводного колеса к валу высевающего аппарата.

Из выражения (1) видно, что V_0 зависит от v_0 и i и, соответственно, V_0 может меняться за счет изменения каждого из этих параметров. К высевающим аппаратам, в которых изменение количества V_0 обеспечивается изменением v_0 при постоянном i , относятся высевающие аппараты со сдвигаемым типом катушек, которые позволяют менять рабочий объем катушки [3].

Сеялка, снабженная коробкой скоростей, позволяет небольшими ступенями изменять частоту вращения вала высевающих аппаратов в широких пределах. В конструктивном отношении данное устройство является решением задачи, но в то же время устройство усложняет конструкцию, снижает надежность и повышает стоимость посевной машины.

Рассмотрим более подробно высевающие аппараты со сдвигаемыми катушками как

наиболее распространенные для посева зерновых культур.

Прежде всего, отметим некоторые особенности в перемещении семенного материала за счет непосредственного воздействия на него со стороны вращающейся катушки. Как известно, при вращении катушка своими желобами перемещает по направлению вращения не только семена, находящиеся в желобках, но и определенный слой семенного материала, находящегося в непосредственной близости к ней. Этот слой семян толщиной C называется активным слоем. Если расстояние между катушкой и дном семенной коробки высевающего аппарата больше, чем толщина активного слоя, то между стенкой семенной коробки и активным слоем формируется неподвижный слой семенного материала, так называемый «мертвый слой» [4].

Исследования показывают, что семена, находящиеся непосредственно в желобках катушки, передвигаются со скоростью, равной окружной скорости катушки или близкой к ней за счет некоторого скольжения семенного материала по рабочей поверхности катушки, в зависимости от формы и размеров последнего.

В связи с тем, что при перемещении друг относительно друга между семенами возникает сила трения, которая задерживает их движение, слой семян, расположенный вне желобков катушки, продвигается с убывающей скоростью по толщине, достигая нуля на стыке слоев между активным и мертвым слоями.

Таким образом, при вращении катушка своими желобками создает область, в пределах которой семенной материал перемещается, образуя активный слой. Форма активного слоя близка к кольцеобразному потоку толщиной C_0 , которая почти постоянна в области ниже горизонтальной оси катушки [5, 6].

Применительно к семенам различных сельскохозяйственных культур толщину активного слоя C_0 , образующуюся при работе катушек различного размера и с различным числом желобков и различных форм исполнения, целесообразно рассматривать в условном выражении C , а именно в виде условного слоя, формирующегося при движении семян в активном потоке со скоростью $w_{кат}$, соответствующей окружной скорости катушки [7, 8].

Условный активный слой C отличается от толщины действительного активного слоя C_0 , но при определенных условиях соотношение толщин этих слоев сохраняется постоянной. Таким образом, влияние на действительную толщину C_0 активного слоя конструктивных параметров катушки, таких как размеры, скорость вращения, число и форма ее желобков, можно наблюдать по изменению приведенной толщины C слоя.

Чтобы подтвердить утверждение неизменности соотношения C/C_0 при определенных условиях, рассмотрим поперечное сечение активного слоя, проходящего через ось катушки высевающего аппарата, где поток принимает установившийся характер, то есть в этом месте семена из активного потока не переходят на сторону мертвого слоя и из последнего к активному слою не присоединяются новые семена. В этом случае через данное сечение и через любое другое последующее, распложенное ниже уровня оси катушки, будет проходить одинаковое количество семян или, другими словами, одинаковый объем семенного материала за единицу времени. Если L – рабочая длина катушки, w_{cp} – средняя скорость семян, то секундный объем семенного материала, проходящий через указанное сечение, можно определить по следующему выражению:

$$V = LC_0w_{cp}. \quad (2)$$

Такой же объем семенного материала проходит через сечение активного слоя приведенной толщины, то есть:

$$C: V = LCw_{кат}. \quad (3)$$

Таким образом, после некоторых преобразований получим:

$$C_{0w_{cp}} = Cw_{кат}. \quad (4)$$

Отсюда

$$\frac{C}{C_0} = \frac{w_{cp}}{w_{кат}}. \quad (5)$$

Очевидно, что соотношение C/C_0 будет постоянным при условии постоянства отношения скоростей $w_{cp}/w_{кат}$, а постоянство соотношения названных скоростей возможно в том случае, когда скорость w_{cp} сохранится в любом сечении установившегося потока.

Можно утверждать, что при сохранении распределения скоростей семян в различных сечениях потока выражение (5) не изменит своего значения, даже если толщина слоя в разных сечениях будет неодинакова [9, 10].

В самом деле, если допустить отсутствие скольжения семени по поверхности желобка, скорость семян будет равняться окружной скорости катушки. Для семян, расположенных на некотором расстоянии x (в радиальном направлении) от поверхности катушки, скорость будет меньше, и она будет уменьшаться по мере увеличения расстояния от поверхности катушки, а на расстоянии C_0 скорость семян равна нулю.

Таким образом, изменение скорости семян в поперечном сечении активного слоя можно будет выразить функцией:

$$w = f(x).$$

Функция $f(x)$ является убывающей и удовлетворяет следующему условию:

- 1) при $x=0$, $w=w_{кат}$;
- 2) при $x=C_0$, $w=0$.

Среднюю скорость семян w_{cp} можем определить из выражения:

$$w_{cp} = \frac{1}{C_0} \int_0^{C_0} f(x) dx. \quad (6)$$

Вид функции $f(x)$ неизвестен. Однако, если удастся опытным путем получить значения $w=w_1, w_2, \dots, w_n$ на соответствующих расстояниях $x=x_1, x_2, \dots, x_n$, то путем интерполяции всегда можно подобрать кривую $w=f_a(x)$, сколь угодно близко подходящую к точкам $(w_1, x_1), (w_2, x_2) \dots (w_n, x_n)$.

В этом случае подходит парабола m -го порядка:

$$w = w_{кат} \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m = f_a(x). \quad (7)$$

Данный порядок распределения скоростей в поперечных сечениях удовлетворяет приведенному выше условию, то есть для $x=0$; $w=w_{кат}$, а для $x=C_0$; $w=0$.

Показатель m – положительное число, которое не должно равняться нулю, и определяет характер распределения скоростей [11, 12].

Если, используя выражение (7), определить значение средней скорости w_{cp} по формуле (6), то выражение примет следующий вид:

$$w_{cp} = \frac{w_{кат}}{C_0} \int_0^{C_0} \left(1 - \frac{x}{C_0}\right)^m dx = \frac{w_{кат}}{m+1}. \quad (8)$$

Отсюда

$$\frac{w_{cp}}{w_{кат}} = \frac{1}{m+1} = \frac{C}{C_0}. \quad (9)$$

Таким образом, если в разных поперечных сечениях активного слоя семян характер распределения скоростей сохраняется, то есть сохраняется значение m , то, соответственно, сохраняется значение соотношения скоростей $w_{cp}/w_{кат}$ вне зависимости от действительной толщины активного слоя семян.

Если же характер распределения скоростей в различных сечениях установившейся части активного слоя оказывается существенно различным, что может быть оценено различными значениями m , то отношение $w_{cp}/w_{кат}$ также не сохранит постоянства.

Однако нет достаточных оснований предполагать, что в части установившегося потока характер распределения скоростей может существенно меняться от сечения к сечению; отклонения, если их удастся заметить, должны быть практически столь незначительны, что величина их может лежать в пределах точности измерений [13, 14].

На этом основании можно сделать вывод, что выражение (5) соответствует действительности.

Значение показателя m экспериментально нами не определялось, но из формулы (8) видно, что влияние на C_0 таких факторов, как параметры катушки, форма и число желобков, частота вращения катушки и так далее, исследуя изменения величины C , можно определить по объемному выходу семян из высевающего аппарата за один оборот катушки:

$$C = \frac{v_0 m}{L w_{кат} 60}, \quad (10)$$

где параметры v_0 , L и $w_{кат}$ могут быть получены путем непосредственных замеров.

В качестве иллюстрации к изложенному приведем данные, полученные опытным путем, выясняющие влияние на толщину активного слоя рабочей длины L и частоты вращения катушки.

На рисунке 2 видно характерное изменение приведенной толщины C активного слоя

семян ржи объемным весом $N=0,708 \text{ г/см}^3$ в зависимости от частоты вращения катушки и ее рабочей длины L . С увеличением рабочей длины L катушки толщина активного слоя

увеличивается, причем это увеличение крайне незначительно, с уменьшением частоты вращения катушки – толщина активного слоя незначительно уменьшается.

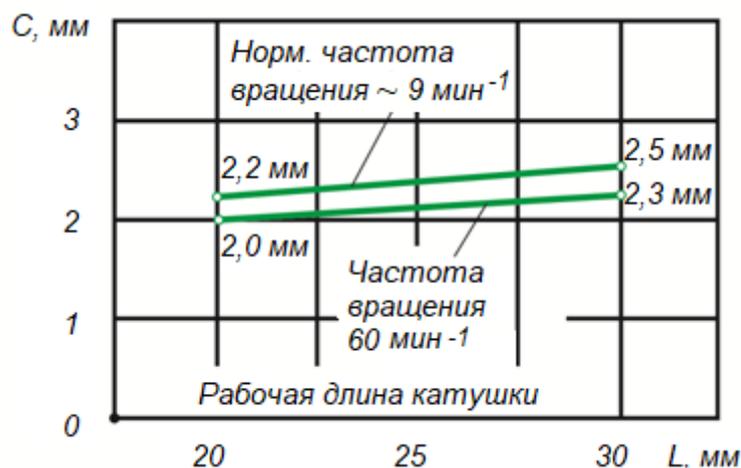


Рисунок 2. Толщина C приведенного слоя ржи для катушечного высевального аппарата
Figure 2. Thickness C of the reduced layer of rye for a bobbin sowing machine

Таким образом, если увеличить частоту вращения катушки в 7 раз, то C снижается на 1/10, а увеличение L на 50% увеличивает C на 10%.

Частота вращения катушки оказывает незначительное влияние на величину ее рабочего объема.

Несомненно, что величина C для разных видов семян будет различной и, кроме того, эта величина будет зависеть также и от некоторых конструктивных форм деталей и размеров высевального аппарата, его катушки и геометрических размеров семенной коробки.

Выводы. 1. Преимущество сдвигаемых катушек заключается в удобстве регулирования количества высеваемых семян и в простоте приспособлений, применяемых для этой цели. Аппараты с несдвигаемыми катушками имеют возможность регулирования нормы высева за счет изменения частоты вращения

катушки или смены катушек с желобками одного размера или вида на другие. В этом отношении высевальные аппараты с несдвигаемыми катушками менее удобны и требуют более сложных манипуляций при регулировании высевального аппарата на заданную норму высева.

2. В результате проведенного исследования установлено, что с увеличением рабочей длины катушки толщина условного активного слоя семян увеличивается и, наоборот, с увеличением частоты вращения катушки толщина условного активного слоя уменьшается. При этом изменения происходят в незначительной степени.

При увеличении длины катушки на 50% толщина условного активного слоя для ржи увеличивается на 10%, а увеличение частоты вращения в 7 раз уменьшает толщину условного активного слоя на 1/10.

Список литературы

1. Кленин Н. И., Саун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1994. 751 с.
2. Халанский В. М., Горбачев И. В. Сельскохозяйственные машины : учебник для студентов вузов по агрономическим специальностям. Санкт-Петербург: ООО «Квадро», 2014. 624 с. EDN: YSKGZL
3. Матущенко А. Е., Сарксян М. Д. Агротехнические требования и оценка работы сеялок для пропашных культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4(102). С. 152–158. EDN: REHDLP

4. Филатов М. И., Большаков Е. В., Абдокаева А. Ф. Значение адаптивных рабочих органов в реализации адаптивно-ландшафтного земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3(101). С. 116–121. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-101-3-116-121. EDN: ACFCLK
5. Габаев А. Х. Исследование различных типов катушек высевальных аппаратов на равномерность подачи зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (207). С. 118–121. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-95-99. EDN: LTLWLB
6. Габаев А. Х. Влияние различных факторов на норму высева катушечным высевальным аппаратом // Известия Оренбургского государственного университета. 2022. № 5(97). С. 118–121. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-118-121. EDN: WLZWPH
7. Габаев А. Х. Исследование высевальных аппаратов зерновых сеялок на равномерность высева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 5(91). С. 100–104. EDN: RJRRCA
8. Каскулов М. Х., Габаев А. Х. Теоретическое исследование процесса высева и заделки семян в почву посевной секцией сеялки с магнитным высевальным аппаратом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2013. № 2(2). С. 77–82. EDN: SHVJLL
9. Кравченко И. Н., Зорин В. А., Пучин Е. А. Основы надежности машин. Ч. II. Москва: Изд-во ВТУ при Федеральном агентстве специального строительства, 2006. 260 с.
10. Хахов М. А., Каскулов М. Х. Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины // Известия КБНЦ РАН. 2003. № 1(9). С. 31–34.
11. Горячкин В. П., Гранвуане А. Х. Теоретическое обоснование сеялок-культиваторов. Москва: Колос, 1986. 358 с.
12. Пат. 2511237 С1, Российская Федерация, МПК А01С 7/00, А01С 7/20. Устройство для посева семян зерновых культур / М. Х. Каскулов, А. Х. Габаев, А. К. Апажев, И. А. Атамурзаев, Ш. М. Гаев, А. Ш. Тешев, В. Х. Мишхожев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарская ГСХА». № 2012153090/13; заявл. 07.12.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10
13. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М. Модернизация зерновой сеялки для работы в условиях повышенной влажности почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3(43). С. 238–245. EDN: WWHGIT
14. Апажев А. К., Шогенов Ю. Х., Шекихачев Ю. А. Исследование процесса работы устройства для высева семян разбросным способом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2 (40). С. 76–83. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-76-83. EDN: SRTZMO

References

1. Klenin N.I., Sakun V.A. *Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny* [Agricultural and melioration machines]. Moscow: Kolos, 1994. 751 p. (In Russ.)
2. Khalansky V.M., Gorbachev I.V. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny: uchebnyk dlya studentov vuzov po agronomicheskim spetsial'nostyam* [Agricultural machines: a textbook for university students majoring in agronomy]. Saint Petersburg: OOO Quadro, 2014. 624 p. (In Russ.). EDN: YSKGZL
3. Matushchenko A.E., Sarksyun M.D. Agrotechnical requirements and assessment of the performance of seeders for row crops. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;4(102):152–158. (In Russ.). EDN: REHDLP
4. Filatov M.I., Bolshakov E.V., Abdyukaeva A.F. The value of adaptive working bodies in the implementation of adaptive landscape agriculture. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;3(101):116–121. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2023-101-3-116-121. EDN: ACFCLK
5. Gabaev A.Kh. Study of different types of seed-wheels for uniform grain feeding. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2022;1(207):118–121. (In Russ.). DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-95-99. EDN: LTLWLB
6. Gabaev A.Kh. Influence of various factors on the seeding rate of the coil sowing machine. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;5(97):118–121. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-118-121. EDN: WLZWPH
7. Gabaev A.Kh. Study of seeding machines of grain seeders on the uniformity of seeding. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;5(91):100–104. (In Russ.). EDN: RJRRCA
8. Kaskulov M.Kh., Gabaev A.Kh. Theoretical researches of planting and seeding processes of the sowing section of seeding-machine with magnetic sowing element. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2013;2(2):77–82. (In Russ.). EDN: SHVJLL

9. Kravchenko I.N., Zorin V.A., Puchin E.A. *Osnovy nadezhnosti mashin. Ch. II.* [Fundamentals of machine reliability. Part II]. Moscow: Izd-vo VTU pri Federal'nom agentstve spetsial'nogo stroitel'stva, 2006. 260 p.
10. Khahov M.A., Kaskulov M.Kh. Investigation of the operation process of the ribbed rollers of the sowing machine. *News of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS.* 2003;1(9):31–34. (In Russ.)
11. Goryachkin V.P. Granvoine A.Kh. *Teoreticheskoye obosnovaniye seyalok-kul'tivatorov* [Theoretical justification of seeders-cultivators]. Moscow: Kolos, 1986. 358 p. (In Russ.)
12. Pat. 2511237 C1 Russian Federation, Int. Cl. A01C 7/00, A01C 7/20. Device for planting grain crop seeds. M.Kh. Kaskulov, A.Kh. Gabaev, A.K. Apazhev, I.A. Atmurzaev, Sh.M. Gaev, A.Sh. Teshev, V.Kh. Mishkhozhev; applicant and patent holder of the Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie Vysshego professional'nogo obrazovaniya Kabardino-Balkarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozhajstvennaya akademiya imeni V.M. Kokova. No. 2012153090/13; appl. 07.12.2012; publ. 10.04.2014, Bull. No.10. (In Russ.)
13. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Modernization of a grain seeder for operation in conditions of high soil moisture. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education.* 2016;3(43):238–245. (In Russ.). EDN: WWHGIT
14. Apazhev A.K., Shogenov Y.Kh., Shekikhachev Y.A. Study of the operating process of a device for sowing seeds in a scattered way. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;2(40):76–83. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-76-83. EDN: SRTZMO

Сведения об авторах

Дзуганов Вячеслав Барасбиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3358-4604, Scopus ID: 57219486929

Габаев Алий Халисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1264-0376

Information about the authors

Vyacheslav B. Dzuganov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3358-4604, Scopus ID: 57219486929

Aliy Kh. Gabaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1264-0376

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 18.07.2024;
одобрена после рецензирования 02.08.2024;
принята к публикации 12.08.2024.*

*The article was submitted 18.07.2024;
approved after reviewing 02.08.2024;
accepted for publication 12.08.2024.*

Научная статья
УДК 620.91:624.92
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-108-114

Повышение энергоэффективности электропривода энергетических средств

Аслан Анатольевич Кумахов^{✉1}, Амур Григорьевич Фиапшев²,
Залимхан Русланович Кудяев³, Саид Хасанович Кушаев⁴

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

¹kumahov071@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4760-3496>

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

³zalimhan007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7446-4583>

⁴kushaev1969@mail.ru

Аннотация. Повышение цен на коммунальные услуги в России происходит каждый год, поэтому в современном обществе, так же как в производственной сфере, экономия является главным показателем успешного развития. В связи с этим эффективное использование электроэнергии является одним из важных показателей, так как она является одной из дорогих ресурсов и может привести к серьезным затратам. Производственные предприятия всеми силами стараются уменьшить свои расходы на электроэнергию, стараются следить за всеми сберегающими нововведениями и применять их в своей деятельности. Предприятия вынуждены экономить на электроэнергии, иначе им на конкурентном рынке не выжить. Существует большое количество путей для экономии электроэнергии, однако не все они эффективны. Предприятие устанавливает жесткие требования контроля над режимом горения осветительных приборов во всем здании, устанавливает приборы автоматического отключения, постоянно обновляет установленное оборудование. Предприятия, в основном, используют одни и те же технологии для экономии электроэнергии. Рассмотрены подробно некоторые из них и выявлено какие из них являются действительно эффективными и могут экономить электроэнергию, сохраняя деятельность организации на высоком уровне. Некоторые предприятия используют прямую экономию электрической энергии, что приводит к уменьшению расходов за счет использования оборудования, которое использует энергию меньше, чем альтернативное. Установка такого оборудования может осуществляться только при имеющихся данных энергопотребления. Для выявления этих данных на производстве устанавливают специальную автоматизированную информационно-измерительную систему. Энергоэффективность электроприводов энергетических средств малых предприятий будет существенно отличаться от масштабных производств. Поэтому выбор каждого электропривода должен быть индивидуальным.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроэнергия, электропривод, экономия энергии, автоматизированные системы, осветительные приборы, преобразователи частоты

Для цитирования. Кумахов А. А., Фиапшев А. Г., Кудяев З. Р., Кушаев С. Х. Повышение энергоэффективности электропривода энергетических средств // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова, 2024. № 3(45). С. 108–114. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-108-114

Original article

Improving the energy efficiency of the electric drive of energy facilities

Aslan A. Kumakhov^{✉1}, Amur G. Fiapshv², Zalimkhan R. Kudaev³, Said Kh. Kushaev⁴

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

¹kumahov071@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4760-3496>

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

³zalimhan007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7446-4583>

⁴kushaev1969@mail.ru

Abstract. An increase in prices for utility services in Russia occurs every year, therefore, in modern society, as well as in the production sector, savings are the main indicator of successful development. In this regard, the efficient use of electricity is one of the important indicators, since it is one of the most expensive resources and can lead to serious costs. Manufacturing enterprises are trying their best to reduce their energy costs, trying to monitor all saving innovations and apply them in their activities. Enterprises are forced to save on electricity; otherwise they simply cannot survive in a competitive market. There is a huge number of ways to save energy, but not all of them are effective. The company sets strict requirements for controlling the combustion mode of lighting fixtures throughout the building, installs automatic shutdown devices, and constantly updates installed equipment. Businesses largely use the same technologies to save energy. Some of them are examined in detail and it is revealed which of them are truly effective and can save energy while maintaining the organization's activities at a high level. Some businesses take advantage of direct energy savings, which results in lower costs by using equipment that uses less energy than alternatives. Installation of such equipment can only be carried out if energy consumption data is available. To identify this data, a special automated information and measurement system is installed in production. The energy efficiency of electric drives of energy equipment of small enterprises will differ significantly from large-scale production. Therefore, the choice of each electric drive must be individual.

Keywords: energy efficiency, electric power, electric drive, energy saving, automated systems, lighting devices, frequency converters

For citation. Kumakhov A.A., Fiapshev A.G., Kudaev Z.R., Kushaev S.Kh. Improving the energy efficiency of the electric drive of energy facilities. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):108–114. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-108-114

Введение. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета энергоресурсов (АИИС КУЭ) обязательно должна быть сертифицирована по требованиям рынка электроэнергии, только после сертификации она может быть использована как расчетная и принимать участие в торговых рынках. АИИС КУЭ могут использовать, как организации, так и посредники. Такая прямая покупка электрической энергии ведет к снижению затрат поставщиков и использование ее по более низкой цене. В таком случае предприятие не платит комиссионные проценты, которые включены в тарифы электроэнергии при использовании данной системы, предприятие имеет возможность выбирать поставщиков, повышая конкуренцию на рынке сбыта. Повысить экономию можно и за счет перераспределения потребленной энергии в рабочее время. Все организации имеют одинаковые показатели использования электрической энергии в течение суток, что заставляет их контролировать мощность подаваемого топлива [1–5].

Автоматизированная информационно-измерительная система технического учета энергоресурсов (АИИС ТУЭ) призвана по-

мочь предприятию перераспределять нагрузку из основного времени, когда тарифы высоки, на ночное, когда цена имеет наименьшие показатели. Систему используют большие предприятия, имеющие мощные потребители энергии. При установке АИИС ТУЭ предприятие имеет возможность выбрать оптимальный для них тариф. При соблюдении всех показателей системы можно сократить общие затраты на электроэнергию. Оптимальным считается объединение коммерческого учета с техническим и построение двухфакторной системы, способствующей упрощению его внедрения и технического обслуживания [6–9].

Цель исследования – повышение энергоэффективности электропривода энергетических средств путем разработки автоматизированной информационно-измерительной системы по учету энергетических ресурсов.

Материалы, методы и объекты исследования. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии представляет собой систему, состоящую из первичных измерительных преобразователей – микропроцессорных счетчиков электроэнергии с цифровым интерфейсом, устройств сбора и пере-

дачи данных (УСПД) информационно-вычислительного комплекса электроустановки (ИВКЭ), средств связи и информационно-вычислительного комплекса автоматизированной информационно-измерительной системы учета электроэнергии. Счетчики электрической энергии с цифровыми выходами (интерфейс RS485) производят измерения и вычисления потребленной активной и реактивной энергии и мощности. Интервал времени усреднения мощности для коммерческого учета установлен равным 30 минутам. Счетчики автоматически записывают в память измеренные величины (приращения активной и реактивной электроэнергии) на глубину не менее 35 сут. для 30 минутных архивов.

Передача информации со счетчиков ИИК в УСПД ИВКЭ осуществляется по запросу УСПД в цифровом виде по интерфейсам RS-485 и Ethernet. Сбор данных на объектах учета обеспечивает УСПД – специализированный контроллер, который входит в состав информационно-вычислительного комплекса электроустановки, предназначенного для обработки и хранения информации коммерческого учета электроэнергии и мощности, а также для передачи данной информации в ИВК. Передача информации из УСПД (устройств сбора и передачи данных) в сервер ИВК осуществляется по запросу ИВК в цифровом виде в среде Ethernet. ИВК предназначен для получения информации из ИВКЭ, обработки и хранения информации о потребленной электроэнергии и мощности, формирования учетно-отчетных документов, обеспечения регламентированного доступа к накопленной и оперативной информации всем локальным пользователям системы [10–11].

Для единства измерений в АИИСКУЭ используется система обеспечения единого времени. СОЕВ (система обеспечения единого времени) выполняет функцию измерения времени и обеспечивает синхронизацию времени на всех уровнях АИИСКУЭ. Передача отчетно-учетной информации коммерческого учета с уровня ИВК АИИСКУЭ во внешние информационные системы организуется в формате макетов XML с формированием электронно-цифровой подписи (ЭЦП). Передача осуществляется средствами электронной почты по сети Интернет с ис-

пользованием по каналам двух независимых провайдеров сети Интернет (основной и резервный каналы связи). Информационное взаимодействие между автоматизированными рабочими местами и сервером АИИСКУЭ организуется по локальной вычислительной сети предприятия с использованием стека протоколов TCP/IP. 16 БР.44.03.04.123.2018. При выходе из строя технических средств, обеспечивающих автоматический сбор показаний от электросчетчиков (повреждение кабельной инфраструктуры, УСПД), сбор данных от электросчетчиков производится методом непосредственного считывания показаний с оптопортов счетчиков с использованием ноутбука и оптической головки с последующей записью в базу данных АИИСКУЭ.

Рост количества электроприводов на производстве объясняется тем, что данные приборы позволяют повышать уровень энергоэффективности в здании. При использовании электроприводов наблюдается снижение расхода энергии на обычных двигателях.

Результаты исследования. Развитие рынка энергосберегающих устройств позволяет выпускать дешевые, но при этом эффективные, быстродействующие и надежные показатели частот, что обуславливает применение ручных электроприводов. Данный тип позволяет экономить электрическую энергию за счет возможности подсчета использованной энергии и совершенствования механизма работы системы. Устройство можно контролировать при помощи компьютера, синхронизируя их работу, а также анализируя его деятельность.

Главным плюсом преобразователей является их простота в использовании. Лицо, внедряющее преобразователь, может самостоятельно решить, какой механизм – автоматизированный или ручной он хочет. То есть, проводится примерный расчет, позволяющий понять, какой путь поможет повысить показатели производительности и в каком случае можно сэкономить на трудовых ресурсах. Настройки электропривода достаточно понятны и легки. Существует программное обеспечение, в котором поэтапно описываются настройки, существуют сетевые режимы, которые призваны повысить уровень конкурентоспособности производимых устройств.

Для энергоэффективного применения любого вида двигателя, особенно асинхронного, на современном этапе разрабатываются магнитные и электропроводящие материалы, позволяющие повысить показатели полезности их действия. Обусловлено это тем, что требования к работе двигателей были ужесточены.

При осуществлении энергосберегающего алгоритма возникает проблема снижения перегрузочной способности двигателя при уменьшении напряжения питания. Система управления должна восстанавливать магнитный поток при механическом возмущении, т. е. реагировать на увеличение тока. Критический момент в данном случае пропорционален квадрату напряжения и может быть рассчитан по формуле:

$$M_k = \frac{3U_1^2}{2w_0 \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + w_{0s}^2 (L_1 + L_2)} \right]}$$

где:

U_1 – действующее значение напряжения, приложенного к электродвигателю;

w_0 – угловая скорость электродвигателя, которая при расчете электромагнитного момента M дает результат $M=M_c$ (M_c – момент нагрузки);

R_1 – сопротивление материала статора;

w_{0s} – угловая скорость электродвигателя;

L_1 – индуктивность статора;

L_2 – индуктивность ротора.

Таким образом, наиболее приемлемым методом оптимизации энергопотребления для преобразователей со скалярным управлением следует признать метод минимизации потребляемой мощности.

При увеличении коэффициента полезного действия, следует учесть, что к каждому виду двигателей поставлены определенные проценты, на которые необходимо их повысить. Примером такого увеличения может служить самый простой двигатель малой мощности, который при использовании современных материалов повысил свою полезность относительно устаревших приборов почти на десять процентов. Следует отметить, что на производстве двигатели используются лишь на 70% от своей возможной мощности.

Внедрение данных типов электродвигателей позволит сэкономить более сорока процентов затрат на потребление энергии. Также экономия будет и в сроках эксплуатации, они могут

прослужить почти на половину больше обычного, при сроке использования до трех лет.

Возможность улучшения показателей коэффициента полезного действия позволяет автоматически уменьшать потери от нагрева двигателя, что обеспечивает сокращение времени работы узлов двигателя и снижение расходов на эксплуатацию. Также снижается шумовой уровень за счет менее шумных вентиляторов.

Еще один вид электроприводов – это системы, обеспечивающие водоснабжение, теплоизоляцию и вентиляцию. Они действуют циклично при изменении нагрузки на протяжении дня.

Преимущество данного электропривода состоит в возможности ее регулирования, исходя из потребляемой мощности за определенный период времени.

Для достижения этой цели механизм регулируется преобразователем частоты. Он меняет отношение подаваемых в двигатель напряжений и частоты питания, заставляя двигатель потреблять ровно столько мощности, сколько необходимо для полной нагрузки. Менять подаваемое напряжение можно как вручную, при помощи пульта управления, так и автоматически, с помощью датчиков давления и расхода. Для безопасного включения мощностей и напряжений необходимо, чтобы датчик имел панель управления, регуляторы, защиту от внешних температур, защиту от перенапряжений. Соответствие датчика вышеперечисленным критериям позволит сделать его более доступным и понятным.

При таких датчиках электрическая энергия экономится на 70% больше, чем в устаревших датчиках, при этом сокращается расход на тепло и воду.

Некоторые производства используют свойства дополнительной электроэнергии. Для этого они настраивают датчик так, что датчик работает на большой сектор, а изменения зависят от нагрузки и скорости.

Все электрические двигатели имеют свои плюсы и минусы. Каждый из них может использоваться на производстве при соблюдении современных требований экономии энергетических ресурсов. Однако на пользование электроприводами влияние оказывает и их стоимость. Покупатель хочет при минимальной цене получить качественный и эконо-

мичный прибор. В последние годы часто можно услышать мнение о нецелесообразности покупки неавтоматизированного оборудования.

Доказательством данной теории могут послужить следующие преимущества автоматизированного оборудования:

- производство приобретает новые линии энергетической эффективности;
- экономия в сфере энергетики повышается за счет циклических режимов двигателей;
- срок службы двигателей возрастает почти в полтора раза, что позволяет решать задачи, не перегружая при этом электрические линии;
- возможность ведения учета данных от сети управления электропривода с помощью компьютера и анализ для последующей деятельности;
- простота в использовании всей новой техники, позволяющая приспособиться к ним всем работникам;
- возможность управления оборудованием удаленно.

Реализация всех этих преимуществ не требует особых усилий, если начать использовать системы автоматизированных электроприводов.

Нельзя не отметить, что запуск электропривода может быть плавным за счет ускоряющего управления регулятором скорости

подачи электричества, а также за счет определения точечных позиций для перегрузов. Это даст возможность работать сразу с несколькими двигателями одновременно, сокращая рабочее время.

Область применения. Результаты исследования рекомендуется применить в области энерго- и ресурсосбережения.

Выводы. При установке АИИС ТУЭ предприятие имеет возможность выбрать оптимальный для них тариф. При соблюдении всех показателей системы можно снизить общие затраты на электроэнергию, в том числе энергопотери на применяемые виды электропривода.

Каждый вид электропривода имеет свои особенности. При применении любой из этих систем следует учитывать объемы производственной деятельности, площадь здания и, конечно же, экономию, которую организация перед собой ставит. Энергоэффективность электроприводов энергетических средств малых предприятия будет существенно отличаться от масштабных производств. Поэтому выбор каждого электропривода должен быть индивидуальным, только при соблюдении заданных параметров и реализации целей по экономии электроэнергии можно рассчитывать на ведущие позиции на конкурентном рынке.

Список литературы

1. Чапаев А. Б., Бозиева Ю. Г. Способы реализации мероприятий по энергосбережению с применением энергосервисных договоров // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Том 7. № 5. С. 25. DOI: 10.15862/213TVN515. EDN: VJKRJD
2. Чапаев А. Б. Пути повышения энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов // Символ науки. 2015. № 11. С. 62.
3. Юров А. И., Фиапшев А. Г., Кильчукова О. Х. Ресурсосбережение и экология – стимул экономического роста и основа безопасности жизнедеятельности региона // Вестник АПК Старополя. 2014. № 3(15). С. 81–86. EDN: SZBVJP
4. Фиапшев А. Г., Кильчукова О. Х., Юров А. И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе // Вестник ВИЭСХ. 2014. № 4(17). С. 16–19. EDN: TGITCP
5. Фиапшев А. Г., Хамоков М. М., Кильчукова О. Х. Проблемы энергоснабжения предприятий КБР // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 63–68.
6. Чапаев А. Б., Кареев Х. М., Сохроков А. М. Метод тепловизионного контроля как способ повышения энергоэффективности и энергетической безопасности // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2017. № 6(63). С. 32–35. EDN: YSPEYE
7. Бадьин Г. М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. Москва, 2011. С. 17–21.
8. Бродач М. М., Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. Санкт-Петербург: Питер, 2015. С. 43.

9. Технологии строительства пассивного энергосберегающего дома. URL: <http://proekt-sam.ru/proektdoma/passivnyj-dom-principy-i-tekhnologii-stroitelstva.html>.

10. Кудяев З. Р., Кумахов А. А. К вопросу энерго- и ресурсосбережения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 4(34). С. 45–52. EDN: ZVCAPQ

11. Кудяев З. Р., Кумахов А. А., Фиапшев А. Г., Кильчукова О. Х., Кумахова Д. А. «Пассивный дом» как технология энергосберегающего строительства // International agricultural journal. Том. 64. № 5. 2021. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10379. EDN: TVLMQI

References

1. Чапаев А.В., Bozieva Yu.G. methods of implementation of measures for energy conservation with energy service contracts. *On-line Journal «Naukovedenie»*. 2015;7№5:25. (In Russ.). DOI: 10.15862/213TVN515. EDN: VJKRJD

2. Чапаев А.В. Ways to increase the energy efficiency of using fuel and energy resources. *Symbol of science*. 2015;(11):62.

3. Yurov A.I., Fiapshev A.G., Kilchukova O.Kh. Resursosberezhenie i ekologiya – stimul ekonomicheskogo rosta i osnova bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti regiona. *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2014;3(15):81–86. (In Russ.). EDN: SZBVJP

4. Fiapshev A.G., Kilchukova O.Kh., Yurov A.I. Alternative energy in the North Caucasus. *Vestnik VIESKh*. 2014;4(17):16–19. (In Russ.). EDN: TGITCP

5. Fiapshev A.G., Khamokov M.M., Kilchukova O.Kh. Problems of energy support of the enterprises of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;1 27):63–68. (In Russ.)

6. Чапаев А.В., Каззев Х.М., Сохроков А.М. A method of nondestructive testing as a way to increase energy efficiency and energy safety. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*. 2017;6(63):32–35. (In Russ.). EDN: YSPEYE

7. Badin G.M. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya maloetazhnogo energoeffektivnogo doma* [Construction and reconstruction of a low-rise energy-efficient building]. Moscow, 2011. P. 17–21. (In Russ.)

8. Brodach M.M., Tabunshchikov Yu.A., Shilkin N.V. *Energoeffektivnyye zdaniya* [Energy efficient buildings]. Saint Petersburg: Piter, 2015. P. 43. (In Russ.)

9. *Tekhnologii stroitel'stva passivnogo energosberegayushchego doma* [Technologies for constructing a passive energy-saving house]. URL: <http://proekt-sam.ru/proektdoma/passivnyj-dom-principy-i-tekhnologii-stroitelstva.html>. (In Russ.)

10. Kudaev Z.R., Kumakhov A.A. On the issue of energy and resource conservation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;4(34):45–52. (In Russ.). EDN: ZVCAPQ

11. Kudaev Z.R., Kumakhov A.A., Fiapshev A.G., Kilchukova O.Kh., Kumakhova D.A. "Passive house" as an energy-saving construction technology. *International agricultural journal*. 2021;64(5). DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10379. (In Russ.). EDN: TVLMQI

Сведения об авторах

Кумахов Аслан Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8661-7780

Фиапшев Амур Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Кудаев Залимхан Русланович – старший преподаватель кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5253-0367, Scopus ID: 57214223435

Кушаев Саид Хасанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4154-6929

Information about the authors

Aslan A. Kumakhov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8661-7780

Amur G. Fiapshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Zalimkhan R. Kudaev – Senior Lecturer, Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5253-0367, Scopus ID: 57214223435

Said Kh. Kushaev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4154-6929

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 15.05.2024;
одобрена после рецензирования 31.05.2024;
принята к публикации 10.06.2024.*

*The article was submitted 15.05.2024;
approved after reviewing 31.05.2024;
accepted for publication 10.06.2024.*

Пищевые системы

Food Systems

Научная статья

УДК 664.653.124

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-115-122

**Исследование вязкости эмульсии для производства
дрожжевого теста****Анна Тимофеевна Васюкова^{✉1}, Ирина Урузмаговна Кусова²,
Александр Владимирович Мошкин³, Элла Олеговна Герасимова⁴**

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, Москва, Россия, 125080

^{✉1}vasyukova-at@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>²kusovaiu@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>³aldahaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>⁴angerelin@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-2714-4306>

Аннотация. В статье рассмотрена проблема повышения качества дрожжевого теста, приготовленного безопасным способом, путем введения эмульсионных продуктов, предварительно подготовленных нужной консистенции и составных компонентов. Объектами исследования были яично-молочные, яично-молочно-сахарные смеси различной концентрации. В процессе выполнения работы использовались органолептические, реологические, физико-химические и статистические методы. Проведены исследования по выявлению влияния концентрации белка, отдельных составных компонентов яйца и, в частности, желтка в бинарной системе с молоком на плотность пищевой системы. Исследуемые яично-молочные массы были использованы для обоснования процесса их эмульгирования и взаимодействия со структурой дрожжевого теста. Бинарная композиция желтка или целого яйца (белок и желток) с молоком или молоком и сахаром подвергалась интенсивному перемешиванию, в результате чего получена эмульсия различной вязкости. Выявлены оптимальные концентрации составных компонентов эмульсии – яично-молочная смесь без сахара 12:70; желток, молоко и сахар 8:74:15; яично-молочная смесь с сахаром 7:38:15. Установлена динамика изменения вязкости эмульсии. При изменении температуры на 1°C вязкость изменяется на 0,02, а при изменении на 25°C, т. е. до критической температуры раствора (75°C) его вязкость изменится на 0,72, а не 0,50; т. е. для бинарных смесей (желток – молоко) наблюдается зависимость от свойств составных компонентов эмульсии. С изменением состава эмульсии (целое яйцо или отдельно его желток) увеличение вязкости осуществляется уже при более низкой температуре – от 50 до 62°C, что в результате приведет к денатурации белка, которая происходит в интервале температур между 58 и 80°C, а желтка – в гораздо более узком диапазоне – 63-70°C. Поэтому при температуре 75°C наблюдается денатурация смеси желтка и белка, т. е. критическая температура для вязкости смеси.

Ключевые слова: эмульсия, дрожжевое тесто, рецептура, вязкость жидкости, белковые растворы, бинарные смеси

Для цитирования. Васюкова А. Т., Кусова И. У., Мошкин А. В., Герасимова Э. О. Исследование вязкости эмульсии для производства дрожжевого теста // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 115–122.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-115-122

Original article

Study of emulsion viscosity for the production of yeast dough

Anna T. Vasyukova^{✉1}, Irina U. Kusova², Alexander V. Moshkin³, Ella O. Gerasimova⁴

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 11 Volokolamskoye Shosse, Moscow, Russia, 125080

¹vasyukova-at@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

²kusovaiu@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>

³aldahaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

⁴angerelin@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-2714-4306>

Abstract. The article considers the problem of improving the quality of yeast dough prepared in a safe way by introducing emulsion products, pre-prepared with the required consistency and components. The objects of the study were egg-milk, egg-milk-sugar mixtures of various concentrations. In the process of performing the work, organoleptic, rheological, physicochemical and statistical methods were used. The studies were conducted to identify the effect of the concentration of egg protein, individual components of the egg, and, in particular, the yolk in a binary system with milk, on the density of the food system. The studied egg-milk masses were used to substantiate the process of their emulsification and interaction with the structure of yeast dough. The binary composition of the yolk or whole egg (protein and yolk) with milk or milk and sugar was subjected to intensive mixing, as a result of which an emulsion of varying viscosity was obtained. The optimal concentrations of the constituent components of the emulsion were revealed - egg-milk mixture without sugar 12:70; yolk, milk and sugar 8:74:15; egg-milk mixture with sugar 7:38:15. The dynamics of change in emulsion viscosity was established. With a temperature change of 1°C, the viscosity changes by 0.02, and with a change of 25 °C, i.e. up to the critical temperature of the solution (75°C), its viscosity will change by 0.72, not 0.50; i.e. for binary mixtures (yolk – milk) there is a dependence on the properties of the constituent components of the emulsion. With a change in the composition of the emulsion (whole egg or its yolk separately), an increase in viscosity occurs at a lower temperature – from 50 to 62°C, which will ultimately lead to denaturation of the protein, which occurs in the temperature range between 58 and 80°C, and yolk – in a much narrower range – 63-70°C. Therefore, at a temperature of 75°C, denaturation of the mixture of yolk and protein is observed, i.e. the critical temperature for the viscosity of the mixture.

Keywords: emulsion yeast dough formulation, viscosity, protein solutions, binary mixtures speaker concentration

For citation. Vasyukova A.T., Kusova I.U., Moshkin A.V., Gerasimova E.O. Study of emulsion viscosity for the production of yeast dough. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):115–122. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-115-122

Введение. Потребителей все больше беспокоит высокое содержание сахара и качество мучных кулинарных изделий в процессе хранения. Использование сахарных спиртов в качестве заменителей сахара в мучных кулинарных и хлебобулочных изделиях является обычной практикой, главным образом из-за их модулирующих технологических свойств, улучшения качества и пользы для здоровья [1]. Это не только подсластители с пониженной калорийностью, обычно используемые в сочетании с другими подсластителями для достижения желаемого вкуса и уровня сладости,

но также улучшители мучных кулинарных изделий и других функциональных продуктов питания. Применение улучшителей направлено и на стабилизацию структурно-реологических показателей, обеспечивающих требуемые показатели качества, важные для потребителей. Наряду с безопасностью и продолжительностью реализации необходимы вкусо-ароматические показатели, отсутствие крошливости, пористость мякиша.

Помимо кисломолочного брожения в технологии производства мучных изделий на определенных стадиях возникает спиртовое,

которое требует регулирования использования углеводов, отслеживания их воздействия на реологические свойства теста, выяснения скорости брожения, образования спирта и удельный объем. Shiyon Ding и Jun Yang (2021) проиллюстрировали распределение и миграцию влаги в дрожжевом тесте [2]. В процессе ферментативного гидролиза полисахарида (крахмала) образуется солодовый сахар (мальтоза) и вместе с сахарозой, входящей в тесто по рецептуре, постоянно активизирует реакцию спиртового брожения. Образовавшийся при этом инвертный сахар предотвращает процесс засахаривания продукта. Кобыляцкий П. С. (2019), комментируя сущность процесса образования структуры теста, обращает внимание на реакции, связанные с изменением полисахаридов муки [3].

Важным является влияние углеводов на организм [4, 5]. Используя биоинформатику, возможно прогнозировать или предсказывать, как организм разных людей будет реагировать на одни и те же простые сахара или полисахариды, биоантиоксиданты, функциональные добавки, которые оказывают значительное влияние на человека. У одних повышается иммунитет, а у других не будет никакого эффекта. Поэтому открывается путь к персонализированной медицине, за которой будущее [3].

Однако недостаточно исследований, которые бы в комплексе обосновывали процессы формирования технологических факторов получения модельных смесей (систем) и изделий из них и метаболизм их в организме человека для получения максимального эффекта от употребления пищи.

Тесто представляет собой комплексную трехмерную сетчатую структуру, в которой взаимодействуют белки, крахмальные гранулы, вода и воздух [2]. Являясь важнейшим белком, глютен образует вязкоупругую структуру теста и булочек; а крахмалы (амилоза и амилопектин) также влияют на структурные свойства теста (Ding & Yang, 2013; Korus, Witczak, Ziobro и Juszczak, 2015; Huang, Guo, Wang, Ding и Cui, 2016) [6–8]. Во время хранения булочки постепенно черствеют, что связано со сложными физическими и химическими изменениями, включая уплотнение мякиша, ретроградацию крахмала, миграцию воды и потерю вкуса (Curti E., Carini E., Vittadini E., 2017) [9]. Чтобы улучшить струк-

туру, смягчить текстуру и оптимизировать обработку, приобрели популярность улучшители, включая сахарные спирты, эмульгаторы, ферменты, гидроколлоиды, которые могут обеспечить стабильную и прочную сетку, замедляющую черствение, желаемый вкус и более длительный срок хранения булочек. Например, мальтит и сорбит в виде сахарных спиртов потенциально могут использоваться в качестве улучшителя теста и средства, препятствующего черствению изделий. Сахарные спирты удобны для замены сахарозы, поскольку их можно добавлять в соотношении примерно 1:1, чтобы обеспечить такую же объемную емкость, как и сахароза. Благодаря невосстанавливающим свойствам сахарные спирты не участвуют в реакциях потемнения во время выпечки (Bhise & Kaur, 2014) [10].

Кроме перечисленных функциональных свойств составных компонентов рецептуры и их влияния на формирование структуры теста оказывает влияние воздействие эмульсии, образованной маслом и белком молока. Однако данных исследований по этому направлению, связанных с дрожжевым тестом, недостаточно. Но Вану J. [11] исследовано влияние замены подсолнечного масла в типичной рецептуре кексов на различные эмульсии на основе белка, такие как сыворотка, молоко или яичный белок [12]. Фундаментальные реологические измерения показали существенные различия между эмульсиями, приготовленными с белками сои, люпина и дрожжей. Самая высокая вязкость 2,04 Па·с была зарегистрирована для эмульсии на основе белка люпина, тогда как эмульсия на основе дрожжевого белка имела самую узкую линейную вязкоупругую область [13].

Влияние эмульсий на основе белков на термомеханические свойства теста из пшеничной муки дополнительно исследовал Terdtay N. (2022) [12]. Замена масла эмульсией привела к лучшей желатинизации крахмала, при этом крутящий момент смеси был зарегистрирован для теста с эмульсиями соевого и люпинового белков. Значительные различия по влажности, цвету, пористости и текстуре наблюдались между кексами, приготовленными с использованием белковых эмульсий, и контрольными. Выпечка с пониженным содержанием жира сохраняла большее количество воды (25,05-26,00%), имела несколько более яркий цвет (интен-

сивность цвета 46,34-46,81) и более твердую текстуру (твердость 5,64-5,86 Н) [14]. Сенсорный анализ подтвердил, что эмульсии белков сои, люпина и дрожжей вводят в рецептуры образцов маффинов с приемлемым вкусом и ароматом, а также общим качеством, сравнимым с контролем. Эти результаты показывают, что эмульсии на основе белка являются многообещающими заменителями масла в рецептурах кексов [15].

Хотя подобные исследования использования эмульсий в технологии производства дрожжевого теста в полном объеме детально обоснованы, ранее не были опубликованы.

Эмульсия по сравнению с суспензией более основательно связывает сыпучие компоненты рецептуры в процессе тестоприготовления, что позволяет достичь однородности среды и последующего равномерного распределения в тесте, что позволит в дальнейшем достичь получения необычных вкусовых ощущений, устойчивой структуры и внешнего вида.

Исследования проведены с целью получения стабильной эмульсии для дрожжевого теста.

Материалы и методы исследования. Научные разработки выполнялись в лабораторных условиях ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет». В качестве образцов были выбраны эмульсии на основе молока, яиц и сахара для изготовления теста.

Основными показателями были: температура, продолжительность процесса, вязкость отдельных компонентов и эмульсии. Для исследований использован вискозиметрический метод для выявления вязкости жидких сред и эмульсии; методы определения качества яиц и температуры по ГОСТ 31469-2012, а также метод сенсорного анализа.

Проведен патентный поиск и анализ научной литературы. Полученные показатели базируются на существующих апробированных технологиях производства дрожжевого теста и эмульсионных продуктов [16–18].

Результаты исследования. Плотность компонентов, входящих в рецептуру, существенно влияет на консистенцию эмульсии и структуру теста. Введение поэтапно желтка, целого яйца, сахара в молоко зависело от концентрации перечисленных продуктов и температуры. Полученные таким образом яично-молочные растворы были использованы для обоснования процесса эмульгирования указанных сред и взаимодействия со структурой дрожжевого теста. Бинарная композиция желтка или целого яйца (белок и желток) с молоком или молоком и сахаром, подвергалась интенсивному перемешиванию, в результате чего получена эмульсия различной вязкости. Влияние температуры на вязкость бинарных яично-молочных эмульсий показано на рисунке 1.

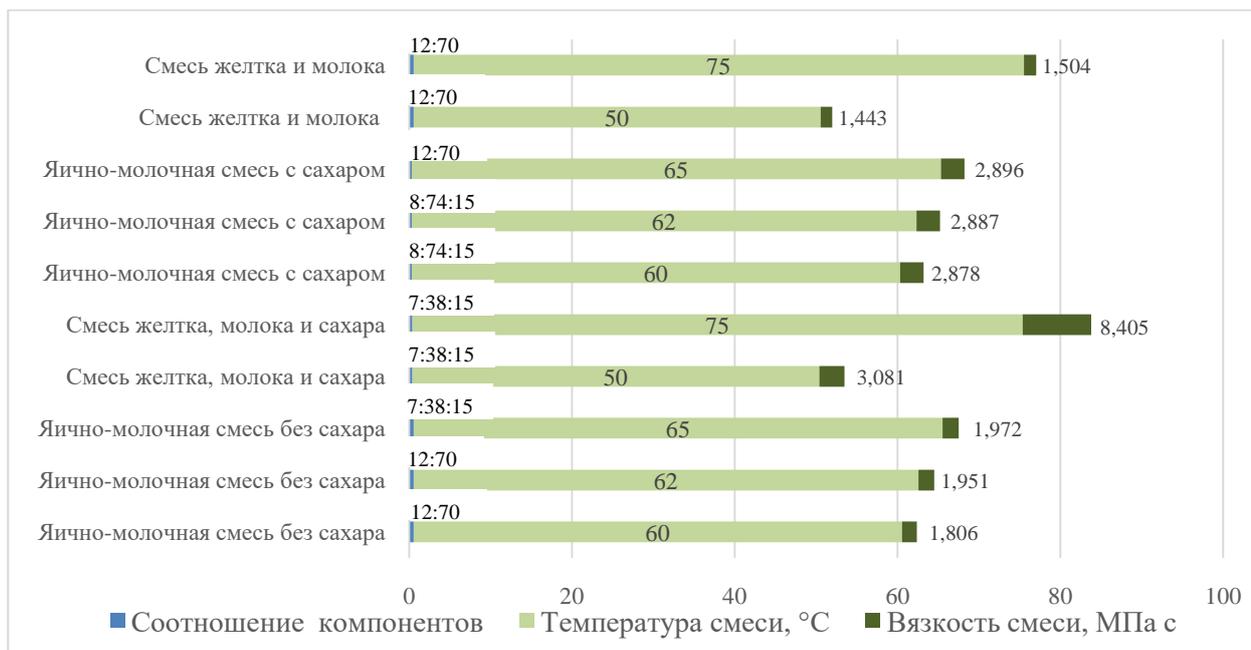


Рисунок 1. Изменение вязкости яично-молочных эмульсий от температуры
Figure 1. Change in viscosity of egg-milk emulsions from temperature

Влияние температуры на консистенцию и текстуру эмульсии наблюдается при различных температурных режимах: от 50 до 75°C, что существенно зависит от сенсорной оценки яично-молочной смеси, основой которой, остро реагирующей на повышение температуры, является желток, целое яйцо (желток и белок, размешанный до однородной консистенции). Сенсорная оценка текстуры яично-молочной смеси, а также смеси с добавлением сахара, проведенная по М. Боурну, пока-

зывает, что при повышении температуры в указанном диапазоне на каждый 1°C вязкость увеличивается равномерно на 0,02 МПа только до достижения 25°C. С увеличением температуры вязкость эмульсии возрастает с таким же интервалом температур на 0,72 МПа до критической, т.е. до появления ступок – 75°C, которая зависит от составных компонентов эмульсии желток – молоко.

Влияние концентрации белковых эмульсий на их реологию показано в таблице 1.

Таблица 1. Изменение вязкости бинарных эмульсий
Table 1. Changing the viscosity of binary emulsions

Образец	Долевые части смесей	Время истечения воды, с	Время истечения эмульсии, с	Температура эмульсии, °С	Вязкость эмульсии, МПа·с
Смесь желтка и молока	12:70	5,514	7,957 8,312	50 75	1,440 1,506
Смесь желток – молоко и сахар	8:74:15	5,514	16,643 26,348	50 75	3,082 8,403
Смесь яйца и молока	12:70	5,514	9,932	62	1,803
Смесь яично-молочная и сахара	7:38:15	5,514	15,876	62	2,878

В бинарных смесях (желток–молоко) отмечена зависимость от концентрации и взаимодействия компонентов рецептуры. Отмечено увеличение вязкости с повышением температуры как бинарной смеси, так и яично-молочной с добавлением сахара. Причем с изменением состава эмульсии (целое яйцо или отдельно его желток) увеличение вязкости осуществляется уже при более низкой температуре – от 50 до 62°C. С дальнейшим увеличением температуры происходит денатурация белка, что будет отрицательно сказываться на его последующее использование в технологии дрожжевого теста.

Эта же зависимость наблюдается и при введении в пищевую систему сахара. Но в данном опыте по сравнению с образцом на основе желтка при его максимальной концентрации в смеси отмечена вязкость слабо концентрированной эмульсии в 2,9 раза менее плотная, которая уже при 62°C начинает денатурировать. Этот температурный режим

может быть применен при замесе теста безпарным способом, и полученная эмульсия будет оптимальна для дрожжевого теста.

Степень вязкости полученной эмульсии можно определить на основании коэффициента вязкости. С этой целью выявим зависимость динамической вязкости эмульсии от концентрации ее составных компонентов по методу Кендалл и Монроэ (Kendall J. and Monroe K.P., 1982):

$$\mu_{mix}^{1/3} = x_1 \cdot \mu_1^{1/3} + x_2 \cdot \mu_2^{1/3}, \quad (1)$$

а также по методу Аррениуса для подобных белковых смесей:

$$\lg \mu_{mix} = x_1 \cdot \lg \mu_1 + x_2 \cdot \lg \mu_2, \quad (2)$$

где:

μ_{mix} – коэффициент динамической вязкости смеси, мПа·с;

μ_1 и μ_2 – коэффициенты динамической вязкости компонентов смеси, мПа·с;

x_1 и x_2 – мольные доли компонентов смеси.

Для расчетов используем полученные в исследовании показатели (рис. 1 и табл. 2): желток – молоко, 50-75°C; $x_1=1,440$; $x_2=1,506$; яйцо – молоко, 60-65°C; $x_1=1,801$; $x_2=1,970$.

Результаты исследований коэффициента динамической вязкости жидкости в различных средах приведены в таблице 2.

Применение метода Kendall J. and Monroe K.P. для бинарных смесей позволило с уверенностью заключить, что коэффициент μ для целого яйца (желток и белок, размешанный до однородной консистенции) выше, чем желтка. Причем он увеличивается с повышением температуры жидкой среды.

Таблица 2. Определение коэффициента динамической вязкости жидкости в различных средах

Table 2. Determination of the coefficient of dynamic viscosity of a liquid in various environments

Вид жидкой среды	Коэффициент динамической вязкости, μ , мПа·с	Составные части смеси	Температура, эмульсии °С	Коэффициент динамической вязкости по Кендалл и Монроэ, μ , мПа·с	Коэффициент динамической вязкости по методу Аррениуса, μ , мПа·с
Молока – желтка	1,8 2,0	желток – молоко	50-55	1,5396	6,6240
Жидкого яйца	1,5	яйцо – молоко	60-65	1,6443	6,4669

При определении динамической вязкости методом Аррениуса возникает недопустимая погрешность, и данный метод для данных бинарных смесей неприменим.

Выводы. Научно обоснованы возможности производства эмульсии с использованием яично-молочных и яично-молочно-сахарных пищевых систем в технологии дрожжевого

теста. Результаты полученных реологических исследуемых эмульсий целесообразны для предприятий общественного питания при изготовлении дрожжевого теста, а также других кулинарных изделий, где используются бинарные яично-молочные и яично-молочно-сахарные системы.

Список литературы

1. Marzec A., Kowalska J., Domian E., Galus S., Cyurzynska A., Kowalska H. Characteristics of dough rheology, structural, mechanical and organoleptic properties of biscuits with sweeteners. National library of medicine. *Molecules*. 2021; 26(21): 6638. <https://doi.org/10.3390/molecules26216638>
2. Ding S., Yang J. Effect of sugar alcohols on rheological properties, functionality and texture of baked goods – a review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;111:670–679. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.009>
3. Здоровая пища и питание женщин и их семей. Региональное бюро ЮНИСЕФ. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2002. 194 с.
4. Гончар Н. Простые и сложные углеводы. Международный институт интегративной нутрициологии. <https://miin.ru/blog/prostye-i-slozhnye-uglevody> (Дата обращения 4.06.2024).
5. Лысиков Ю. А. Углеводы в клиническом питании // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2013. № 2(10). С. 89–109. EDN: RVQYSX
6. Dean S.Yu., Young J. Effect of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and the quality of fried instant noodles. *LWT-Food Science and Technology*. 2013;53:61–69.
7. Korus R., Witczak M., Ziobro P., Juszcak L. The influence of a corn flour on the rheological properties of gluten-free dough and the physical characteristics of bread. *European Food Research and Technology*. 2015;240:1135–1143.
8. Huang G.H., Guo Q.B., Wang Q., Dean H.H., Tsui S.V. Fenugreek fiber in bread: influence on dough formation and bread quality. *LWT-Food Science and Technology*. 2016;71:274–280.
9. Curti E., Carini E., Vittadini E. Stalling and water dynamics in high gluten bread. *European Food Research and Technology*. 2017;243:1173–1182.

10. Bhize S., Kaur A. Baking qualities, organoleptic properties and shelf life of bread with polyols. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51:2054–2061.
11. Patrascu L., Vasilyan I., Dumitrascu L. and Aprodu I. The influence of protein emulsions on the rheological, thermomechanical and baking characteristics of muffin recipes. *Applied Science*. 2023;13(5):3316. <https://doi.org/10.3390/app13053316>
12. Terdtay N. Reducing the content of sugar, salt and fat in bakery products. *Adv. Food Nutr. Res.* 2022;99:283–327.
13. Manoj K., Rizvi S.S. Emulsification mechanisms and characteristics of cold gelled emulsions prepared from textured whey protein concentrate. *Food Hydrocoll.* 2009;23:1837–1847.
14. Liu F., Tan K.H. Cold gelled whey protein emulsions obtained by microfluidization: rheological properties and microstructures. *Food chemical*. 2011;127:1641–1647.
15. Burley C.L., Quemada D., Parker, A. Viscosity modeling of depleted flocculated emulsions. *Colloid. Surfing. A-Physicochem. English Asp.* 2002;203:11–20.
16. Васюкова А. Т., Абесадзе Л. Т. Влияние компонентов рецептуры на качество хлебобулочных изделий при хранении // Хлебопродукты. 2008. № 8. С. 50-51. EDN: JUXLVP
17. Васюкова А. Т., Жилина Т. С. Организация процесса и приготовление сложных хлебобулочных, мучных кондитерских изделий. Лабораторный практикум. Москва: Русайнс, 2016. 326 с. EDN: YQDFRJ
18. Васюкова А. Т., Пучкова В. Ф. Современные технологии хлебопечения. Москва: Дашков и К°, 2010. 224 с.

References

1. Marzec A., Kowalska J., Domian E., Galus S., Cyruzynska A., Kowalska H. Characteristics of dough rheology, structural, mechanical and organoleptic properties of biscuits with sweeteners. *National library of medicine. Molecules*. 2021;26(21):6638. <https://doi.org/10.3390/molecules26216638>
2. Ding S., Yang J. Effect of sugar alcohols on rheological properties, functionality and texture of baked goods – a review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;111:670-679. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.009>
3. Healthy food and nutrition for women and their families. UNICEF Regional Office. Geneva: World Health Organization, 2002. 194 p. (In Russ.)
4. Gonchar N. Simple and complex carbohydrates. International Institute of Integrative Nutrition. <https://miin.ru/blog/prostye-i-slozhnye-uglevody>. (Date of access 06.04.2024). (In Russ.)
5. Lysikov Yu.A. Carbohydrates in clinical nutrition. *Ekspierimental'naiia i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental & clinical gastroenterology]. 2013;2(10):89–109. (In Russ.). EDN: RVQYSX
6. Dean S.Yu., Young J. Effect of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and the quality of fried instant noodles. *LWT-Food Science and Technology*. 2013;53:61–69.
7. Korus R., Witzak M., Ziobro P., Juszczak L. The influence of a corn flour on the rheological properties of gluten-free dough and the physical characteristics of bread. *European Food Research and Technology*. 2015;240:1135–1143.
8. Huang G.H., Guo Q.B., Wang Q., Dean H.H., Tsui S.V. Fenugreek fiber in bread: influence on dough formation and bread quality. *LWT-Food Science and Technology*. 2016;71:274–280.
9. Curti E., Carini E., Vittadini E. Stalling and water dynamics in high gluten bread. *European Food Research and Technology*. 2017;243:1173–1182.
10. Bhize S., Kaur A. Baking qualities, organoleptic properties and shelf life of bread with polyols. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51:2054–2061.
11. Patrascu L., Vasilyan I., Dumitrascu L. and Aprodu I. The influence of protein emulsions on the rheological, thermomechanical and baking characteristics of muffin recipes. *Applied Science*. 2023; 13(5):3316. <https://doi.org/10.3390/app13053316>
12. Terdtay N. Reducing the content of sugar, salt and fat in bakery products. *Adv. Food Nutr. Res.* 2022;99:283–327.
13. Manoj K., Rizvi S.S. Emulsification mechanisms and characteristics of cold gelled emulsions prepared from textured whey protein concentrate. *Food Hydrocoll.* 2009;23:1837–1847.
14. Liu F., Tan K.H. Cold gelled whey protein emulsions obtained by microfluidization: rheological properties and microstructures. *Food chemical*. 2011;127:1641–1647.
15. Burley C.L., Quemada D., Parker, A. Viscosity modeling of depleted flocculated emulsions. *Colloid. Surfing. A-Physicochem. English Asp.* 2002;203:11–20.
16. Vasyukova A. T., Abesadze L. T. Influence of formulation components on the quality of bakery products during storage. *Khleboproducty*. 2008;(8):50-51. (In Russ.). EDN: JUXLVP

17. Vasyukova A.T., Zhilina T.S. *Organizatsiya protsessa i prigotovleniye slozhnykh khlebobulochnykh, muchnykh konditerskikh izdeliy. Laboratornyy praktikum* [Organization of the process and preparation of complex bakery and flour confectionery products. Laboratory workshop]. Moscow: Rusayns, 2016. 326 p. (In Russ.). EDN: YQDFRJ

18. Vasyukova A.T., Puchkova V.F. *Sovremennyye tekhnologii khlebopecheniya* [Modern bakery technologies]. Moscow: Dashkov i K^o, 2010. 224 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Васюкова Анна Тимофеевна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», SPIN-код: 2889-1457, Scopus ID: 57215827520, Researcher ID: A-7879-2016

Кусова Ирина Урузмаговна – кандидат технических наук, доцент, кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», SPIN-код: 6502-2738, Scopus ID: 57191155074

Мошкин Александр Владимирович – кандидат технических наук, м. н. с. кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет»

Герасимова Элла Олеговна – кандидат технических наук, доцент, кафедры физико-математических дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», SPIN-код: 8609-3321, Scopus ID: 58111753900

Information about the authors

Anna T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 2889-1457, Scopus ID: 57215827520, Researcher ID: A-7879-2016

Irina U. Kusova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 6502-2738, Scopus ID: 57191155074

Alexander V. Moshkin – Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University

Ella O. Gerasimova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Mathematics, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 8609-3321, Scopus ID: 58111753900

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 27.08.2024;
одобрена после рецензирования 11.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 27.08.2024;
approved after reviewing 11.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.

Научная статья

УДК 504.062.2

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-123-135

Сравнение эффективности нетермических методов обработки для предотвращения образования отходов

Николай Эдуардович Воротынцев^{✉1}, Александр Львович Кузнецов²,
Элина Андреевна Базанкова³, Олег Александрович Суворов⁴

^{1,3,4}Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11,
Москва, Россия, 125080

²Общество с ограниченной ответственностью «ЭКО-БЛОК №345», Западная промзона, шоссе
Энтузиастов, 7, Московская область, г. Балашиха, 143900

^{✉1}vorotyntsev93@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2987-599X>

²a.l.kuznetsov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1447-1589>

³bazankovaelina2001@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1534-6789>

⁴suvorova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2100-0918>

Аннотация. Контроль роста бактерий в продуктах с истекающим сроком годности и сокращение количества микроорганизмов в пищевых отходах позволит увеличить объем перерабатываемой и повторно используемой пищевой продукции и сократить количество пищевых потерь. Ряд исследований показал эффективность методов нетермической обработки пищевой продукции и пищевых отходов. В то же время широкий спектр имеющихся исследований зачастую демонстрирует противоположные результаты, что говорит о необходимости дополнительных исследований применительно к конкретным пищевым продуктам и штаммам микроорганизмов. Целью данного исследования является изучение и сравнение эффективности таких методов нетермической обработки, как озонирование, воздействие ультразвуковыми волнами, воздействие ультрафиолетовыми волнами, воздействие электромагнитным и электростатическим полями и их комбинаций применительно к молоку, обсемененному грибами дрожжевыми *Saccharomyces Cerevisiae*. В результате исследования был установлен наиболее эффективный нетермический метод обработки молока, обсемененного грибами дрожжевыми *Saccharomyces Cerevisiae*, выполнено обоснование режимов обработки. Результаты обзора могут быть использованы в качестве материала для дальнейших исследований по продлению срока годности молочных продуктов нетермическими методами обработки.

Ключевые слова: нетермические методы обработки, озонирование, ультразвук, ультрафиолет, безопасность, качество

Для цитирования. Воротынцев Н. Э., Кузнецов А. Л., Базанкова Э. А., Суворов О. А. Сравнение эффективности нетермических методов обработки для предотвращения образования отходов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 123–135. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-123-135

Original article

Comparison of the effectiveness of non-thermal treatment methods for waste prevention

Nikolai E. Vorotyntsev^{✉1}, Alexander L. Kuznetsov², Elina A. Bazankova³, Oleg A. Suvorov⁴

^{1,3,4}Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 11 Volokolamsk highway, Moscow, Russia, 125080

²Limited Liability Company "ECO-BLOK №345", Western industrial zone, 7 Entuziastov highway, Moscow region, Balashikha, 143900

© Воротынцев Н. Э., Кузнецов А. Л., Базанкова Э. А., Суворов О. А., 2024

✉¹vorotyntsev93@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2987-599X>

²a.l.kuznetsov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1447-1589>

³bazankovaelina2001@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-1534-6789>

⁴suvorovoa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2100-0918>

Abstract. Controlling bacterial growth in expired products and reducing the number of microorganisms in food waste will increase the volume of processed and reused food products and reduce food waste. A number of studies have shown the effectiveness of non-thermal treatment methods for food products and food waste such as ozonation, ultrasonic wave exposure, ultraviolet irradiation, electrolyzed water exposure, and pulsed electric field treatment. However, the wide range of available studies, often show opposite results, suggesting the need for further research in relation to specific food products and microbial strains. The aim of this study is to investigate and compare the effectiveness of non-thermal treatment methods such as ozonation, ultrasonic wave exposure, ultraviolet wave exposure, electromagnetic and electrostatic fields and their combinations on milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* yeast fungi. As a result of the research the most effective non-thermal method of treatment of milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* yeast fungi was found, justification of treatment modes was made. The results of the review can be used as a material for further research on extending the shelf life of dairy products by non-thermal treatment methods.

Keywords: non-thermal treatment methods, ozonation, ultrasound, ultraviolet, safety, quality

For citation. Vorotyntsev N.E., Kuznetsov A.L., Bazankova E.A., Suvorov O.A. Comparison of the effectiveness of non-thermal treatment methods for waste prevention. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):123–135. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-123-135

Введение. Сохранение качества и пищевой ценности самого продукта и в то же время сокращение количества бактерий и увеличение срока годности являются основными целями предприятий пищевой промышленности [1]. Однако, согласно исследованиям ТИАР-центра, потери пищевых продуктов на этапе хранения, транспортировки, реализации и последующей переработки суммарно составляют более половины от общего количества потерь [2]. Лидирующие позиции в общем объеме пищевых отходов занимают скоропортящиеся продукты, такие как молочная, мясная и хлебобулочная продукции [3].

В силу несовершенства законодательства торговые сети утилизируют основную массу продукции с истекающим сроком годности [4]. Часть продукции удается реализовать со скидками, часть передается платформам фудшеринга, однако данную практику ограничивает срок годности, поскольку спустя непродолжительное время продукт становится непригодным к употреблению. Таким образом, контроль роста бактерий в продуктах с истекающим сроком годности и сокращение количества микроорганизмов в пищевых отходах позволит увеличить объем перерабатываемой и повторно используемой пищевой

продукции и сократить количество пищевых потерь на пост производственных этапах.

Традиционные способы термической обработки пищевой продукции существенно снижают количество патогенных микроорганизмов до безопасного уровня, но и вызывают изменения органолептических и физико-химических показателей продуктов. В то же время при использовании нетепловых методов неблагоприятное воздействие на сам продукт значительно ниже, чем при использовании высоких температур [1]. Ряд исследований показал эффективность таких методов нетермической обработки, как озонирование, воздействие ультразвуковыми волнами, ультрафиолетовое облучение, воздействие электролизованной воды, обработка импульсным электрическим полем.

Данные по применению озона в пищевой промышленности для контроля роста микроорганизмов и продления срока хранения пищевых продуктов обычно сильно различны в части выводов. В некоторых исследованиях заявлено о существенном сокращении микробного загрязнения при обработке озоном, в то время как противоположная сторона утверждает, что обработка озоном вообще неэффективна. Такое разнообразие результатов

может быть связано с многообразием продуктов, используемых в отдельном исследовании и конкретных условий обработки и, следовательно, эффективность озона следует оценивать в отношении конкретного продукта и конкретной группы микроорганизмов [1].

По мнению некоторых исследователей данного метода обработки, необходимы дальнейшие исследования эффективности контроля над микроорганизмами пищевого происхождения, включая бактерии, грибы, дрожжи, плесень в различных комбинациях с другими распространенными методами для достижения лучшего синергетического эффекта. Кроме того, по результатам обзора опубликованных научных исследований по данной теме, установлено, что научных публикаций по обработке озонированием молока и продуктов его переработки за последнее десятилетие незначительно [1].

Метод ультрафиолетового облучения также получил применение в пищевой промышленности как быстрый и дешевый способ гигиенической обработки поверхностей твердых и жидких пищевых продуктов несмотря на то, что обычно используется в качестве дезинфицирующего средства поверхности, воды и воздуха. Преимуществом ультрафиолетовых лучей перед тепловой обработкой является эффективное разрушение спор, которые не восприимчивы к температуре [5].

Ультразвук как инактиватор вредоносной микрофлоры активно применяется в молочной и мясоперерабатывающей промышленности [6]. При этом стоит отметить, что его применение на разных этапах производства молочной продукции, помимо продления сроков ее хранения, позволяет снижать содержание жира, способствует гомогенизации продукта, улучшению органолептических свойств и пищевой ценности [7, 8].

Использование электролизованной воды и импульсного электрического поля также приводит к уничтожению и подавлению роста различных видов бактерий, плесеней и дрожжей [9]. Однако количество пор, образующихся вокруг клеточных мембран под действием электрического поля, зависит от среды, напряженности электрического поля, интенсивности импульса, ширины импульса, числа импульсов и времени обработки, а также от типа и штамма микроорганизма,

размера и геометрии клеток [10]. Исследований по использованию электромагнитного и электростатического полей для обработки пищевых продуктов, в частности молочных продуктов, нами найдено не было.

Таким образом, широкий спектр имеющихся результатов исследований методов нетермической обработки пищевых продуктов и пищевых отходов, зачастую противоположно отличающихся между собой, говорит о необходимости дальнейших исследований различных комбинаций методов обработки применительно к конкретным продуктам и штаммам микроорганизмов.

Целью данного исследования является изучение и сравнение эффективности таких методов нетермической обработки как озонирование, воздействие ультразвуковыми волнами, воздействие ультрафиолетовыми волнами, воздействие электромагнитным и электростатическим полями и их комбинаций применительно к молоку, обсемененному грибами дрожжевыми *Saccharomyces Cerevisiae*.

Научная новизна работы заключается в количественном сравнении и обосновании продолжительности различных видов и комбинаций нетермической обработки молока, обсемененного грибами дрожжевыми *Saccharomyces Cerevisiae*.

Материалы, методы и объекты исследования. Объекты исследования. В качестве объекта исследования было выбрано молоко ультрапастеризованное торговой марки «Сафійка» производства Полоцкого молочного комбината с массовой долей жира 2,5%. Для обсеменения объекта исследования были использованы хлебопекарные дрожжи *Saccharomyces Cerevisiae* марки «Саф-Момент». Дрожжи в пищевых продуктах активируют процесс порчи. При попадании в пищу они вызывают процесс ферментации или разлагают продукт, делая его небезопасным для организма человека. Конкретно в продуктах животного происхождения дрожжи запускают скисание или изменение структуры.

Методики исследования. Для каждого метода обработки и вида микроорганизма подготавливают порцию молока объемом 200 мл и помещают в стеклянную емкость объемом 500 мл. Далее для имитации заражения

вносят в молоко водный раствор хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae*. Молоко перемешивалось до полного растворения дрожжей. Концентрация дрожжей не менее 1 г/л воды. Перед началом обработки молока предварительно подготавливали питательные среды для выполнения посевов в чашках Петри и стерилизовали их с помощью

парового стерилизатора ГК-10-1-ТЗМОИ. Для посевов дрожжей использовали питательную среду для культивирования дрожжевых и плесневых компании «Биотехновация».

Обработка молока выполнялась в лабораторных стендах в течение 60 минут. Внешний вид лабораторных стендов представлен на рисунке 1.

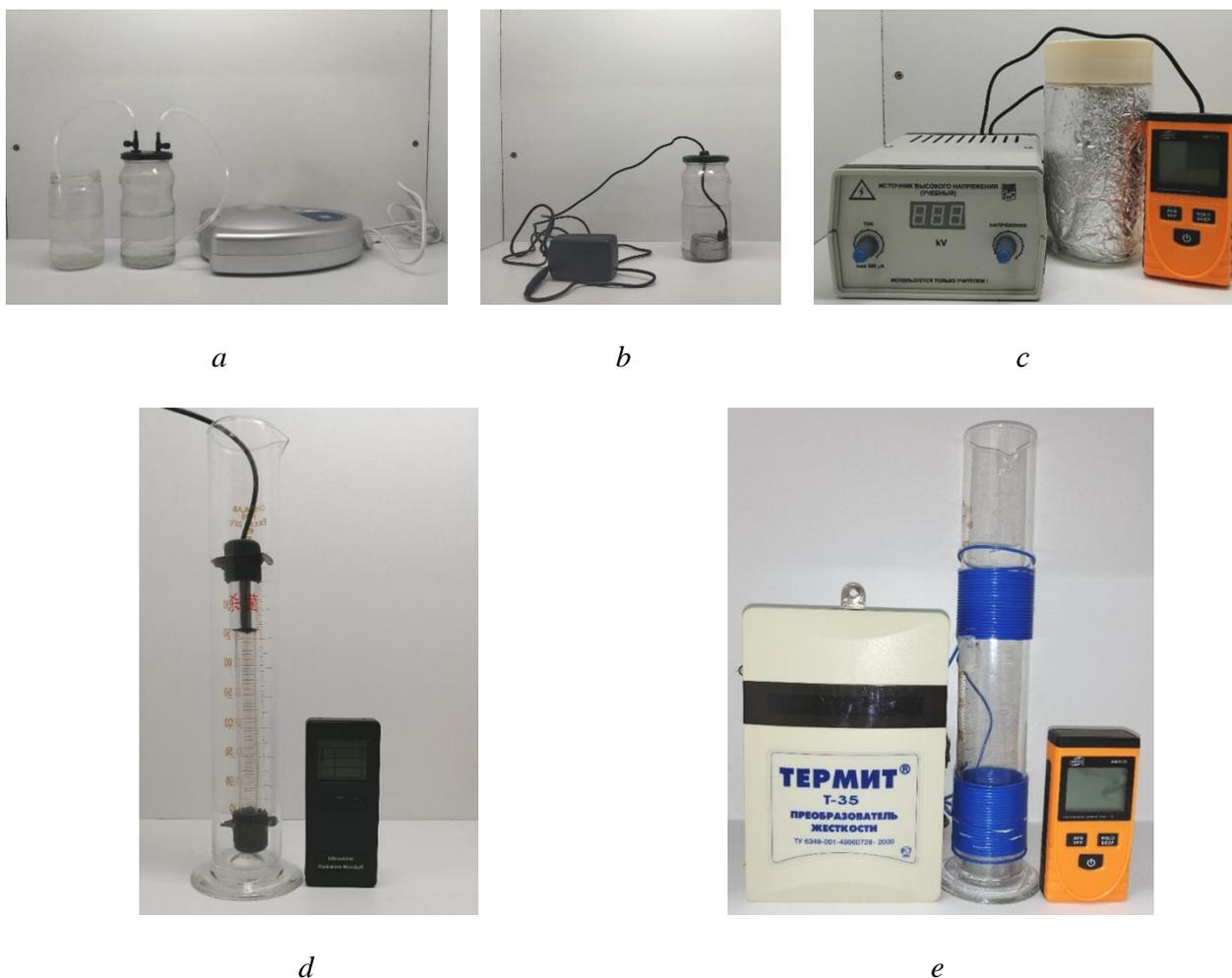


Рисунок 1. Внешний вид лабораторных стендов:

a – для обработки озонированием; *b* – для обработки ультразвуком; *c* – для обработки электростатическим полем; *d* – для обработки ультрафиолетовыми волнами; *e* – для обработки электромагнитным полем

Figure 1. External appearance of laboratory stands:

a – for ozonation treatment; *b* – for ultrasound treatment; *c* – for electrostatic field treatment; *d* – for ultraviolet wave treatment; *e* – for electromagnetic field treatment

Лабораторный стенд для обработки молока озонированием представляет собой герметичную крышку, закрывающую стеклянную емкость с обрабатываемой пробой молока. Конструкция крышки имеет два герметичных отверстия – для подключения к генератору озона Matwave GL-3188 и для выхода из емкости избыточного озона и продуктов

его распада. Производительность озонатора 400 мг/ч. Озон подается непосредственно в обрабатываемую среду.

Стенд для обработки молока ультразвуковыми волнами представляет собой герметичную крышку, закрывающую стеклянную емкость с обрабатываемой пробой молока. Конструкция крышки предусматривает под-

ключение ультразвукового генератора тумана частотой 1,7 МГц, помещенного непосредственно в обрабатываемую среду.

Стенд для обработки молока ультрафиолетовым излучением представляет собой ультрафиолетовую лампу с длиной волны 260 нм, помещенную в стеклянную емкость с обрабатываемой пробой молока. Для контроля интенсивности ультрафиолетового излучения использовался прибор UVI-метр.

Стенд для обработки молока электромагнитным полем представляет собой соленоид с двойной обмоткой проводами с двух противоположных сторон стеклянной емкости с обрабатываемой пробой молока. Количество витков на каждую из сторон – 12. Расстояние между двумя обмотками 80 мм. Соленоид подключали к преобразователю жесткости Термит Т-35. Обработка производилась с индукцией магнитного поля величиной 2,33 мкТл. Для контроля интенсивности электромагнитного поля использовался детектор Venetech GM3120.

Стенд для обработки молока электростатическим полем представляет собой лабораторный источник высокого напряжения с возможностью регулировки напряжения, высоковольтных проводов, камеры обработки. Для контроля интенсивности электростатического поля использовался детектор Venetech GM3120.

Стенд для совместной обработки молока озонированием и ультразвуковыми волнами выполнен методом совмещения конструкций *a* и *b*, представленных на рисунке 1. Посредством доработки стенда с ультразвуковой обработкой в объем образца дозированно вводился озон, регулирование осуществляется установленным краном-дозатором.

Стенд для совместной обработки молока озонированием и ультрафиолетовым излучением выполнен методом совмещения конструкций *a* и *d*, представленных на рисунке 1.

Стенд для совместной обработки молока электромагнитным и электростатическим полями выполнен методом совмещения конструкций *c* и *e*, представленных на рисунке 1, с использованием дополнительного перекачивающего насоса. Отличительной особенностью являлась последовательная обработка образцов, так как невозможно было

конструктивно обеспечить одновременную обработку.

По достижению 15, 30 и 60 минут времени обработки отбирались промежуточные пробы для посева на подготовленные стерильные среды с помощью одноразового дозатора одноканального в объеме 0,1 мл. Далее чашка Петри помещалась в термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 с экспозицией 24 часа при температуре 37,5°C.

Оценка результатов. Количественная обработка полученных результатов выполнялась спустя 24 часа экспозиции в термостате с помощью программного обеспечения ImageJ путем обработки фотографий чашек Петри с исследуемыми образцами и подсчетом количества пикселей, соответствующих колониям микроорганизмов.

Оценка влияния рассматриваемых нетермических обработок на свойства продукта. Оценка влияния обработок на химические, физические и органолептические показатели молока в рамках данного исследования не проводилась.

Результаты исследования. Обработка озонированием. Озон – это газ, являющийся аллотропной трехатомной модификацией кислорода, используется в качестве газообразного химического агента, способного окислять различные классы органических и неорганических соединений путем взаимодействия [11–13]. Газообразный озон является сильным окислителем и используется для обеззараживания пищевых продуктов с целью предотвращения их порчи и обеспечения максимального срока хранения. Благодаря тому, что озон переходит в кислород и не оставляет никаких следов, кроме реакции с органическими соединениями и образованием безопасных побочных продуктов, он вызывает повышенный интерес в качестве метода дезинфекции [14].

Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами, газообразным озоном представлены на рисунке 2. Обработка в течение 60 минут позволяет подавить рост 97% колоний исследуемого образца. Обработки длительностью менее 60 минут неэффективны, наблюдается эффект ингибирования роста.

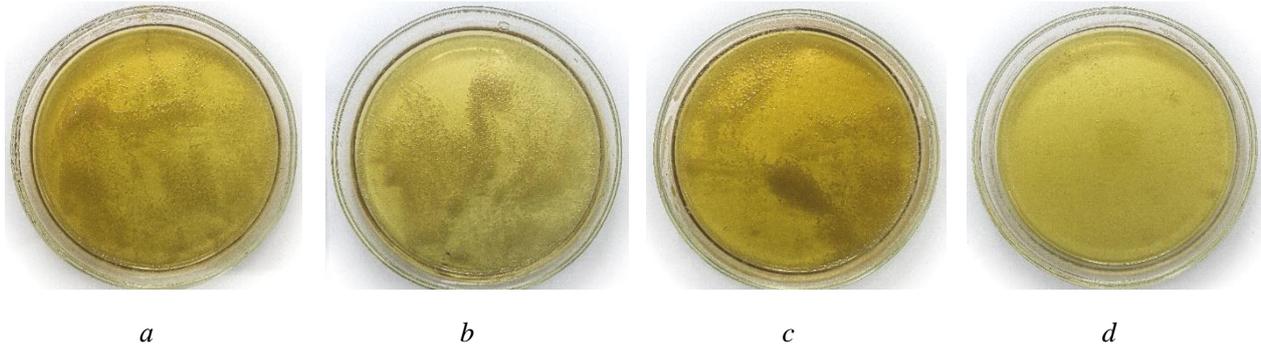


Рисунок 2. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, методом озонирования:

a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин;
c – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 2. Results of treatment of milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* using ozonation:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min;
c – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка ультразвуковым воздействием. Взаимодействие между ультразвуковой волной и средой, передающей звук, содержит огромную энергию, достаточную для уничтожения микроорганизмов за очень короткое время через механизм разрыва клеток. Давление и температура в ультразвуковом процессе разрушают клеточную стенку микроорганизмов и повреждают клеточную ДНК, вызывая разрушение целевых микроорганизмов в пище [15].

Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, ультразвуком представлены на рисунке 3. Обработка в течение 15 минут позволяет получить подавление роста 92% колоний исследуемого образца, обработка в течение 30 минут – 97% колоний, обработка в течение 60 минут – 99% колоний исследуемого образца.

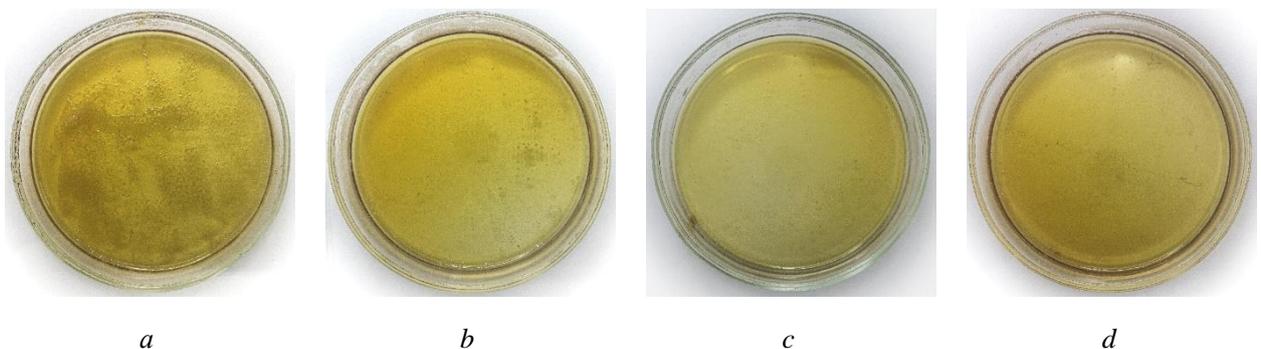


Рисунок 3. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, ультразвуком:

a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин;
c – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 3. Results of ultrasound treatment of milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae*:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min;
c – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка ультрафиолетовыми волнами. Ультрафиолетовое излучение длиной волны 200-280 нм хорошо известно своими антимикробным и бактерицидным свойствами. Ультрафиолет дестабилизирует микробную ДНК и РНК, меняя механизмы метабо-

лизма и размножения клеток, что в конечном счете приводит к их гибели. Облучение ультрафиолетом успешно инактивирует некоторые бактерии, дрожжи и плесени, связанные с порчей продуктов питания [16].

Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, ультрафиолетом представлены на рисунке 4. Обработка в течение 30 минут позволяет получить подав-

ление роста 95% колоний исследуемого образца, а обработка в течение 60 минут – более 99% колоний. При обработке в течение 15 минут наблюдается эффект ингибирования роста.

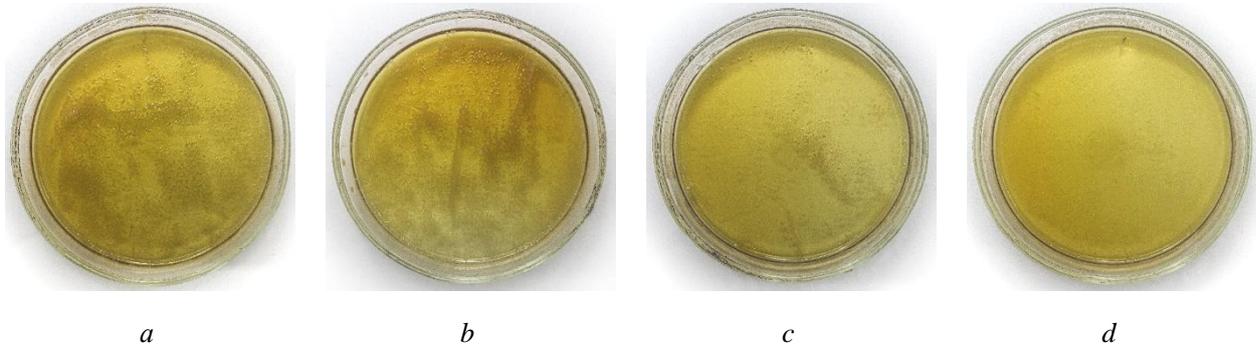


Рисунок 4. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, ультрафиолетом: *a* – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин; *c* – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 4. Results of ultraviolet treatment of milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae*: *a* – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min; *c* – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка электромагнитным полем. Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, электромагнитным полем представлены на рисунке 5. Обработка в течение

60 минут характеризуется слабой эффективностью. Количество колоний после обработки в течение 15, 30 и 60 минут не позволяет подавить рост не более 10% колоний в сравнении с контрольным образцом.

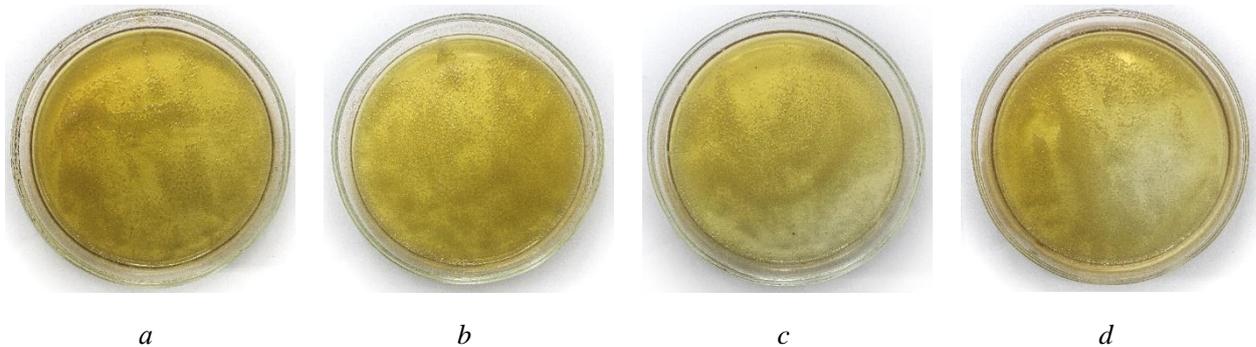


Рисунок 5. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, электромагнитным полем:

a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин; *c* – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 5. Results of treating milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* with an electromagnetic field:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min; *c* – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка электростатическим полем. Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, электростатическим полем представлены на рисунке 6. Обработка в течение

60 минут характеризуется слабой эффективностью. Количество колоний после обработки в течение 15, 30 и 60 минут не позволяет подавить рост более 18% колоний в сравнении с контрольным образцом.

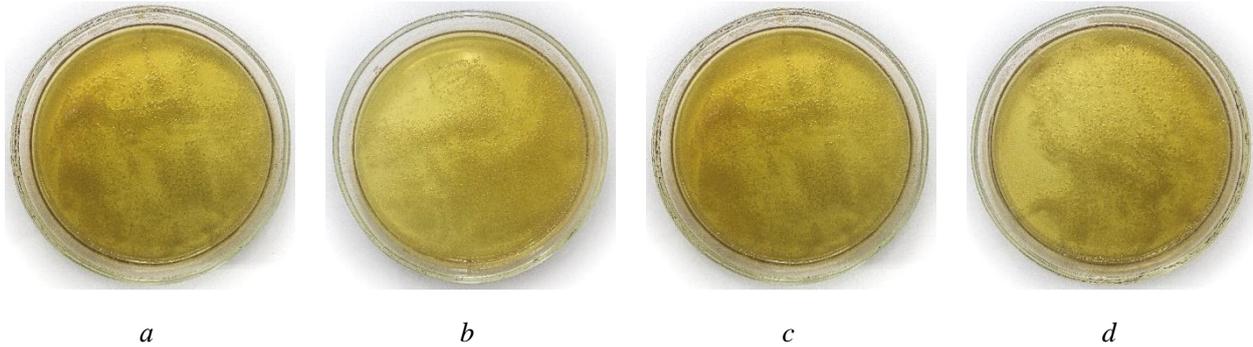


Рисунок 6. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, электростатическим полем:
a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин;
c – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 6. Results of treating milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* with an electrostatic field:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min;
c – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка комбинацией озонирования и ультразвукового воздействия. В рамках исследования мы объединили методы, показавшие наибольшую эффективность для оценки их синергического эффекта.

Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, комбинацией озона и ультразвука представлены на рисунке 7.

Обработка в течение 15 минут характеризуется слабой эффективностью. Обработка в течение 30 минут позволяет подавить рост 98% колоний в сравнении с контрольным образцом. Таким образом, эффективность данного комбинированного метода обработки превосходит озонирование, однако уступает воздействию ультразвука.

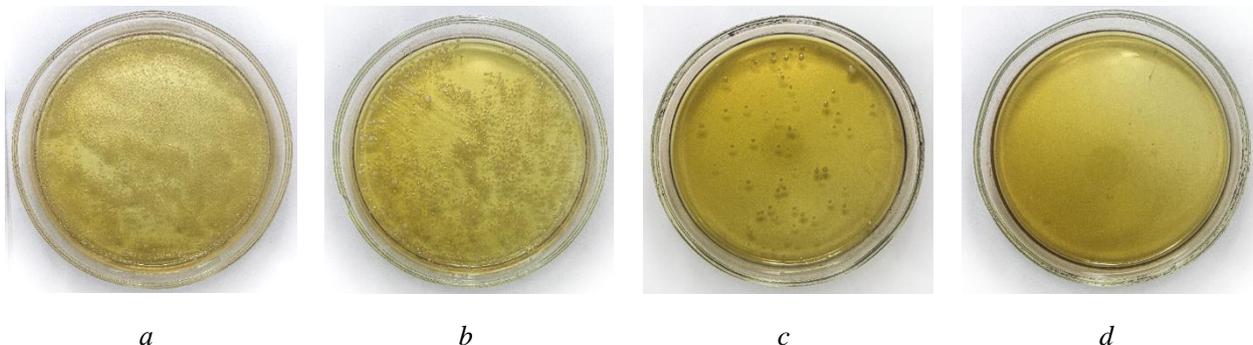


Рисунок 7. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, комбинацией озона и ультразвука:
a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин;
c – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 7. Results of treatment of milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* with a combination of ozone and ultrasound:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min;
c – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка комбинацией озонирования и ультрафиолетовых волн. Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, комбинацией озона и ультрафиолета представлены на рисунке 8. Обра-

ботка в течение 15 минут характеризуется тотальным подавлением роста колоний. Эффективность данного комбинированного метода превышает эффективность озонирования и ультразвукового воздействия за счет синергического эффекта.

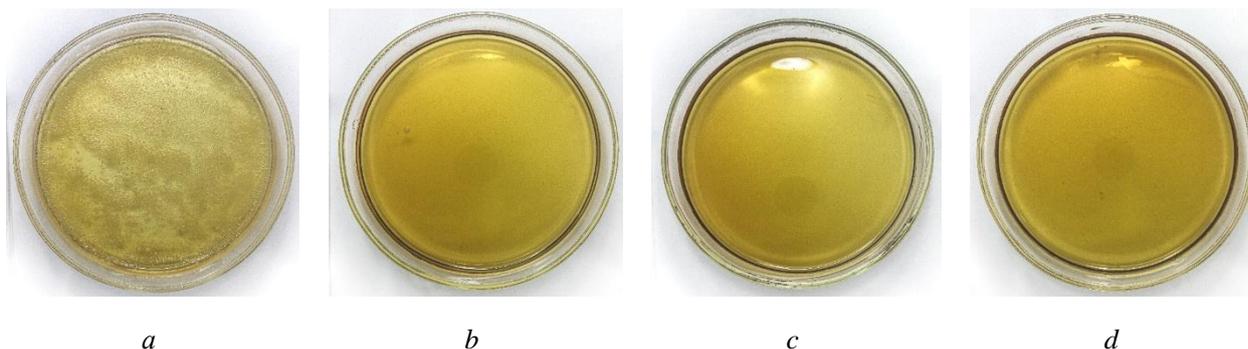


Рисунок 8. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, комбинацией озона и ультрафиолета:

a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин;
c – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 8. Results of treating milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* with a combination of ozone and ultraviolet light:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min;
c – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Обработка комбинацией электромагнитного и электростатического полей. Несмотря на низкую эффективность либо ее отсутствие по результатам обработок электромагнитным и электростатическим полями, были получены противоречивые данные относительно времени обработки. Было принято решение провести эксперимент по совмещению данных методов обработки для проверки возможного синергического эффекта.

Результаты обработки молока, обсемененного хлебопекарными дрожжами *Saccharomyces Cerevisiae*, комбинацией электромагнитного и электростатического полей представлены на рисунке 9. Обработка в течение 15 минут позволяет подавить рост 31% колоний, обработка в течение 30 минут – 38% колоний. Дальнейшее увеличение времени обработки не улучшает результаты.

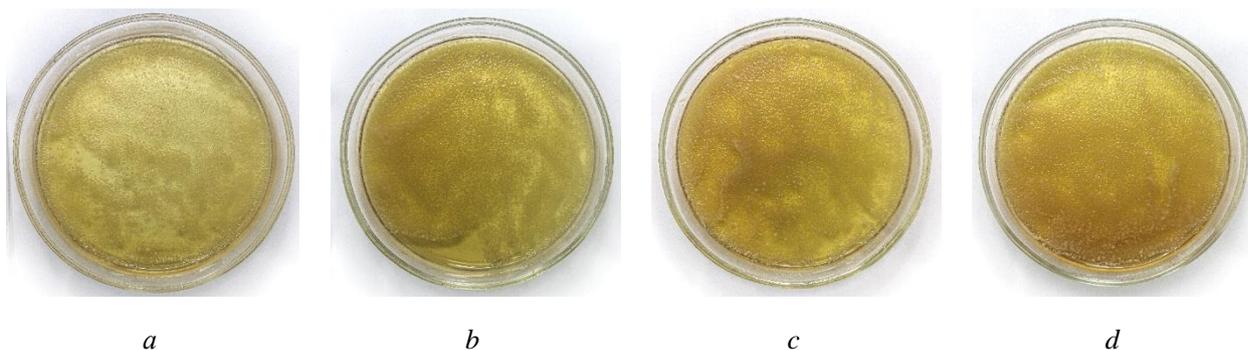


Рисунок 9. Результаты обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*, комбинацией электромагнитного и электростатического полей:

a – контрольный образец без обработки; *b* – обработка в течение 15 мин;
c – обработка в течение 30 мин; *d* – обработка в течение 60 мин

Figure 9. Results of treatment of milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae* with a combination of electromagnetic and electrostatic fields:

a – control sample without treatment; *b* – treatment for 15 min;
c – treatment for 30 min; *d* – treatment for 60 min

Таким образом, согласно таблице 1, наибольшую эффективность при длительности обработки в 15 минут показала обработка

комбинацией озона и ультрафиолетовых волн, позволяющая добиться тотального подавления роста дрожжевых грибов

Saccharomyces Cerevisiae. Обработка ультразвуком в течение 15 минут позволяет добиться подавления роста 92% колоний. Воздействие на исследуемый образец электромагнитного и электростатического полей и их комбинации не показало эффективности в подавлении роста колоний. Обработки озонированием и ультрафиолетовыми волнами привели к ингибированию роста микроорганизмов на 26% и 10% соответственно.

При длительности обработки в 30 минут наибольшую эффективность показала комбинация озонирования и ультразвука – подавление роста 98% колоний. Ультразвуко-

вое воздействие позволило подавить рост 97% колоний, воздействие ультрафиолетовыми волнами – 95% колоний. Обработка озонированием снова привела к ингибированию роста микроорганизмов на 19%.

При длительности обработки в 60 минут озонирование позволило добиться подавления роста 97% колоний дрожжей. Обработки ультразвуком, ультрафиолетовыми волнами, комбинацией озона и ультразвука, а также комбинацией озона и ультрафиолета привели к тотальному подавлению роста микроорганизмов в исследуемых образцах.

Таблица 1. Сравнение эффективности методов обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae*

Table 1. Comparison of the effectiveness of methods for treating milk contaminated with *Saccharomyces Cerevisiae*

Метод обработки	Колонии <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> , при различной длительности обработки, КОЕ				Количество выживших колоний <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> после обработки в сравнении с контрольным образцом, %		
	контрольный образец без обработки	обработка в течение 15 минут	обработка в течение 30 минут	обработка в течение 60 минут	обработка в течение 15 минут	обработка в течение 30 минут	обработка в течение 60 минут
Озонирование	4 481	5 624	5 333	141	126	119	3
Ультразвуковая обработка	4 481	346	111	52	8	3	1
Ультрафиолетовая обработка	4 481	4 909	218	33	110	5	<1
Электромагнитная обработка	4 481	4 029	4 315	4 367	90	96	97
Электростатическая обработка	4 481	3 693	4 636	4 048	82	103	90
Совмещение озонирования и ультразвуковой обработки	2 837	2 684	68	8	94	2	0
Совмещение озонирования и ультрафиолетовой обработки	2 837	3	1	1	0	0	0
Совмещение электромагнитной и электростатической обработки	2 837	1 944	1 745	2 513	69	62	89

Выводы. В ходе исследования было выполнено сравнение эффективности методов обработки молока, обсемененного *Saccharomyces Cerevisiae* такими нетермическими методами, как озонирование, воздействие ультразвуковыми волнами, воздейст-

вие ультрафиолетовыми волнами, воздействие электромагнитным и электростатическим полями и их различными комбинациями. По результатам экспериментов были получены следующие выводы:

1. Обработка молочных продуктов газообразным озоном производительностью 400 мг/ч эффективно подавляет рост дрожжевых грибов *Saccharomyces Cerevisiae* при длительности обработки не менее 60 минут. Меньшая продолжительность обработки оказывает эффект ингибирования роста микроорганизма.

2. Обработка молочных продуктов ультразвуковым воздействием частотой 1,7 МГц эффективно подавляет рост дрожжевых грибов *Saccharomyces Cerevisiae* уже через 15 минут обработки.

3. Обработка молочных продуктов ультрафиолетовыми волнами длиной волны 260 нм эффективно подавляет рост дрожжевых грибов *Saccharomyces Cerevisiae* через 30 минут обработки. Меньшая продолжительность обработки оказывает эффект ингибирования роста микроорганизма.

4. Обработка молочных продуктов индукцией магнитного поля величиной 2,33 мкТл и электростатическим полем напряженностью 14 кВ не показало эффективности в подавлении роста дрожжевых грибов *Saccharomyces Cerevisiae*. Комбинация этих методов позволила подавить рост не более 38% колоний при длительности обработки в 30 минут.

5. Наибольшую эффективность показала обработка молочных продуктов комбинацией газообразного озона производительностью 400 мг/ч и ультрафиолетовых волн длиной волны 260 нм. Тотальное подавление роста дрожжевых грибов *Saccharomyces Cerevisiae* происходит уже через 15 минут обработки.

6. Аналогичную эффективность показала обработка молочных продуктов комбинацией газообразного озона производительностью 400 мг/ч и ультразвукового воздействия частотой 1,7 МГц. Однако для достижения тотального подавления роста дрожжевых грибов *Saccharomyces Cerevisiae* необходимо минимум 30 минут обработки.

На основании результатов исследования был сделан вывод о необходимости дальнейшего исследования эффективности таких методов нетермической обработки, как озонирование, воздействие ультразвуковыми волнами, воздействие ультрафиолетовыми волнами, воздействие электромагнитным и электростатическим полями и их комбинаций применительно к молочным продуктам, обсемененным другими видами микроорганизмов.

Список литературы

1. Бурак Л. Ч. Использование технологии озонирования в пищевой промышленности // *Sciences of Europe*. 2022. № 98. С. 85–100. DOI: 10.5281/zenodo.6973824
2. Фудшеринг в России: отраслевой отчет [электронное издание]. URL: https://tiarcenter.ru/wp-content/uploads/2019/10/Foodsharing-in-Russia_October-1.pdf.// tiarcenter.com (дата обращения: 03.07.2024).
3. Кудинова М. Г., Шевчук Н. А., Шигапов И. И., Горбатко Е. С., Ильмушкин А. Г. Отечественный и зарубежный опыт развития фудшеринга, как перспективного направления предотвращения потерь от пищевых отходов для экономики и окружающей среды // *Инновации и инвестиции*. 2022. № 6. С. 78–83. EDN: YCYZUS
4. Иринина О. И., Спасова Ю. С. Фудшеринг – состояние и перспективы развития в России // *Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей IX Международной научно-практической конференции*. Пенза: Изд-во Наука и Просвещение, 2022. В. 2. Т. 2. С. 35–39. EDN: SNYLLV
5. Schmalwieser A.W, Siani A.M. Review on Nonoccupational Personal Solar UV Exposure Measurements // *Photochem Photobiol*. 2018. Vol. 94(5). P. 900–915. DOI: 10.1111/php.12946.
6. Морева А. В. Влияние ультразвука на качество молочных продуктов // *Символ науки*. 2020. № 4. С. 56–57. EDN: BWUTUM
7. Бурак Л. Ч. Современные методы обработки пищевых продуктов. критический обзор // *The scientific heritage*. 2024. № 30. С. 45–59. DOI: 10.5281/zenodo.10632041. EDN: MQYNGM
8. Umego E.C., Ronghai H., Huang G., Chuanhua D., Haile M. Ultrasound-assisted fermentation: Mechanisms, technologies, and challenges // *Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45 (6):e15559. DOI:10.1111/JFPP.15559

9. Jadhav H.B, Annapure U.S, Deshmukh R.R. Non-thermal Technologies for Food Processing. *Front Nutr.* 2021. Vol. 8. 657090. Doi.org/10.3389/fnut.2021.657090
10. Guerrero-Beltran J.A., Welti-Chanes J. Pulsed Electric Fields. *Encyclopedia of Food and Health.* 2016. Pp.561–565.
11. Бахчевников О. Н., Брагинец А. В. Применение озона для обеззараживания кормового сырья (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 41–61. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-41-61. EDN: TMCZD
12. de Souza L.P., Faroni L.R.D., Heleno F.F., Pinto F.G., de Queiroz M.E.L.R., & Prates L.H.F. Ozone treatment for pesticide removal from carrots: Optimization by response surface methodology. *Food Chemistry.* 2018. Vol. 243. P. 435–441. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.134.
13. Raghunathan R., Pandiselvam R., Kothakota A., & Khaneghah A. M. The application of emerging non-thermal technologies for the modification of cereal starches. *LWT.* 2021. Vol. 138. P. 110795.
14. Sujayaree O. J., Chaitanya A.K., Bhoite R., & Mousavi Khaneghah A. Ozone: An advanced oxidation technology to enhance sustainable food consumption through mycotoxin degradation. *Ozone: Science & Engineering.* 2021. Vol. 44(1). P. 17–37.
15. Бурак Л. Ч. Существующие способы обработки пищевых продуктов и их влияние на пищевую ценность и химический состав // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. №3. С.59–73. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-3-59-73. EDN: WQKTRW
16. Singh, H.; Bhardwaj, S.K.; Khatri, M.; Kim, K.-H.; Bhardwaj, N. UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chem. Eng. J.* 2020. P. 128084. DOI:10.1016/j.cej.2020.128084

References

1. Burak L. Using ozonizing technology in the food industry. *Sciences of Europe.* 2022;(98):85–100. (In Russ.). DOI: 10.5281/zenodo.6973824
2. Foodsharing in Russia: industry report [electronic volume]. URL: https://tiarcenter.ru/wp-content/uploads/2019/10/Foodsharing-in-Russia_October-1.pdf// tiarcenter.com / (circulation date: 03.07.2024). (In Russ.)
3. Kudinova M., Shevchuk N, Shigapov I, Gorbatko E., Ilmushkin A. Domestic and foreign experience in the development of foodsharing as a promising direction for preventing losses from food waste for the economy and the environment. *Innovation and investment.* 2022. № 6. S. 78–83. (In Russ.). EDN: YCYZUS
4. Irinina O.I., Spasova Yu.S. Foodsharing – state and development prospects in Russia. *Ak tual'nyye voprosy sovremennoy nauki i obrazovaniya: sbornik statey IX Mezhdunarodnoy nauchno prakticheskoy konferentsii.* [Actual issues of modern science and education: collection of articles of the IX International scientific-practical conference]. Penza: Izd-vo Nauka i Prosveshcheniye, 2022. V. 2. T. 2. P. 35–39. EDN: SNYLL
5. Schmalwieser A.W, Siani A.M. Review on Nonoccupational Personal Solar UV Exposure Measurements. *Photochem Photobiol.* 2018;94(5):900–915. DOI: 10.1111/php.12946.
6. Moreva A.V. Effect of ultrasonic on the quality of dairy products. *Symbol of science.* 2020;(4):56–57. EDN: BWUTUM
7. Burak L. Modern methods of food processing. critical review. *The scientific heritage.* 2024;(30):45–59. (In Russ.). DOI: 10.5281/zenodo.10632041. EDN: MQYNGM
8. Umego E.C., Ronghai H., Huang G., Chuanhua D., Haile M. Ultrasound-assisted fermentation: Mechanisms, technologies, and challenges. *Food Processing and Preservation.* 2021;45(6):e15559. (In Russ.). DOI:10.1111/JFPP.15559
9. Jadhav H.B, Annapure U.S, Deshmukh R.R. Non-thermal Technologies for Food Processing. *Front Nutr.* 2021;8:657090. Doi.org/10.3389/fnut.2021.657090
10. Guerrero-Beltran J.A., Welti-Chanes J. Pulsed Electric Fields. *Encyclopedia of Food and Health.* 2016. Pp. 561–565.
11. Bakhchevnikov O.N., Braginets A.V. Ozonation for feed raw materials disinfection (review). *Taurida Herald of the Agrarian Sciences.* 2021;2(26):41–61. (In Russ.). DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-41-61
12. de Souza L.P., Faroni L.R.D., Heleno F.F., Pinto F.G., de Queiroz M.E.L.R., & Prates, L.H.F. Ozone treatment for pesticide removal from carrots: Optimization by response surface methodology. *Food Chemistry.* 2018;243:435–441. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.134.

13. Raghunathan R., Pandiselvam R., Kothakota A., & Khaneghah A. M. The application of emerging non-thermal technologies for the modification of cereal starches. *LWT*. 2021;138:110795.
14. Sujayasree O.J., Chaitanya A.K., Bhoite R., & Mousavi Khaneghah A. Ozone: An advanced oxidation technology to enhance sustainable food consumption through mycotoxin degradation. *Ozone: Science & Engineering*. 2021;44(1):17–37.
15. Burak L. Existing food processing methods and their impact on nutritional value and chemical composition. *Technologies of the food and processing industry of AIC – healthy food*. 2021;(3):59–73. (In Russ.). DOI: 10.24412/2311-6447-2021-3-59-73. EDN: WQKTRW
16. Singh, H.; Bhardwaj, S.K.; Khatri, M.; Kim, K.-H.; Bhardwaj, N. UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chem. Eng. J.* 2021, 128084. DOI:10.1016/j.cej.2020.128084

Сведения об авторах

Николай Эдуардович Воротынцев – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»

Александр Львович Кузнецов – кандидат технических наук, ведущий инженер-технолог, ООО «ЭКО-БЛОК № 345», SPIN-код: 5655-2460

Элина Андреевна Базанкова – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»

Олег Александрович Суворов – доктор технических наук, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 8979-2000

Information about the authors

Nikolay E. Vorotyntsev – Postgraduate student of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH)

Alexander L. Kuznetsov – Candidate of technical sciences, Leading engineer-technologist, Limited Liability Company "ECO-BLOCK No. 345", SPIN-code: 5655-2460

Elina A. Bazankova – Postgraduate student of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH)

Oleg A. Suvorov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), SPIN-code: 8979-2000

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 26.08.2024;
одобрена после рецензирования 11.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 26.08.2024;
approved after reviewing 11.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.

Научная статья
УДК 641.56:641.85
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-136-144

Разработка рецептур и технологии десертной продукции с низкой гликемической нагрузкой для предоставления возможности её потребления лицам с ограничениями в питании

Ольга Анатольевна Корнева^{✉1}, Майя Юрьевна Тамова²,
Татьяна Александровна Джум³, Ирина Витальевна Шаламай⁴

Кубанский государственный технологический университет, улица Московская, 2, Краснодар,
Российская Федерация, 350072

¹olya.korneva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4044-4100>

²tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>

³tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>

⁴ira-2000@mail.ru

Аннотация. Актуальность представленного материала в статье в том, что потребители услуг питания всё больше уделяют внимание своему здоровью. В связи с этим увеличивается спрос на десерты без глютена, сахарозы, лактозы, низкокалорийные, но в то же время полезные в связи с высокой физиологической ценностью, обусловленной наличием витаминов, пищевых волокон, зольных элементов. Этот запрос отвечает современным трендам и принципам диетического питания, особенно лиц, страдающих сахарным диабетом. В ходе исследования поставлена цель – разработать рецептуру, соответствующую ей технологию приготовления функционального замороженного десерта как низкокалорийного, так и имеющего низкую гликемическую нагрузку. Рецептура базируется на коровьем молоке и фруктово-овощном компоненте из местного сырья Кубани, характеризующегося разнообразным химическим составом и низким гликемическим индексом. Представленная в статье авторская разработка позволяет расширить ассортимент функциональных замороженных десертов для лиц с ограничением в питании, интересна подбором рецептурных компонентов – коровьего молока, пюре из топинамбура, яблочного и морковного, оптимальное соотношение которых позволяет достичь приятный вкус, оригинальный аромат, привлекательный внешний вид, взбитую консистенцию. Помимо высокой органолептики, значимость разработанного замороженного десерта с плодово-овощным пюре в том, что это изделие пробиотическое в отношении возможных дефицитов витаминов и минеральных веществ при поддержании диеты. Выявленные микробиологические показатели не превышают допустимого стандартного уровня, что гарантирует безопасность данной продукции.

Ключевые слова: сахарный диабет, замороженный десерт, взбитость, низкая гликемическая нагрузка, технология, показатели качества

Для цитирования. Корнева О. А., Тамова М. Ю., Джум Т. А., Шаламай И. В. Разработка рецептур и технологии десертной продукции с низкой гликемической нагрузкой для предоставления возможности её потребления лицам с ограничениями в питании // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 136–144. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-136-144

Original article

Development of recipes and technology for dessert products with a low glycemic load to enable their consumption by people with dietary restrictions

Olga A. Korneva^{✉1}, Maya Yu. Tamova², Tatiana A. Dzhum³, Irina V. Shalamai⁴
Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya Street, Krasnodar, Russia, 350072

✉¹olya.korneva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4044-4100>

²tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>

³tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>

⁴ira-2000@mail.ru

Abstract. The relevance of the material presented in the article is that consumers of food services are increasingly paying attention to their health. In this regard, the demand for desserts without gluten, sucrose, lactose, low-calorie, but at the same time useful due to the high physiological value due to the presence of vitamins, dietary fiber, ash elements is increasing. This request meets modern trends and principles of dietary nutrition, especially for people with diabetes mellitus. In the course of the study, the goal was set to develop a recipe for the appropriate technology for preparing a functional frozen dessert, both low – calorie and having a low glycemic load. The formulation is based on cow's milk and a fruit and vegetable component from the local raw materials of Kuban, characterized by a diverse chemical composition and a low glycemic index. The author's development presented in the article allows you to expand the range of functional frozen desserts for people with dietary restrictions, it is interesting to select prescription components – cow's milk, jerusalem artichoke puree, apple and carrot, the optimal ratio of which allows you to achieve a pleasant taste, original aroma, attractive appearance, whipped consistency. In addition to the high organoleptics, the significance of the developed frozen dessert with fruit and vegetable puree is that this product is preventive against possible deficiencies of vitamins and minerals while maintaining a diet. The identified microbiological indicators do not exceed the permissible standard level, which guarantees the safety of these products.

Keywords: diabetes mellitus, frozen dessert, overrun, low glycemic load, technology, quality indicators

For citation. Korneva O.A., Tamova M.Yu., Dzhum T.A., Shalamai I.V. Development of recipes and technology for dessert products with a low glycemic load to enable their consumption by people with dietary restrictions. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):136–144. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-136-144

Введение. Глобальной, находящейся под контролем национальной системы здравоохранения, неинфекционной эпидемией является сахарный диабет, имеющий положительную динамику распространения. Одним из важных методов его лечения является меню диетического питания, нацеленное на повышенную физиологическую ценность, низкую калорийность и низкий гликемический индекс, характеризующий скорость увеличения уровня глюкозы в крови после употребления определенной продукции [1, 2]. Для этого необходимо заменить сахарозу различными сахарозаменителями с учетом их калорийности, использовать растворимые пищевые волокна, обращать внимание на рекомендуемые в диетологии способы кулинарной обработки.

Актуальна функциональная продукция, в том числе линейка сладких блюд. Например, широко распространенное за счет своей невысокой стоимости мороженое с растительным жиром может быть заменено на замороженные десерты с высоким охлаждающим

и освежающим эффектом и повышенной пищевой ценностью, что отвечает потребительскому спросу. Приготовленный с использованием современных технологических приёмов десерт – источник широкого спектра полезных веществ (витаминов, минералов, органических кислот, ферментов) и оказывает положительное влияние на организм человека [3, 4]. Для диабетиков допустимым и безопасным может считаться замороженный десерт без использования сахарозы, а также с низкой гликемической нагрузкой и низким уровнем углеводов в составе. Кроме того, такая продукция пользуется популярностью среди широких слоев населения, следящих за своим весом, поскольку она не вызывает резкого повышения сахара в крови и не способствует формированию инсулинорезистентности [5].

Целью исследования является создание замороженной десертной продукции с функциональными свойствами, с пониженной энергетической ценностью, без добавления сахарозы, на основе натурального расти-

тельного сырья как источника пищевых волокон. Для создания комфортного уровня сладости в разрабатываемом десерте использованы сладкие фрукты и овощи, натуральный подсластитель стевия, обладающий антиоксидантными свойствами.

Для реализации данной цели необходимо обосновать выбор рецептурных компонентов, режимы используемых технологических процессов, разработать последовательность этапов технологии десертной продукции.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве объектов исследования выбрано местное сырье, которое имеет низкий гликемический индекс, а именно молоко коровье (ГОСТ 31450), топинамбур (ГОСТ 32790), яблоки (ГОСТ 34314), морковь (ГОСТ 32284), агар (ГОСТ 16280).

Потребительские свойства разработанной рецептуры изучались на базе методик, описанных в действующих стандартах, связанных с определением органолептических, физико-химических и микробиологических показателей. В процессе изготовления взбитость замороженного десерта определялась по ГОСТ 31457. Для проведения органолептики созывалась дегустационная комиссия из пяти человек. Дегустация проводилась сразу же после выемки продукции (ее температура не превышала минус 12°C) из морозильной камеры. С помощью математического программирования количественного состава (MathCAD) осуществлялось моделирование многокомпонентных рецептурных смесей десертной продукции на основе заданных ее параметров, чтобы отыскать весовые коэффициенты и массы парциальных частей.

Результаты исследования. Авторами исследован рынок услуг питания г. Краснодара. Анализ показал, что только 2% специализированных предприятий из 655 предлагают десертную продукцию, рекомендуемую для диетического питания. Изучая представленный ассортимент сладких блюд меню ряда предприятий, столкнулись с тем, что его выбор для данной категории потребителей невелик – 1-2 позиции. Несмотря на ограниченность предложений, спрос на данную продукцию из года в год растет [5]. Поэтому среди возможностей повысить конкурентоспособность действующих предприятий общественного питания можно выделить разработку

инновационных технологий, позволяющих расширить ассортимент продукции, пользующейся спросом у различных категорий потребителей. В этом разрезе актуально моделирование многокомпонентных рецептурных смесей пищевых продуктов, экспериментируя с включением плодовых и овощных ингредиентов в состав замороженных десертов, ориентируясь в качестве контроля на ГОСТ Р 52175 молочное мороженое с фруктами [6, 7]. Употребление молока приводит к укреплению иммунитета, снижению вероятности возникновения заболеваний кровообращения, онкологии, сахарного диабета, что связано с высокой биологической и пищевой ценностью, обусловленной содержанием белков, микроэлементов, лактозы, жирорастворимых и водорастворимых витаминов, ферментов, гормонов, иммунных тел. Использование фруктов и овощей позволяет достигнуть приятной сладости и обогащает разрабатываемую продукцию необходимыми функциональными компонентами растительного происхождения. Для диабетиков актуален инулин, снижающий уровень сахара и холестерина в крови. Одним из основных его источников являются клубни топинамбура. Топинамбур – источник клетчатки, органических кислот, жиров, белков и незаменимых аминокислот. В ходе исследования было установлено, что при варке топинамбура в водно-молочной смеси жидкая среда приобретает сладковатый привкус. Но полученного уровня сладости недостаточно для формирования положительных органолептических показателей, более того топинамбур сообщает жидкой среде специфический привкус. В связи с этим принято решение использовать дополнительное плодово-овощное сырье – груши, яблоки, морковь, свеклу, тыкву, что повысит уровень сладости и нивелирует специфический топинамбуровский привкус, с преобладанием концентрации данного клубнеплода при установлении оптимальных соотношений компонентов. Анализируя данные органолептики, установлено, что сочетания свеклы и топинамбура для десерта непригодны из-за специфического землянистого привкуса свеклы. В образцах с тыквой отмечено присутствие волокон, свойственных запеченной тыкве и привкус топинамбура не перебит, что негативно влияет на готовую продукцию. Для

дальнейших исследований принят образец с использованием яблочного пюре при соотношении «топинамбур – яблоко» 1:1, при этом у десерта формируется достаточно сладкий вкус, топинамбур не ощущается, уровень его в рецептуре достаточно высок. Также положительные органолептические характеристики имеет образец с использованием грушевого пюре при соотношении его с топинамбуром 2:3, что уменьшает концентрацию топинамбура, который является наиболее ценным в десерте для диабетиков. При анализе смеси с морковью выявлена недостаточная сладость, хотя по показателям цвета результат получился отличным. С учетом проведенного эксперимента, выбор сделан в пользу яблочного пюре – для придания сладости, а также его положительного влияния на консистенцию из-за наличия природных пектиновых веществ, способствующих хорошей взбитости мороженого; и моркового пюре – для

придания цвета и обогащения химического состава данного десерта витаминами и зольными элементами.

Для формирования требуемой консистенции замороженного десерта используются стабилизаторы [8]. Из ассортимента которых для эксперимента использовался агар, устраивающий своей доступностью, ценой и необходимой массовой долей [9].

Авторами проведена декомпозиция технологического процесса производства замороженного десерта на основе смеси пюре из топинамбура и яблока с небольшой долей моркови для формирования приятного цвета с использованием принципов системного моделирования (математической системы MathCAD). Моделируя рецептуру, за основу взяты нормы физико-химических показателей молочного мороженого с фруктами по ГОСТ Р 52175, что представлено в таблице 1 [10].

Таблица 1. Матрица для оптимизации
Table 1. Matrix for optimization

Наименование компонентов	Молочный жир, %	Сухие вещества, %	Сухой обезжиренный молочный остаток, %	Гликемическая нагрузка
Топинамбур		23,0		3,200
Яблоко		16,0		6,650
Морковь		19,4		5,440
Сливки, 33%	33,0	41,0	5,5	1,400
Молоко коровье, 3,2%	3,2	12,0	9,0	1,504
Стевия (подсластитель)		100,0		0
Агар (стабилизатор)		100,0		0
Стандарт	2,5--4	не менее 1,4% (фруктов) не менее 1,0% (овощей)	не более 11,5	

В качестве контрольного образца авторами использовалось молочное мороженое, в связи с этим в рецептуре разрабатываемого десерта должно быть не менее 50% молока, а для формирования необходимой структуры и комфортного уровня сладости необходимо ввести по 0,3% структурообразователя и сахарозаменителя. Исходным условием для моделирования рецептуры замороженного десерта является минимальная гликемическая нагрузка. Указанные ограничения были

использованы при построении рецептуры замороженного десерта с использованием плодово-овощного пюре в математической системе MathCAD (табл. 2).

Полученная рецептура математической модели замороженного десерта оценена по показателям органолептики и взбитости. В ходе чего отмечена повышенная сладость, что дало авторам возможность отказаться от использования в рецептуре сахарозаменителя [11]. Образец, приготовленный без ис-

пользования стевии, имел приятный сладкий вкус. Кроме того, для снижения энергетической ценности десерта сливки были заменены молоком, что не привело к снижению органолептических показателей.

Таблица 2. Рецепт замороженного десерта с пюре из топинамбура, яблока и моркови
Table 2. Recipe for frozen dessert with jerusalem artichoke, apple and carrot puree

Наименование компонентов	Доля компонента в рецептуре, %
Топинамбур	Не менее 15
Яблоки	Не менее 19
Морковь	Не более 12
Сливки с массовой долей жира 33%	Не более 3
Молоко коровье с массовой долей жира 3,2%	Не менее 50
Стевия	Не более 0,3
Агар	Не менее 0,3
Массовая доля молочного жира, %	Не менее 2,56
сухого обезжиренного молочного остатка, %	Не менее 4,65
сухих веществ фруктов, %	Не менее 3,00
сухих веществ овощей, %	Не менее 5,87

Концентрация стабилизатора оказывает влияние на показатель взбитости, что представлено в таблице 3.

Таблица 3. Влияние количества агара на консистенцию замороженного десерта
Table 3. The effect of the amount of carbon on the consistency of a frozen dessert s

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Количество агара, %	0,15	0,17	0,20	0,25	0,30	0,35
Взбитость, %	45,6	44,0	41,7	35,1	27,5	24,9

Анализируя данные таблицы 3, можно отметить, что процент взбитости десерта изменяется обратно пропорционального изменению доли вводимого агара. Увеличение уровня структурообразователя делает массу десерта более плотной, кристаллы льда увеличиваются. Оптимальным количеством яв-

ляется 0,15 г агара, при этом взбитость десерта составляет 45,6%. На это также оказало влияние наличие пектиновых веществ в топинамбуре и яблоках.

Окончательный вариант рецептуры разрабатываемого замороженного десерта представлен в таблице 4.

Таблица 4. Рецепт замороженного десерта с топинамбуром и яблоком
Table 4. Recipe for frozen dessert with jerusalem artichoke and apple

Наименование компонентов	Брутто, г	Нетто, г
Молоко коровье, 3,2%	60,0	60,0
Вода	60,0	60,0
Топинамбур	22,0	15,8
Выход пюре из топинамбура	-	15,1
Агар	0,15	0,15
Выход молочной основы	-	56,0
Яблоко	35,0	24,5
Выход яблочного пюре	-	19,2
Морковь	16,0	12,8
Выход морковного пюре	-	10,0
Выход	-	100

Технологический процесс производства замороженного десерта включает в себя следующие этапы:

- приемка сырья с подтверждением качества и безопасности сопроводительными документами;
- подготовка сырья (сортировка и мойка топинамбура, яблок и моркови, их очистка, в том числе удаление семенного гнезда у яблок, удаление упаковок у молока и агара);
- приготовление пюре (топинамбур отваривается в смеси молока и воды, яблоки запекаются в фольге при температуре 180°C, морковь отваривается, готовые ингредиенты пюрируются, протираются через сито, охлаждаются);
- подготовка стабилизатора (приготовление раствора с концентрацией 10%, для чего агар промывают в холодной воде, растворяют при температуре 90°C, фильтруют);

- приготовление молочной основы (смесь молока и воды, оставшаяся после отваривания топинамбура, охлаждается до 45°C, вводится раствор агара, подготовленное пюре, пастеризуется 60 с при температуре 85°C);

- охлаждение и созревание (полученная смесь быстро охлаждается до температуры 2С и выдерживается при указанном уровне охлаждения 4 ч);

- взбивание осуществляется дважды: в ходе созревания смеси через два часа после его начала в течение 5-7 мин до достижения 30% от конечного показателя взбитости и после окончания созревания, при этом достигается 75% указанного выше показателя;

- закаливание, в ходе которого температура смеси снижается до минус 18°C, вымораживается от 75 до 85% общего количества воды, содержащейся в десерте;

- окончательное взбивание через час после начала закаливания для достижения максимальной взбитости десерта.

Авторы отмечают некоторые технологические и физико-химические особенности процесса производства замороженного десерта, а именно:

- пастеризация смеси для десерта приводит к повышению уровня сухих веществ и, как следствие, к увеличению вязкости;

- в ходе созревания смеси происходит изменение размера частиц дисперсной фазы, формируются новые компоненты (воздушные пузырьки, кристаллы льда и лактозы), происходит гидратация агара и молочного белка, в смеси и на поверхности жировых шариков адсорбируются различные вещества, отвердевают глицириды молочного жира, доля которого составляет примерно 40%. Более того, этап созревания позволяет избежать оттаивания части кристаллизованной воды и появлению крупных кристаллов льда при закаливании;

- в ходе взбивания смесь обогащается воздухом, образуются ячейки, отделенные друг от друга частично замороженной смесью, что определяет структуру и консистенцию десерта. В случае, если уровень взбитости недостаточен – десерт плотный, структура грубая, если слишком высок, то продукт приобретает снежистую консистенцию при хлопьевидной структуре. Авторами опытным путем было установлено, что применение операции взби-

вания единожды или дважды в процессе созревания или перед закаливанием не позволяет достичь 100% требуемого уровня взбитости, поэтому в технологической схеме производства замороженного десерта применен этап взбивания по истечении одного часа закаливания;

- при закаливании глицириды молочного жира практически полностью переходят в твердую фазу, а у жидкого жира – только малая часть. Процесс закаливания позволяет получить продукт с плотной структурой и более длительными сроками хранения.

Разработанный десерт обладает нежной сливочной структурой, слегка плотной с кремовым оттенком, легким фруктово-овощным ароматом, молочным, сладким вкусом с яблочной кислинкой.

Анализ показателей пищевой ценности показал, что 100 г десерта содержат в своем составе 2,51 г белков, 2,05 г жира, 9,06 г углеводов, имеет энергетическую ценность около 66 ккал, что позволяет отнести его к низкокалорийным. По минеральному составу десерта следует отметить, что 100 г продукта удовлетворяют от 7,7 до 8,1 г суточной потребности в калии, кальции, фосфоре и железе, по содержанию витаминов – от 4,9 до 6,3% суточной потребности в витаминах В₂, В₅ и С. Данный уровень минеральной и витаминной обеспеченности позволяет отнести разработанный продукт к профилактическому.

Гликемическая нагрузка продукта составляет 3,88, данный уровень считается низким, что позволяет рекомендовать продукт для питания лиц, страдающих сахарным диабетом.

Разработанный замороженный десерт был подвергнут микробиологическим испытаниям, которые подтвердили соответствие продукта по всем нормируемым показателям согласно СанПиН 2.3.2.1078-01, а именно: в 25 г не содержится патогенных организмов, в том числе сальмонелл, а также листерий *L. monocytogenes*. КМАФАнМ составляет 100 КОЕ/г, БГКП (колиформы) не обнаружены в 0,01 г десерта, стафилококк и *S. aureus* – в 1 г [12].

Изложенные выше теоретические и экспериментальные данные свидетельствуют о целесообразности использования сочетание пюре из топинамбура, яблока и моркови в рецептуре замороженного десерта. Это под-

тверждается высокими показателями органолептики, низкой гликемической нагрузкой и пищевой ценностью. Богатый минеральный и витаминный состав позволяет рассматривать разработанную десертную продукцию как профилактическую.

Заключение. В ходе исследования авторами был проведен анализ патентных и иных источников в области замороженных десертов, проведены исследования рынка десертной продукции в заведениях общественного питания г. Краснодара на предмет возможности потребления ее в пищу лицами, имеющими ограничения в питании. Результаты исследований позволили обосновать актуальность разработанного фруктово-овощного мороженого, позиционирующего как диетическая продукция. Источником кальция и казеина выступает его молочная основа, а пищевых волокон и природных сахаров – фруктово-овощная часть. Использование топинамбура и яблок обогатило химический состав пектино-

выми веществами и дало возможность уменьшить количество вводимого стабилизатора агара, а это, в свою очередь, положительно отразилось на увеличении взбитости, что отмечено при органолептической оценке. Оптимальный уровень сладкого вкуса достигнут за счет подобранного сочетания компонентов без использования дополнительных сахарозаменителей. Уровень гликемической нагрузки низкий (3,88). Уменьшение содержания жира связано с заменой сливок молоком, что отразилось на получении низкокалорийного десерта (66,07 ккал). Данный десерт с учетом выявленных значений микробиологических показателей не превышает допустимого уровня, установленного нормативно-правовыми актами РФ, ТР ТС 021/2011. С учетом вышеизложенного, можно рекомендовать данное изделие для реализации в торговой сети, предприятиях общественного питания и употребления в пищу в домашних условиях.

Список литературы

1. Алексеев В. А., Шарафетдинов Х. Х., Плотникова О. А. Основные принципы диетотерапии при сахарном диабете 2 типа: акцент на антиоксидантную защиту и дисфункцию эндотелия // Вопросы питания. 2022. Т. 91. № 4. С. 6–18. DOI: 10.33029/0042-8833-2022-91-4-6-18. EDN: JNBVKW
2. Специализированное питание при сахарном диабете / Р. Ю. Шахова, Г. А. Губаненко, О. В. Киселева [и др.] // Торговля, сервис, индустрия питания. 2023. Т. 3. № 1. С. 22–39. EDN: ZMRWOF
3. Короткова А. А., Рысев И. Н. Диабетическое мороженое адекватного углеводного состава // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Том 1. № 1. С. 265–270. DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-265-270. EDN: EMZQFX
4. Ландиховская А. В., Творогова А. А. Нутриентный состав мороженого и замороженных десертов: современные направления исследований // Пищевые системы. 2021. Т. 4. № 2. С. 74–81. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-2-74-81. EDN: CZYNOF
5. Дорн Г. А. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений в отношении диабетических кондитерских изделий // Агропродовольственная политика России. 2020. № 4. С. 6–11. EDN: UVJJKF
6. Догарева Н. Г., Мирошникова Е. П. Разработка технологии обогащенного низкожирного мороженого // Молочная река. 2020. № 4(80). С. 52–55. EDN: BSBNBM
7. Заикина М. А. Применение сырья с низким гликемическим индексом в технологии мучных кондитерских изделий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 1. С. 10–16. EDN: LNNOFT
8. Дягилева П. Д., Горелик О. В. Стевия – натуральный сахарозаменитель // Молодежь и наука. 2021. № 4. С. 2. EDN: CNBLDV
9. Тигрян В. Ж., Кочарьян А. Г. Натуральные сахарозаменители. Их преимущества и применение // Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки. 2021. № 10(91). С. 41–46. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.1.91.1475. EDN: TVUKDH
10. Портнов Н. М., Розанов В. Б. Практическое использование базы данных гликемических индексов для расчёта гликемической нагрузки продуктов в компьютерной программе оценки фактического питания // Врач и информационные технологии. 2019. № 2. С. 19–28. EDN: OAUOCK
11. Мороженое с заменой сахарозы / А. А. Творогова, Н. В. Казакова, А. В. Ландиховская [и др.] // Молочная промышленность. 2021. № 5. С. 46–48. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-05-46-48. EDN: ONCOCJ
12. Ефименко М. О., Степанов А. В. Оценка качества мороженого по микробиологическим показателям // Молодежь и наука. 2019. № 3. С. 61. EDN: SQCAZA

References

1. Alekseev V.A., Sharafetdinov Kh.Kh., Plotnikova O.A. Basic principles of dietary therapy in type 2 diabetes mellitus: focus on antioxidant protection and endothelial dysfunction. *Voprosy Pitaniia*. 2022;91(4): 6–18. (In Russ.). DOI: 10.33029/0042-8833-2022-91-4-6-18. EDN: JHBBKW
2. Shakhova R.Yu., Gubanenko G.A., Kiseleva O.V. [et al.]. Specialized nutrition for diabetes mellitus. *Trade, Service, Food Industry*. 2023;3(1):22–39. (In Russ.). EDN: ZMRWOF
3. Korotkova A.A., Rysev I.N. The diabetic ice-cream with the adequate carbohydrate composition. *Aktual'nyye voprosy molochnoy promyshlennosti, mezhotraslevyye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom*. 2020;1(1):265–270. (In Russ.). DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-265-270. EDN: EMZQFX
4. Landikhovskaya A.V., Tvorogova A.A. Ice cream and frozen desserts nutrient compositions: current trends of researches. *Food systems*. 2021;4(2):74–81. (In Russ.). DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-2-74-81. EDN: CZYNOF
5. Dorn G.A. Marketing research of consumer preferences in regarding diabetic confectionery. *Agro-food policy in Russia*. 2020;(4):6–11. (In Russ.). EDN: UVJJKF
6. Dogareva N.G., Miroshnikova E.P. Development of technology for enriched low-fat ice cream. *Molochnaya reka*. 2020;4(80):52–55. (In Russ.). EDN: BSBNBM
7. Zaikina M.A. Use of low glycemic index raw materials in flour confectionery technology. *Technologies of the food and processing industry of AIC – healthy food*. 2022;(1):10–16. (In Russ.). EDN: LNNOFT
8. Dyagileva P.D., Gorelik O.V. Stevia – a natural sweetener. *Youth and science*. 2021;(4):2. (In Russ.). EDN: CNBLDV
9. Tigranyan V.Zh., Kocharyan A.G. Natural sweeteners. Their advantages and application. *Eurasian Union of Scientists. Series: technical and physical and mathematical sciences*. 2021;10(91):41–46. (In Russ.). DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.1.91.1475. EDN: TVUKDH
10. Portnov N.M., Rozanov V.B. Practical use of the database of glycemic indices for the calculation of the glycemic load of foods in computerized programs for assessing actual nutrition. *Vrach i informacionnye tehnologii [Medical doctor and information technologies]*. 2019;(2):19–28. (In Russ.). EDN: OAUOCK
11. Tvorogova A.A., Kazakova N.V., Landikhovskaya A.V. [et. al.]. Ice cream with sucrose replacement. *Dairy industry*. 2021;(5):46–48. (In Russ.). DOI: 10.31515/1019-8946-2021-05-46-48. EDN: ONCOJ
12. Efimenko M.O., Stepanov A.V. Assessing the quality of ice cream by microbiological indicators. *Youth and science*. 2019;(3):61. (In Russ.). EDN: SQCAZA

Сведения об авторах

Корнева Ольга Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 5171-7120

Тамова Майя Юрьевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 2293-6867

Джум Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 6885-0298

Шаламай Ирина Витальевна – магистрант направления подготовки 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

Information about the authors

Olga A. Korneva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN-code: 5171-7120

Maya Yu. Tamova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN-code: 2293-6867

Tatiana A. Dzhum – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN-code: 6885-0298

Irina V. Shalamai – Master's student in the field of study 19.04.04 Technology of products and organization of public catering, Kuban State Technological University

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 29.08.2024;
одобрена после рецензирования 11.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.*

*The article was submitted 29.08.2024;
approved after reviewing 11.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.*

Научная статья

УДК 663.433

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-145-151

Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса ферментных препаратов

Мадина Борисовна Хоконова

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

dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

Аннотация. Данная работа посвящена выявлению изменений амилолитической активности и физико-химических показателей солода при обработке их комплексом ферментов. Для солодоращения применяли яровые сорта ячменя – Приазовский 9 (пивоваренный) и Виконт, допущенные к использованию в Северокавказском регионе. При солодоращении использовали следующие ферменты: Эльзим ПГА, Эльзим ПК, Эльзим БМА, Эльзим БАТ, Эльзим КС. Для усиления действия ферментов приготовили диэнзимную композицию (ДЭК), состоящую из Амилосубтилина ГЗх + Церемикса 6Х МГ в соотношении 1:1. Внесение всех ферментов способствует повышению амилолитической активности солода по сравнению с контролем. Наиболее высокую амилолитическую активность имели образцы солода, приготовленные с применением Эльзим КС. Исследования показали, что внесение ДЭК в концентрации 0,1% к массе зерна во время солодоращения повышает амилолитическую активность свежепросожденного солода по сравнению с контролем и образцами солода, в которые препараты были внесены индивидуально. Определено, что лучшим растворением обладал солод, полученный при использовании Эльзим КС. У обоих сортов об этом можно судить по увеличению экстрактивности, содержанию редуцирующих веществ и аминного азота. В лучшую сторону выделился сорт пивоваренного ячменя Приазовский 9. Применение ДЭК позволило улучшить качество солода, увеличить экстрактивность, число Кольбаха, содержание сбраживаемых веществ лабораторного суслу – аминного азота и редуцирующих веществ, снизить вязкость и увеличить амилолитическую активность ферментов солода. Для улучшения качества солода, полученного из отечественных сортов ячменя, можно рекомендовать ДЭК и Эльзим КС.

Ключевые слова: солодоращение, сорта ячменя, комплексы ферментов, амилолитическая активность, показатели качества, экстрактивность

Для цитирования. Хоконова М. Б. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса ферментных препаратов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 145–151.
doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-145-151

Original article

Possibility of intensifying malting through use of a complex of enzyme preparations

Madina B. Khokonova

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

dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

Abstract. This work is devoted to identifying changes in the amylolytic activity and physicochemical parameters of malt when they are treated with a complex of enzymes. For malting, spring barley varieties were used: Priazovsky 9 (brewery) and Viscount, approved for use in the North Caucasian region. The following enzymes were used for malting: Elzym PGA, Elzym PC, Elzym BMA, Elzym BAT, Elzym KS. To enhance the action of the enzymes, a dienzyme composition (DEC) was prepared, consisting of Amylosubtilin G3x + Ceremix 6X MG in a 1:1 ratio. The addition of all enzymes helps to increase the amylolytic activity of malt compared to the control. Malt samples prepared using Elzym KS had the highest amylolytic activity. Studies have shown that the addition of (DEC) at a concentration of 0.1% by weight of the grain during malting increases the amylolytic activity of freshly sprouted malt compared to the control and malt samples in which the drugs were added individually. It was determined that the malt obtained using Elzym KS had the best dissolution. In both varieties this can be judged by the increase in extract content, the content of reducing substances and amine nitrogen. The malting barley variety Priazovsky 9 stood out for the better. The use of DEC made it possible to improve the quality of the malt; increase extractivity, Kolbach number, content of fermentable substances of laboratory wort – amine nitrogen and reducing substances, reduce viscosity and increase the amylolytic activity of malt enzymes. To improve the quality of malt obtained from domestic barley varieties, we can recommend DEC and Elzym KS.

Keywords: malting, barley varieties, enzyme complexes, amylolytic activity, quality indicators, extract content

For citation. Khokonova M.B. Possibility of intensifying malting through use of a complex of enzyme preparations. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):145–151. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-145-151

Введение. Одна из актуальных задач пивоваренной промышленности Кабардино-Балкарии – организация солодовенного производства на базе отечественных сортов пивоваренного ячменя [1]. Во-первых, ячмень для пивоваренных целей должен соответствовать ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный. Технические условия», согласно которому содержание крахмала должно быть не менее 60%, белка не более 12% и экстрактивность, т.е. количество сухих веществ, используемых в сбраживании, не менее 75%. Для получения ячменя с такими характеристиками необходимы два условия: выращивание без азотных удобрений и прохладная погода в период созревания зерна. Во-вторых, солод из такого ячменя получается с высокими качественными характеристиками, соответствующий ГОСТ 29294-2021 «Солод пивоваренный. Технические условия».

На качество пива влияет химический состав ячменя. Пивоваренный ячмень должен иметь тонкую цветочную пленку, составляющую не более 7-9% массы зерен. Толстые пленки содержат больше полифенольных и горьких веществ, ухудшающих вкус пива. Важная технологическая характеристика – белковистость ячменя [2].

Соложение низкобелкового и высокобелкового ячменя требует разного режима: для

первого – холодного, для второго – теплого. Особая роль принадлежит влажности, так как все ферментативные процессы осуществляются только в водной среде. Высокобелковый ячмень для своего цитолитического и белкового растворения требует более высокой влажности, чем низкобелковый [3, 4].

Основным показателем для ведения солодоращения является равномерное развитие зародышевого листка, низкое число непроросших зерен и характер растворения мучнистого тела зерна. Длина зародышевого листка должна составлять от 2/3 до 3/4 длины зерна, для высокобелковистых – 3/4 – 1; число полностью непроросших зерен не выше 4%. Верхняя половина зерна должна легко растираться [5–8].

Целью работы являлось выявление изменений амилолитической активности и физико-химических показателей солода при обработке их комплексом ферментов.

Материалы, методы и объекты исследования. В исследованиях замачивание ячменя проводили воздушно-водяным способом при температуре 14-17°C до достижения влажности 43%. Ферментный препарат добавляли в замоченную воду в количестве 0,1% к массе замоченного ячменя и выдерживали 6 ч. Солод проращивали в солодорастильных ящиках пять суток, при этом поднимая температуру поэтапно с 14 до 17°C.

Количество влаги при этом составила 46%. При солодоращении контролем служил образец ярового ячменя, не подвергавшийся ферментной обработке.

Методика исследований общепринятая в пивоваренной отрасли [9].

При солодоращении использовали следующие ферменты: Эльзим ПГА – ферментный препарат, используемый в пивоварении на основе глюкоамилазы для осахаривания частично гидролизованного крахмала и декстринов до глюкозы в заторе при производстве пива; Эльзим ПК – ферментный препарат, используемый в пивоварении на основе кислот протеазы для гидролиза белков с образованием низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот в пивоваренном производстве; Эльзим БМА – ферментный препарат, используемый в пивоварении на основе мезофильной α -амилазы для гидролиза и разжижения клейстеризованного крахмала в пивоваренном производстве при стандартных температурах затирания; Эльзим БАТ – ферментный препарат, используемый в пивоварении на основе термостабильной α -

амилазы для гидролиза и разжижения клейстеризованного крахмала в пивоваренном производстве при повышенных температурах затирания; Эльзим КС – ферментный препарат, используемый в пивоварении и содержащий ксиланазный и бета-глюканазный ферментный комплекс для гидролиза некрахмалистых полисахаридов солода и несоложенных зернопродуктов и снижения вязкости суслу в пивоваренном производстве.

Чтобы усилить действие ферментов, приготовили диэнзимную композицию (ДЭК), состоящую из Амилосубтилина ГЗх + Церемикса 6Х МГ в соотношении 1:1.

Для солодоращения применяли яровые сорта ячменя – Приазовский 9 (пивоваренный) и Виконт, допущенные к использованию в Северокавказском регионе.

Результаты исследования. Основной показатель, определяющий качество пивоваренного солода – амилолитическая активность [10]. На рисунке 1 представлен график показателей амилолитической активности полученного пивоваренного солода из ярового ячменя сорта Приазовский 9:

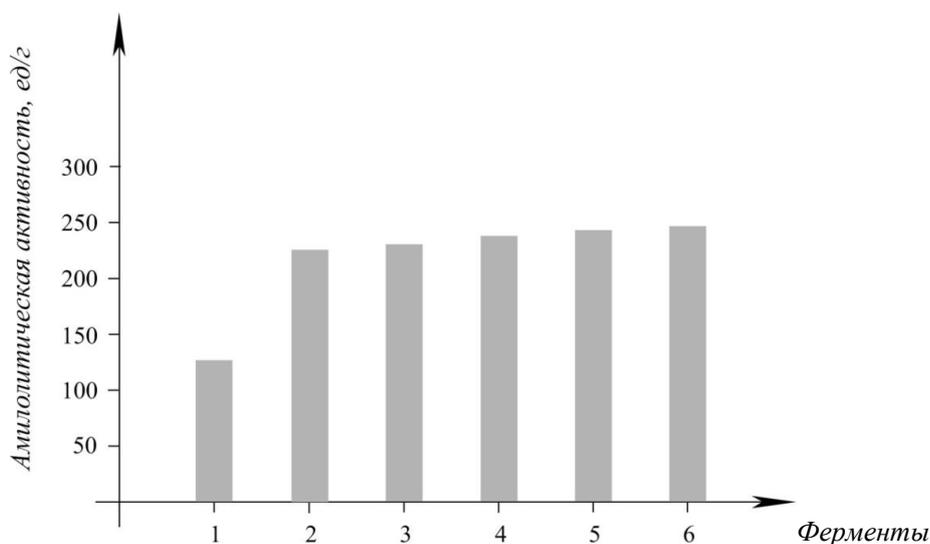


Рисунок 1. Варианты по показателям качества солода, с обработкой ферментами (сорт Приазовский 9):

1 – контроль без ферментов; 2 – Эльзим ПГА, 3 – Эльзим ПК; 4 – Эльзим БМА;

5 – Эльзим БАТ; 6 – Эльзим КС

Figure 1. Options for malt quality indicators, with enzyme treatment (Priazovsky 9 variety):

1 – control without enzymes; 2 – Elzyme PGA; 3 – Elzyme PC; 4 – Elzyme BMA;

5 – Elzyme BAT; 6 – Elzyme KS

У полученного свежепросоженного солода при внесении Эльзим ПГА, Эльзим ПК, Эльзим БМА, Эльзим БАТ амилолитическая активность увеличивалась на 9,4; 4,5; 11,8; 12,4 и 18,4% по сравнению с контролем.

Низкими показателями по амилолитической активности отмечен солод, полученный с применением Эльзим ПГА и Эльзим ПК.

Максимальная амилолитическая активность на варианте солода с примене-

нием Эльзим КС. Обработка солода ферментным комплексом ДЭК повысило амилитическую активность полученного солода в сравнении с контролем и другими вариантами применения ферментов. Максимальное увеличение составило 30,3% при сравнении с контрольным вариантом. Процесс характеризуется освобождением ферментов солода,

за счет чего наблюдается увеличение амилитической активности солода.

Далее исследовали физико-химические и технологические показатели опытного солода. Данные показатели в результате обработки ферментами были значительно выше контроля (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические показатели качества солода с применением ферментов
Table 1. Physico-chemical indicators of malt quality using enzymes

Показатель	Солод с ферментными препаратами					
	контроль	Эльзим ПГА	Эльзим ПК	Эльзим БМА	Эльзим БАТ	Эльзим КС
сорт Приазовский 9						
Влажность, %	6,2	5,8	5,7	5,4	5,3	4,6
Экстрактивность, %	76,7	77,9	78,0	78,3	79,2	79,9
Кислотность, к. ед.	1,1	1,0	0,98	0,97	0,97	0,95
Цветность, ц. ед.	0,31	0,29	0,26	0,25	0,23	0,20
Вязкость, мПА · с	1,62	1,59	1,56	1,51	1,48	1,45
Аминный азот, мг/100 г экстракта	272,2	264,0	263,4	262,2	261,0	260,2
Редуцирующие вещества, г/100 г экстракта	68,0	69,2	69,5	71,9	73,8	77,0
сорт Виконт						
Влажность, %	6,0	5,6	5,5	5,2	4,9	4,4
Экстрактивность, %	76,4	77,6	77,9	78,1	79,0	79,8
Кислотность, к. ед.	1,2	1,1	1,0	0,96	0,98	0,91
Цветность, ц. ед.	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18
Вязкость, мПА · с	1,61	1,54	1,52	1,48	1,44	1,41
Аминный азот, мг/100 г экстракта	272,3	265,0	264,4	263,2	262,0	261,2
Редуцирующие вещества, г/100 г экстракта	66,0	68,8	69,1	71,5	73,4	76,3

Анализируя данные таблицы, видим, что при использовании фермента Эльзим КС полученный солод отличался лучшим растворением. Наиболее высокие показатели по экстрактивности сусле, редуцирующим веществам, аминному азоту в экстракте были у сорта Виконт, что превышало при сравнении с контрольным вариантом на 9,0; 10,0 и 10,9%. При рассмотрении кислотности и цветности сусле у обоих сортов наблюдалось увеличение на 14,8 и 18,5%, а по показателю вязкости сусле отмечено снижение до 12,4%.

Влияние диэнзимной композиции показало улучшение всех показателей готового со-

лода, по сравнению с контролем у сортов Приазовский 9 и Виконт повысилась экстрактивность сусле на 3,6 и 4,0%, аминный азот также увеличился на 13,5 и 15,6% и редуцирующие вещества на 9,2 и 8,5%.

По показателю влажности все варианты у обоих сортов соответствуют нормативной документации, но лучшими показателями отмечен вариант с использованием фермента Эльзим КС, при котором у сорта Приазовский 9 составила 4,6%, что на 0,2% меньше, чем у сорта Виконт.

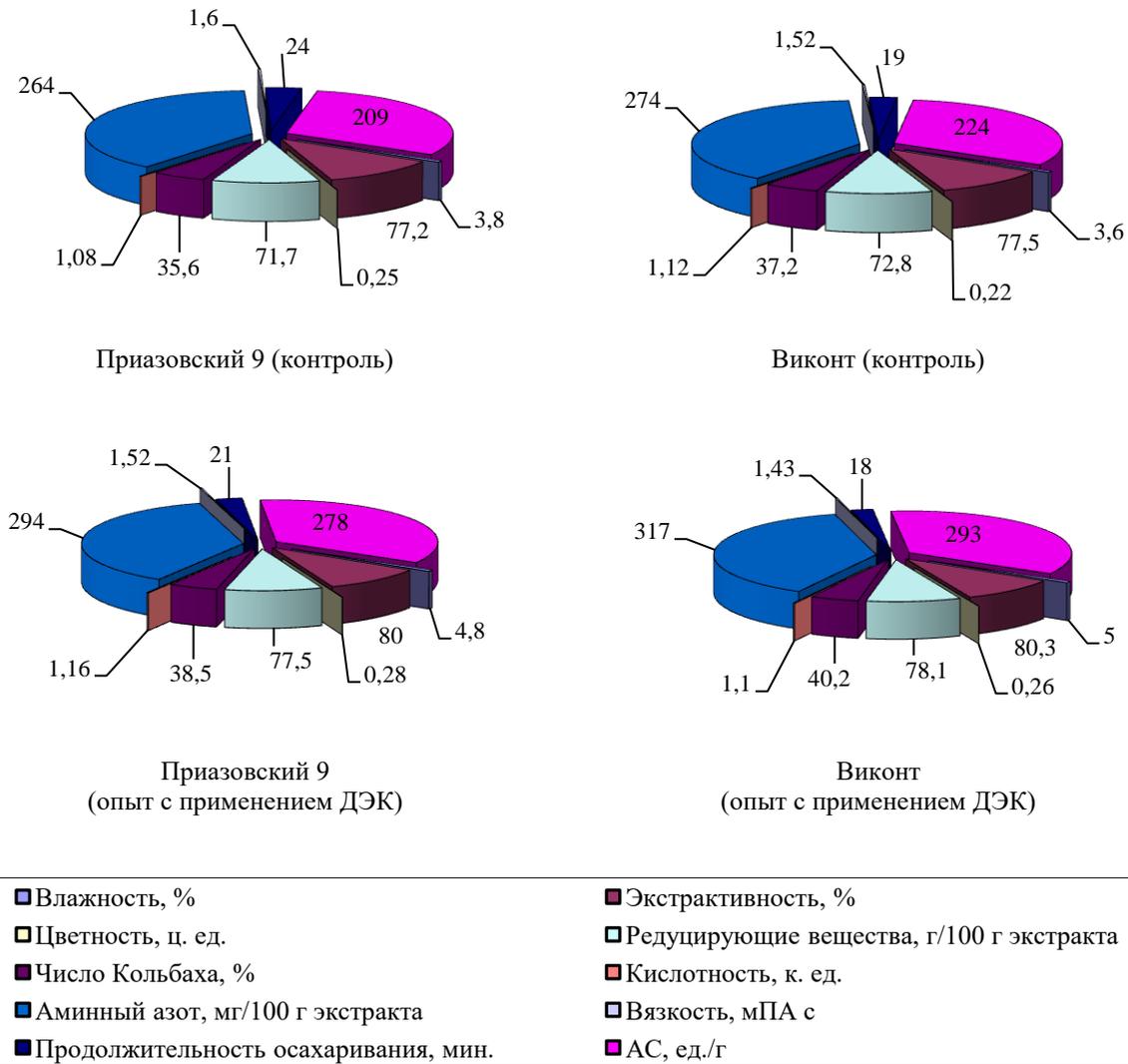


Рисунок 2. Показатели качества солода из ячменя сортов Приазовский 9 и Виконт, обработанного ДЭК

Figure 2. Quality indicators of malt from barley varieties Priazovsky 9 and Viscount treated with DEC

Анализы качества полученного солода показали, что в присутствии диэнзимной композиции, такие показатели как число Кольбаха, определяющий растворимость солода, полученного из ярового ячменя сорта Приазовский 9, увеличилось на 8,5%, а у сорта Виконт меньше на 0,3%. В результате отмечалось накопление активных ферментов, приведших к увеличению кислотности лабораторного сула из сортов Приазовский 9 и Виконт на 7,4 и 7,2% соответственно. Показатель вязкости сула у этих же сортов по сравнению с контролем – без обработки также снизился на 4,9 и 5,9%.

Такая же ситуация и на фоне применения диэнзимной композиции по показателю ами-

политической активности у сортов Приазовский 9 и Виконт, где увеличение наблюдается в рамках 32,8 и 32,0%.

После готовый солод анализировали по органолептическим показателям, а именно по внешнему виду, цвету, вкусу и запаху (табл. 2).

Данные таблицы свидетельствуют, что все варианты с применением ферментов и ДЭК по органолептическим показателям соответствуют ГОСТ 29294-2021 «Солод пивоваренный. Технические условия». В лучшую сторону отмечены варианты с использованием фермента Эльзим КС и ДЭК, где вкус свежепросоженного солода – слегка огуречный, запах – интенсивный солодо-

вый, цвет светло желтый или желтый. Полученный на контроле солод не обладал огуречным запахом и был сладковатый на

вкус, что говорит о протекавших в нем реакциях физико-химического и биохимического характера.

Таблица 2. Органолептические показатели качества солода с применением ферментов
Table 2. Organoleptic indicators of malt quality using enzymes

Показатель	Солод с ферментными препаратами						
	контроль	Эльзим ПГА	Эльзим ПК	Эльзим БМА	Эльзим БАТ	Эльзим КС	ДЭК
Внешний вид	Зерновая масса, однородная по цвету, без вредителей						
Цвет	от светло желтого до желтого	от желтого до темно- желтого	от желтого до темно- желтого	от светло желтого до светло- коричнево- го	от светло желтого до светло- коричнево- го	от светло желтого до желтого	от светло желтого до желтого
Вкус	солодо- вый, слад- коватый	солодовый, сладковатый	солодовый, сладкова- тый	солодовый, сладкова- тый	солодовый, слегка сладкова- тый	солодовый, слегка огуречный	солодовый, слегка огуречный
Запах	солодовый	солодовый, слабо выра- женный	солодовый, слабо выра- женный	солодовый, слабо выра- женный	солодовый, слабо выра- женный	солодовый, более выра- женный	солодовый, более выра- женный

Выводы. Таким образом, как следует из результатов исследований, в лучшую сторону выделился сорт пивоваренного ячменя Приазовский 9. Применение ДЭК позволило улучшить качество солода; увеличить экстрактивность, число Кольбаха, содержание сбраживаемых веществ лабораторного сула

– аминного азота и редуцирующих веществ, снизить вязкость и увеличить амилолитическую активность ферментов солода. Для улучшения качества солода, полученного из отечественных сортов ячменя, можно рекомендовать ДЭК и Эльзим КС.

Список литературы

1. Хоконова М. Б. Применение ферментных препаратов в производстве пивоваренного солода // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2016. № 1(11). С. 50–54. EDN: ZCRGPI
2. Минходжов С. Н., Ермолаева Г. А. Исследование ячменя республики Таджикистан // Пиво и напитки. 2008. № 1. С. 21.
3. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 244–248. EDN: UHGQSI
4. Хоконова М. Б., Терентьев С.Е. Рациональные способы дозировки хмеля в пивоваренном производстве // Пиво и напитки. 2017. № 2. С. 22–24. EDN: YMFMBZ
5. Ашапкин В. В., Кутуева Л. И., Захарова М. Г. Контроль качества продукции физико-химическими методами: учеб. пособие для студ. вузов. Москва: ДеЛи принт, 2005. 124 с.
6. Биохимия / под. ред. Северина Е. С. 5-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 316 с.
7. Нечаев А. П., Шуб И. С., Аношина О. М. Технология пищевых производств / под. ред. А. П. Нечаева. Москва: КолосС, 2005. 768 с.
8. Качмазов Г. С. Дрожжи бродильных производств [Электронный ресурс]: практическое руководство. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 224 с. URL: <http://e.lanbook.com>

9. Ермолаева Г. А. Справочник работника пивоваренного предприятия. Санкт-Петербург: Профессия, 2004. 536 с.
10. Фараджева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология бродильных производств: учеб. пособие. Москва: Колос, 2002. 408 с.

References

1. Khokonova M.B. Application of enzyme preparations in the production of brewing malt. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2016;1(11):50–54. (In Russ.). EDN: ZCRGPI
2. Minhodzhov S.N., Ermolaeva G.A. Research on barley of the Republic of Tajikistan. *Beer and Drinks*. 2008;(1):21. (In Russ.)
3. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of grain mashes saccharified with enzymes of deep malt culture. *Aktual'naya biotekhnologiya*. 2019;3(30):244–248. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2304-4691-2019-3-244-248>. EDN: UHGQSI
4. Khokonova M.B., Terent'ev S.E. Rational ways of dosing hop in brewing industry. *Beer and Drinks*. 2017;(2):22–24. (In Russ.). EDN: YMFMBZ
5. Ashapkin V.V., Kutueva L.I., Zaharova M.G. *Kontrol' kachestva produktsii fiziko-khimicheskimi metodami: ucheb. posobiye dlya stud. vuzov* [Product quality control using physical and chemical methods: textbook. aid for students universities]. Moscow: DeLi print, 2005. 124 p. (In Russ.)
6. *Biohimiya* [Biochemistry]. Edited by E.S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 316 p. (In Russ.)
7. Nechaev A.P., Shub I.S., Anoshina O.M. *Tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. Pod. red. A.P. Nechayeva* [Technology of food production. Edited by A.P. Nechaev]. Moscow: KolosS, 2005. 768 p. (In Russ.)
8. Kachmazov G.S. *Drozhzhi brodil'nykh proizvodstv: prakticheskoye rukovodstvo* [Fermentation yeast: a practical guide]. [Electronic resource]. Saint Petersburg: Lan', 2012. 224 p. URL: <http://e.lanbook.com> (In Russ.)
9. Ermolaeva G.A. *Spravochnik rabotnika pivovarennogo predpriyatija* [Brewery Worker's Handbook]. Saint Petersburg: Professija, 2004. 536 p. (In Russ.)
10. Faradzheva E.D., Fedorov V.A. *Obshhaja tehnologija brodil'nykh proizvodstv: ucheb. posobie* [General technology of fermentation production: textbook. allowance]. Moscow: Kolos, 2002. 408 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Хоконова Мадина Борисовна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Information about the author

Madina B. Khokonova – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, Professor of the department of technology production and processing of agricultural products, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Статья поступила в редакцию 03.05.2024;
одобрена после рецензирования 22.05.2024;
принята к публикации 03.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024;
approved after reviewing 22.05.2024;
accepted for publication 03.06.2024.

Научная статья

УДК 641.1/3

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-152-163

Использование аквафабы в производстве ягодных муссов

Наталья Тимофеевна Шамкова^{✉1}, Татьяна Алексеевна Симоненко²,
Татьяна Витальевна Тютюник³, Вероника Олеговна Якушева⁴

Кубанский государственный технологический университет», ул. Московская, 2, Краснодар,
Россия, 3500072

^{✉1}shamkova75@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-6502>

²tatyana.ktek@bk.ru

³tanya.tyutyunik.01@bk.ru

⁴yakushevamonika18@yandex.ru

Аннотация. Целью исследований явилась разработка технологии сладких блюд с использованием отвара из зернобобовых – аквафабы и оценка их потребительских свойств. Сравнительная оценка качества аквафабы из фасоли белой, фасоли красной, чечевицы, нута и бобов эдамаме, получаемых в специализированном цехе сети ресторанов «LUBO» г. Краснодар, показала, что наилучшими органолептическими и пенообразующими свойствами обладает аквафаба из бобов эдамаме. В сравнении с контрольным образцом, взбитость аквафабы из бобов эдамаме была выше на 19,5%. Установлено, что аквафаба из бобов эдамаме содержит 4,62% белка, 10,6% углеводов, более 4,5% органических кислот, богата минеральными веществами: калием – 278,80 мг%, натрием – 267,50 мг%, кальцием – 47,50 мг%, магнием – 34,20 мг%, фосфором – 92,00 мг%, а также содержит цинк, медь и др., что обосновывает целесообразность её использования в производстве сладких блюд со взбивной структурой. Исследовали влияние температуры взбивания от плюс 4°C до плюс 55°C, продолжительности взбивания от 5 до 15 мин и интенсивности взбивания от 600 до 1000 об/мин на органолептическую оценку, взбитость и устойчивость пены через 30 мин аквафабы из бобов эдамаме. Регрессионный анализ проводили в Statistica v.10, решение задачи математического программирования – в MathCAD v.15. Установлены оптимальные параметры взбивания аквафабы из бобов эдамаме: температура плюс 4°C, продолжительность взбивания 10 мин, интенсивность взбивания 1000 об/мин. С учетом этого разработаны технология и рецептуры ягодных муссов с аквафабой. Исследованы показатели качества мусса из чёрной смородины и мусса из малины с аквафабой. Установлено, что через сутки хранения при температуре плюс 6°C они не изменили структурные и вкусовые характеристики. Разработанная продукция соответствует гигиеническим нормативам по показателям качества и пищевой безопасности ТР ТС 021/2011. Благодаря отсутствию яйцепродуктов, лактозы и глютена, данная продукция может использоваться в диетическом питании. Практическая значимость исследования состоит в адаптации технологических режимов производства муссов с аквафабой к условиям предприятий общественного питания.

Ключевые слова: аквафаба, режим взбивания, мусс, ягоды, технологическая схема, рецептура, пищевая ценность

Для цитирования. Шамкова Н. Т., Тютюник Т. В., Симоненко Т. А., Якушева В. О. Использование аквафабы в производстве ягодных муссов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3 (45). С. 152–163. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-152-163

Original article

Using aquafaba in the production of berry mousses

Natalia T. Shamkova^{✉1}, Tatyana A. Simonenko²,
Tatyana V. Tyutyunik³, Veronika O. Yakusheva⁴

Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya Street, Krasnodar, Russia, 3500072

✉¹shamkova75@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-6502>

²tanya.tyutyunik.01@bk.ru

³tatyana.ktek@bk.ru

⁴yakushevamonika18@yandex.ru

Abstract. The aim of the research was to develop a technology for sweet dishes using a decoction of legumes - aquafaba and to evaluate their consumer properties. A comparative assessment of the quality of aquafaba from white beans, red beans, lentils, chickpeas and edamame beans obtained in a specialized workshop of the LUBO restaurant chain in Krasnodar showed that aquafaba from edamame beans has the best organoleptic and foaming properties. In comparison with the control sample, the whipping of aquafaba from edamame beans was 19.5% higher. It has been established that aquafaba from edamame beans contains 4.62% protein, 10.6% carbohydrates, more than 4.5% organic acids, is rich in minerals: potassium – 278.80 mg%, sodium – 267.50 mg%, calcium – 47.50 mg%, magnesium – 34.20 mg%, phosphorus – 92.00 mg%, and also contains zinc, copper, etc., which justifies the feasibility of its use in the production of sweet dishes with a whipped structure. The influence of whipping temperature from plus 4°C to plus 55 °C, whipping duration from 5 to 15 min and whipping intensity from 600 to 1000 rpm on the organoleptic assessment, whipping and foam stability after 30 min of edamame bean aquafaba was studied. Regression analysis was performed in Statistica v.10, and the mathematical programming problem was solved in MathCAD v.15. The optimal parameters for whipping edamame bean aquafaba were established: temperature plus 4°C, whipping duration 10 min, whipping intensity 1000 rpm. Taking this into account, the technology and recipes for berry mousses with aquafaba were developed. The quality indicators of blackcurrant mousse and raspberry mousse with aquafaba were studied. It was found that after 24 hours of storage at a temperature of plus 6°C, their structural and taste characteristics did not change. The developed products comply with the hygienic standards for quality and food safety indicators of TR CU 021/2011. Due to the absence of egg products, lactose and gluten, these products can be used in dietary nutrition. The practical significance of the study lies in the adaptation of technological modes for the production of mousses with aquafaba to the conditions of public catering establishments.

Keywords: aquafaba, whipping mode, mousse, berries, technological scheme, formulation, nutritional value

For citation. Shamkova N.T., Simonenko T.A., Tyutyunik T.V., Yakusheva V.O. The use of aquafaba in the production of berry mousses. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):152–163. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-152-163

Введение. Популярностью у населения РФ различных возрастных групп пользуются сладкие блюда и десерты, благодаря высоким вкусовым свойствам, доступности и существующим пищевым традициям [1–3]. При этом в современной кулинарии востребованы продукты и блюда со взбивной структурой, такие как муссы, суфле, зефир, кремы и т.п. [4–6]. Для приготовления данной продукции в качестве пенообразователей применяются яичный белок, сливки, гидролизованные белковые вещества и др. Однако, не смотря на существующие рецептуры и технологии, ассортимент сладких блюд и десертов со взбивной структурой для людей со специфическими особенностями обмена веществ ограничен. Так, потребители, имеющие лактазную недостаточность, не могут употреблять коровьи сливки, люди с

глютенной энтеропатией – продукцию, содержащую злаковые культуры, а с аллергией на куриный белок – яйца и яйцепродукты [7].

Данные обстоятельства делают актуальными поиск и изучение свойств гипоаллергенных продуктов [8–10], обладающих пенообразующими свойствами. Перспективным продуктом, в этой связи, является аквафаба – побочный сырьевой ингредиент, получаемый при приготовлении зернобобовых. Аквафаба обладает теми же свойствами, что и сырой яичный белок. Но, являясь ценным пищевым сырьём, на предприятиях общественного питания она утилизируется в ходе технологического процесса.

«Аквафаба» (от лат. *aqua* – вода, *faba* – бобы) отличается уникальным сочетанием белков, крахмала и других растворимых веществ, которые переходят в воду в процессе

отваривания зернобобовых. Эти пищевые нутриенты придают аквафабе способность к связыванию и пенообразованию, загустению и эмульгированию [11–13]. Аквафаба содержит сложные олигосахариды и сапонины, за счет которых она легко поддается взбиванию. Крахмал, пектиновые вещества и пентозаны увеличивают вязкостные характеристики отвара зернобобовых. В формировании пены принимают участие клетчатка, крахмал, пектиновые вещества в комплексе с другими веществами, в том числе с аминокислотами [14].

С использованием аквафабы получено суфле, меренга [15], зефир [16] и другая продукция. Однако, авторами [17] отмечается ухудшение органолептических свойств продуктов, получаемых с применением аквафабы промышленного производства из-за присутствия характерного вкуса бобовых. Уточнения требуют технологические режимы взбивания аквафабы с целью получения устойчивой пенообразной системы в условиях предприятий общественного питания.

Целью исследования явилась разработка технологии производства сладких блюд с использованием отвара зернобобовых (аква-

фабы) с высокими потребительскими свойствами.

Материалы, методы и объекты исследования. Экспериментальные исследования проводились методами инструментального анализа на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» в трех повторностях, с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» КубГТУ (СКР_3111).

Для приготовления ягодных муссов использовали ягоды черной смородины и малины, произрастающие на территории Краснодарского края.

В качестве объектов исследования использовали отвары из фасоли белой, фасоли красной, чечевицы, нута и бобов эдамаме, полученные в условиях специализированного цеха сети ресторанов «LUBO», г. Краснодар, по технологиям, описанным ниже на рисунках 1 и 2. Процесс получения аквафабы в условиях предприятий общественного питания является не трудоемким, не требует наличия специального оборудования и дополнительных ингредиентов.



Рисунок 1. Технологическая схема получения аквафабы из фасоли белой, фасоли красной, чечевицы и нута

Figure 1. Technological scheme for obtaining aquafaba from white beans, red beans, lentils and chickpeas



Рисунок 2. Технологическая схема получения аквафабы из бобов эдамаме

Figure 2. Technological scheme for obtaining aquafabs from edamame beans

В качестве контроля использовали отвар бобовых круп (нута) сублимационной сушки производства ООО «Галактика Инк», г. Москва. Для приготовления контрольного образца к 10 г сухого продукта добавляли 150 г кипячёной воды температурой около 40°C, перемешивали, охлаждали и использовали по назначению.

В качестве результирующих критериев оценки качества отваров зернобобовых рассматривали балльную органолептическую оценку (Y_1), взбитость (Y_2) и устойчивость

пены из аквафабы через 30 мин (Y_3). Данные критерии являлись целевыми функциями.

Была получена математическая модель в виде:

$$y_1(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max$$

$$y_2(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max$$

$$y_3(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max$$

Результаты оценки органолептических показателей аквафабы из различных зернобобовых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Органолептические показатели аквафабы

Table 1. Organoleptic parameters of the aquafaba

Наименование показателя	Характеристика показателя				
	Бобы эдамаме	Фасоль белая	Фасоль красная	Чечевица	Нут
Внешний вид	слабо опалесцирующая жидкость	опалесцирующая жидкость	опалесцирующая жидкость	опалесцирующая жидкость, присутствует хлопьевидный осадок	слабо опалесцирующая жидкость
Цвет	светло-салатовый	бежевый	серовато-красный	серый	бледный песочно-жёлтый
Запах	слабо выраженный, свежий, травяной, свойственный эдамаме	слабо выраженный, свойственный фасоли	выраженный, свойственный красной фасоли	выраженный, свойственный чечевице	слабо выраженный, свойственный нуту
Вкус	нейтральный, с лёгкими травяными тонами	характерный вкус бобовых, слабо выраженная горечь	характерный выраженный вкус бобовых	характерный выраженный вкус бобовых	нейтральный, с легкими бобовыми тонами
Общая оценка, балл	5	4	3	3	5

Способность аквафабы к пенообразованию определяется площадью образуемой ею поверхности раздела фаз при взбивании. Для оценки пенообразующих свойств аквафабы взбитость рассчитывали по формуле:

$$\text{Взбитость} = \frac{\text{Объём пены}}{\text{Объём исходной жидкости}} \cdot 100 \quad (1)$$

Пену непосредственно после её получения аккуратно перемещали в мерный стакан ёмкостью 200 мл при помощи силиконовой

лопатки. Оценка взбитости проводилась путём десятикратного измерения и определения среднего арифметического значения.

Учитывалось влияние входных параметров: температуры взбивания от плюс 4°C до плюс 55°C (X_1), продолжительности взбивания от 5 до 15 мин (X_2) и интенсивности взбивания от 600 до 1000 об/мин (X_3). Регрессионный анализ проводили в Statistica v.10, решение задачи математического программирования – в MathCAD v.15.

Органолептическую оценку готовой продукции проводили в соответствии с ГОСТ 31986 и ГОСТ ISO 10399 с последующим построением сенсорных профилей, включающих оценку внешнего вида, аромата, консистенции, цвета и флейвора.

Результаты исследования. Выявлено, таблица 1, что наилучшими органолептическими свойствами обладали отвары из бобов

эдамаме и нута, представляющие собой слабо-опалесцирующую жидкость с нейтральным вкусом и слабо выраженным запахом (общая оценка 5 баллов). Поэтому проводили сравнение показателей качества данных образцов с нутовой аквафабой промышленного производства, используемой в качестве контрольного образца. На рисунке 3 показаны результаты определения взбитости аквафабы.

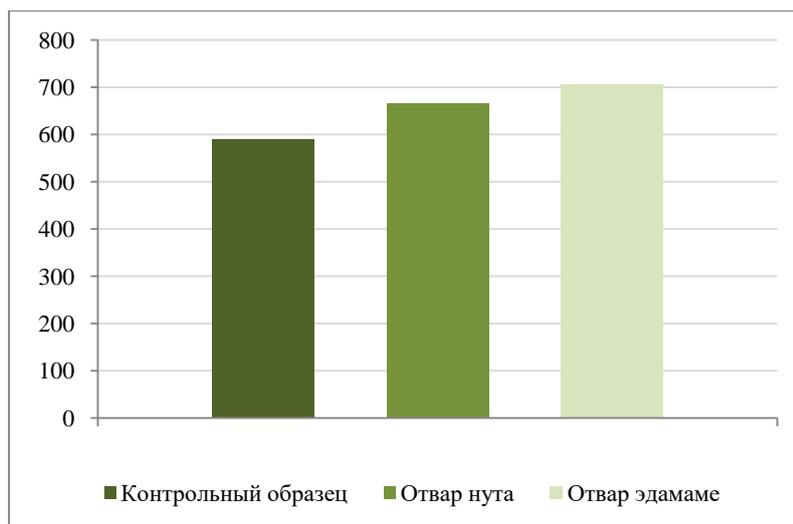


Рисунок 3. Взбитость аквафабы
Figure 3. The whipping of the aquafaba

Выявлено, что, в сравнении с контрольным образцом, взбитость аквафабы из нута была выше на 12,7%, а аквафабы из бобов эдамаме – на 19,5% соответственно. То есть аквафаба, полученная при отваривании бобов эдамаме, обладает наилучшей пенообразующей способностью.

Установлено, что аквафаба из бобов эдамаме содержит 4,62% белка, 10,6% углеводов, более 4,5% органических кислот, богата минеральными веществами: калием – 278,80 мг%, натрием – 267,50 мг%, кальцием – 47,50 мг%, магнием – 34,20 мг%, фосфором – 92,00 мг%, а также содержит цинк, медь и др., что обосновывает целесообразность её использования в производстве сладких блюд.

С целью обоснования технологии приготовления ягодных муссов с аквафабой проводили оптимизацию режима взбивания данного полуфабриката. План эксперимента и результирующие критерии исследования параметров взбивания аквафабы из бобов эдамаме приведены в таблице 2.

Построение линий уровня для целевых функций в программе Statistica v.10 позволило решить задачу графически. На рисунке 4 представлена функция отклика.

Звездочкой на рисунке 4 обозначена так называемая идеальная точка для нахождения минимального расстояния между ней и экспериментальными точками. Определено, что наилучший образец под номером 5 характеризуется значениями: $Y_1=5$, $Y_2=700$, Y_3 выше 70.

Проведённый анализ позволил установить оптимальные параметры взбивания аквафабы из бобов эдамаме, это:

- температура взбивания плюс 4°C;
- продолжительность взбивания 10 мин;
- интенсивность взбивания 1000 об/мин.

С учетом этого были разработаны технология и рецептуры ягодных муссов.

Технологическая схема получения ягодного мусса с аквафабой приведена на рисунке 5. Предварительно обработанные ягоды смородины или малины измельчают и протирают. Полученную пюреобразную массу

соединяют с кокосовым молоком, при перемешивании вводят смешанный с сахаром пектин. Массу доводят до кипения, кипятят при перемешивании в течение около трёх минут и вводят предварительно замоченный желатин. Снимают с огня и охлаждают. Ох-

лаждённую аквафабу взбивают в течение 10 мин до устойчивых пиков и объединяют с ягодной смесью при помощи венчика. Далее мусс порционируют и охлаждают при температуре от плюс 2°C до плюс 4°C в течение 4 часов.

Таблица 2. План эксперимента и результирующие критерии
Table 2. Experimental plan and resulting criteria

№ опыта	Входные параметры			Результирующие критерии		
	температура взбивания, °C	продолжительность взбивания, мин	интенсивность взбивания, об/мин	органолептическая оценка, балл	взбитость, %	устойчивость пены через 30 мин, %
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	4	5	600	4	580	70,5
2	21	5	800	4	580	68,4
3	35	5	1000	4	570	66,9
3	45	5	600	4	560	64,8
4	55	5	800	4	580	63,7
5	4	10	1000	5	700	70,5
6	21	10	600	5	660	70,2
7	35	10	800	5	660	70,1
8	45	10	1000	4	670	65,2
9	55	10	600	4	590	67,5
10	4	15	800	5	690	70,1
11	21	15	1000	4	660	62,8
12	35	15	600	4	650	63,1
13	45	15	800	4	630	64,5
14	55	15	1000	4	570	62,0

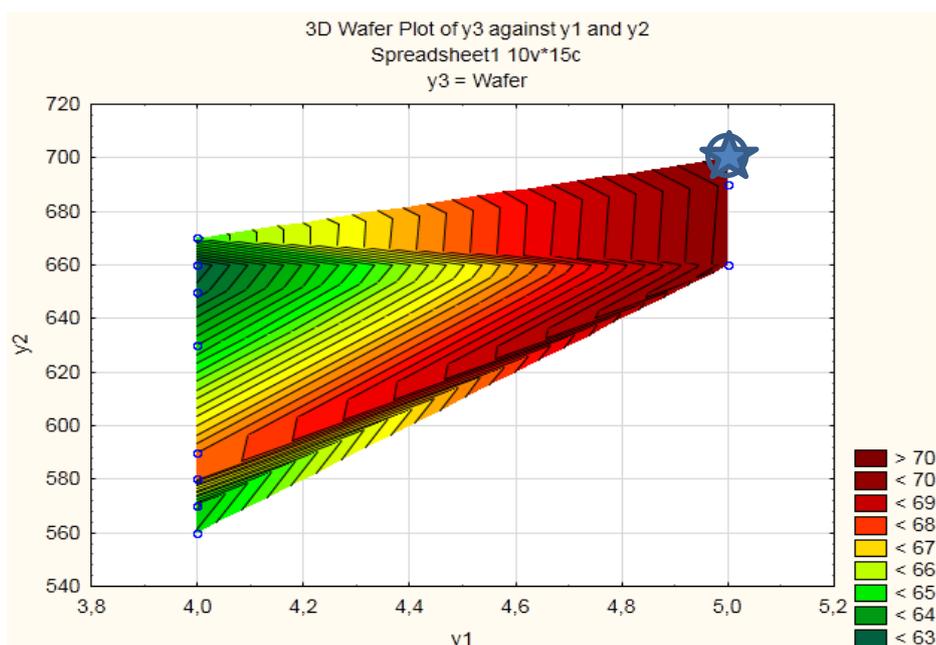


Рисунок 4. Функция отклика
Figure 4. Response function

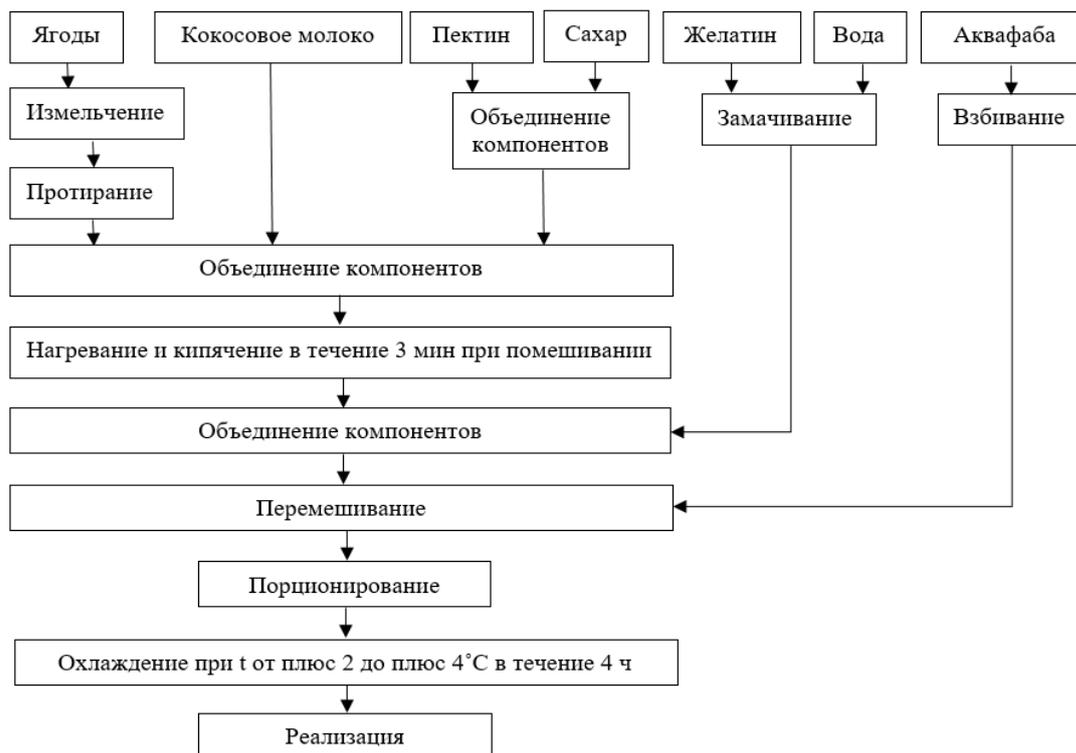


Рисунок 5. Технологическая схема получения ягодных муссов с аквафабой
Figure 5. Technological scheme for obtaining berry mousses with aquafaba

Рецептуры разработанной продукции приведены в таблице 3.

Разработанная продукция не содержат яйцепродуктов, лактозы и глютена, поэтому может использоваться в диетическом питании.

Были определены пищевая и энергетическая ценность муссов, таблица 4.

Данные таблицы 4 показывают, что полученные муссы характеризуются низкой калорийностью и высокой пищевой ценно-

стью, благодаря содержанию витаминов и витаминopodobных веществ, минеральных веществ, пищевых волокон.

На рисунке 6 приведены результаты органолептической оценки полученных образцов муссов, были определены средние баллы по каждому из признаков и построены сенсорные профили.

Таблица 3. Рецептуры ягодных муссов с аквафабой
Table 3. Formulations of berry mousses with aquafaba

Наименование сырья и продуктов	Расход сырья и продуктов на 100 г, %	
	Мусс из чёрной смородины	Мусс из малины
Ягоды чёрной смородины	62,3	-
или малины	-	62,3
Аквафаба из бобов эдамаме	19,5	19,5
Кокосовое молоко	7,8	7,8
Сахар-песок	3,9	3,9
Пектин яблочный	1,2	1,2
Желатин 220 БЛУМ	0,8	0,8
Вода для замачивания желатина	4,7	4,7
Выход	100	100

Таблица 4. Пищевая и энергетическая ценность ягодных муссов с аквафабой
Table 4. Nutritional and energy value of berry mousses with aquafaba

Наименование показателя	Значение показателя	
	Мусс из чёрной смородины	Мусс из малины
Белки, %	1,72	1,61
Жиры, %	2,19	2,24
Углеводы, %	10,75	11,30
Энергетическая ценность, ккал	73,24	74,35
Пищевые волокна, %	2,72	2,14
Р-активные вещества, мг	54,78	34,56
Минеральные вещества		
Na, мг%	85,14	73,7
K, мг%	113,5	211,78
Ca, мг%	32,07	34,15
Mg, мг%	28,07	23,39
P, мг%	50,16	54,24
Zn, мг%	0,21	0,21
Cu, мг%	0,09	0,22
Витамины и витаминоподобные вещества		
B ₁ , мкг%	0,02	0,02
B ₂ , мкг%	0,02	0,03
B ₄ , мг%	1,27	1,76
B ₅ , мг%	0,03	0,04
B ₉ , мкг%	1,75	1,78
C, мг%	63,16	45,67

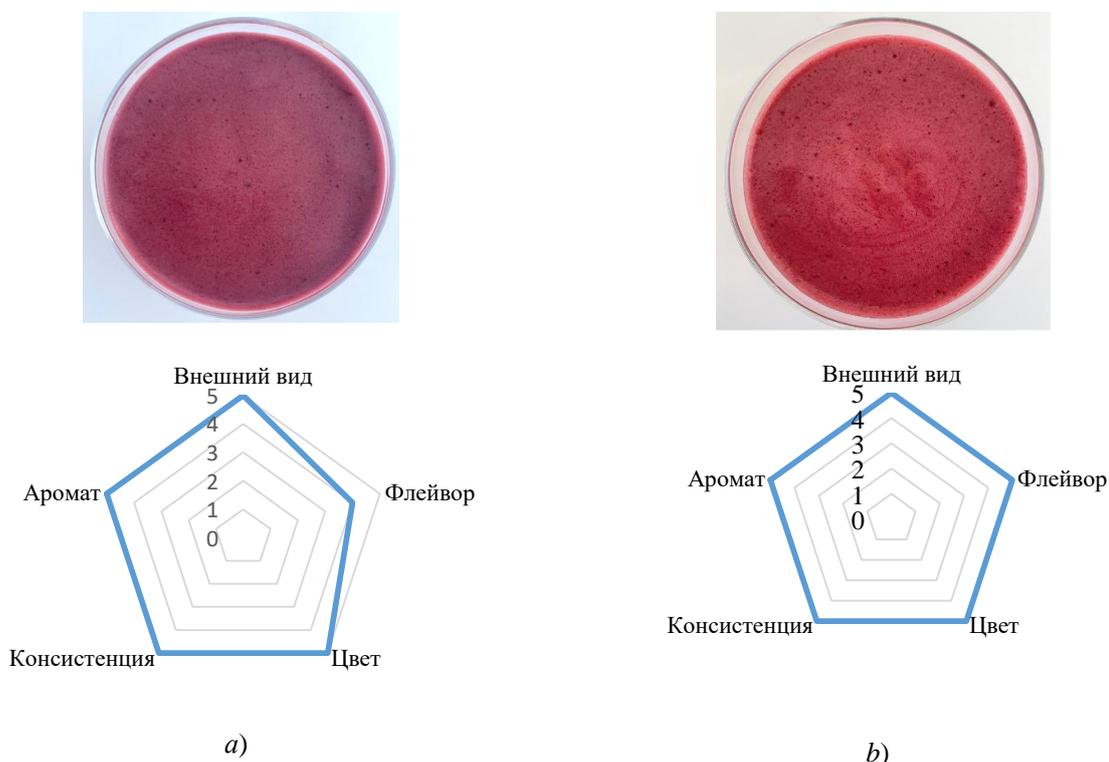


Рисунок 6. Мусс из чёрной смородины с аквафабой (a); мусс из малины с аквафабой (b)
Figure 6. Blackcurrant mousse with aquafaba (a); raspberry mousse with aquafaba (b)

Сенсорный анализ показал, что муссы имели нежную консистенцию и устойчивую структуру, сбалансированные вкус и аромат. Установлено, что через сутки хранения при температуре плюс 6°C они не изменили структурных и вкусовых характеристик.

Проведенные исследования микробиологических показателей ягодных муссов с аквафайбой позволили установить, что разработанный продукт соответствует гигиеническим нормативам по показателям качества и пищевой безопасности ТР ТС 021/2011.

Выводы. Разработаны рецептура и технология ягодных муссов с аквафайбой; получены новые данные об их пищевой ценности

и сенсорных показателей. Доказано, что по показателям качества и безопасности разработанная продукция соответствует требованиям нормативной документации, характеризуется низкой калорийностью, высокой пищевой ценностью, является источником биологически активных нутриентов (Р-активные вещества, аскорбиновая кислота). Благодаря отсутствию яйцепродуктов, лактозы и глютена, данная продукция может использоваться в диетическом питании. Практическая значимость исследования состоит в адаптации технологических режимов производства муссов с аквафайбой к условиям предприятий общественного питания.

Список литературы

1. Сладкие блюда / А. С. Ратушный, С. С. Аминов, К. Н. Лобанов, О. В. Перфилова; под ред. А. С. Ратушного. 2-е изд.. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019. 40 с.
2. Позднякова О. Г., Егушова Е. А., Тыщенко Е. А. Разработка технологии производства кондитерских изделий функционального назначения // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 3. С. 90–95. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-3-90-95. EDN: YWOFPF
3. Shamkova N.T., Usatkov S.V., Dobrovolskaya A.V., Abdulkhamid A.M. A comprehensive approach to design molded culinary products using cottage cheese for school meals. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2021. Т. 24. С. e202021.
4. Иванова Д. А., Тарабанова Е. В., Миронова А. Р. Совершенствование технологии производства шоколадных муссов с использованием альтернативных источников белка // Инновации и продовольственная безопасность. 2024. № 2(44). С. 35–44. DOI 10.31677/2311-0651-2024-44-2-35-44. EDN: LBTVJJ.7
5. Zavorohina N.V., Minnikhanova E.Yu. Recipes and Technologies Development of Low-Calorie Mousses with a Given Flavor // *Food Industry*. 2021. Vol. 6. No. 1. Pp. 39–47. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-1-5. EDN: TMHZQM
6. Тиунов В. М., Калинина М. Е. Разработка мусса ягодного на основе красной смородины // *Промышленность и сельское хозяйство*. 2023. № 8 (61). С. 18–21. EDN: GGZOEС
7. Янова М. А., Ларькина А. В., Сазонова А. В. Технология производства и определение показателей качества яблочно-морковного зефира на аквафабе из нута // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 3(192). С. 220–226. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-220-226. EDN: EIKBJT
8. Оптимизация рецептуры и технологии пюреобразного полуфабриката из топинамбура и ягодного сырья / Н. Т. Шамкова, М. Ю. Тамова, О. В. Руденко [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2022. № 4 (388). С. 63–71. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.4.11. EDN: IJSQJY
9. Арисов А. В., Чугунова О. В., Тиунов В. М. Использование полуфабриката из цельносмолотого пророщенного зерна в производстве сладких блюд // *Пищевая промышленность*. 2022. № 1. С. 12–15. DOI: 10.52653/PPI.2022.1.1.002. EDN: HCVLQS
10. Крохалев В. А., Худякова Т. С. Обоснование целесообразности применения нетрадиционного растительного сырья в технологии сладких блюд // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 10(199). С. 243–252. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-243-252. EDN: PYYXKY
11. Долгополова С. В. Перспективные направления использования аквафабы при производстве кулинарной и кондитерской продукции функционального назначения // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2021. № 5(70). С. 54–58. DOI: 10.33979/2219-8466-2021-70-5-54-58. EDN: UCKQBC
12. Fuentes Choya P, Combarros-Fuertes P, Abarquero Camino D, Renes Bañuelos E, Prieto Gutiérrez B, Tornadijo Rodríguez ME, Fresno Baro JM. Study of the Technological Properties of Pedrosillano Chickpea Aquafaba and Its Application in the Production of Egg-Free Baked Meringues // *Foods*. 2023;12(4):902. <https://doi.org/10.3390/foods12040902>

13. Бильдина Е. В., Галушина П. С. Аквафаба – заменитель яиц при производстве продуктов питания // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 98-8. С. 189–192. DOI: 10.18411/trnio-06-2023-451. EDN: MLHXBO
14. Царева Н. И., Артемова Е. Н. Бобовые в технологии продуктов питания со взбивной структурой: монография. Орел: ФГБОУ «Госуниверситет – УНПК», 2014. 133 с. ISBN 978-5-93932-666-7
15. Анализ содержания сухих веществ, белка и титруемой кислотности в отварах бобовых / Н. В. Макарова, М. С. Воронина, А. Н. Гуляева [и др.] // Индустрия питания. 2021. Т. 6, № 3. С. 51–57. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-6. EDN: GUMPET
16. Использование нетрадиционных рецептурных компонентов для расширения ассортимента пастильных изделий функционального назначения / Р. А. Журавлев, Е. В. Барашкина, Т. А. Джум, М. Ю. Тамова // Новые технологии. 2023. Т. 19. № 4. С. 80–90. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-80-90>
17. Губковская В. В., Плотникова И. В. Исследование пенообразующей способности растворов из различных бобовых культур для получения сбивных сахаристых изделий // Материалы студенческой научной конференции за 2019 год в 2 частях. Воронежский государственный университет инженерных технологий. 2019. С. 6-7. EDN: DRIUGS

References

1. Ratushny A.S., Aminov S.S., Lobanov K.N. [et al.]. *Sladkiye blyuda [Sweet dishes]*. Ed. by A.S. Ratushny. 2nd ed. Moscow: Izdatel'sko-torgovaya korporatsiya "Dashkov i K", 2019. 40 p. (In Russ.)
2. Pozdnyakova O.G., Egushova E.A., Tyshchenko E.A. Functional confectionery products: development of production process. *Food processing: techniques and technology*. 2018;48(3):90-95. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-3-90-95. EDN: YWOFPF
3. Shamkova N.T., Usatkov S.V., Dobrovolskaya A.V., Abdulkhamid A.M. A comprehensive approach to design molded culinary products using cottage cheese for school meals. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2021;24:e202021.
4. Ivanova D.A., Tarabanova E.V., Mironova A.R. Improvement of chocolate mousse production technology using alternative protein sources. *Innovations and Food Safety*. 2024;(2):35–44. (In Russ.). DOI.org/10.31677/2311-0651-2024-44-2-35-44. EDN: LBTVJJ.7
5. Zavorohina N.V., Minnikhanova E.Yu. Recipes and Technologies Development of Low-Calorie Mousses with a Given Flavor. *Food Industry*. 2021;6(1):39-47. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-1-5. EDN: TMHZQM
6. Tiunov V.M., Kalinina M.E. Development of berry mousse based on red currant. *Industry and agriculture*. 2023;8(61):18–21. (In Russ.). EDN: GGZOEK
7. Yanova M.A., Larkina A.V., Sazonova A.V. Production technology and determination of quality indicators of apple and carrot marshmallow on chick-pea aquafaba. *The Bulletin of KrasGAU*. 2023;3(192):220–226. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-220-226. EDN: EIKBJT
8. Shamkova N.T., Tamova M.Yu., Rudenko O.V. [et al.] Optimization of the formulation and technology of a puree-like semi-finished product from jerusalem artichoke and berry raw materials. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2022;4(388):63–71. (In Russ.). DOI: 10.26297/0579-3009.2022.4.11. EDN: IJSQJY
9. Arisov A.V., Chugunova O. V., Tiunov V. M. The use of semi-finished products from whole-ground sprouted grain in the production of sweet dishes. *Food Processing Industry*. 2022;(1):12–15. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2022.1.1.002. EDN: HCVLQS
10. Krokhaliev V.A., Khudyakova T.S. Rationale to reasonable use of non-traditional vegetable raw materials in sweet dishes technology. *The Bulletin of KrasGAU*. 2023;10(199):243-252. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-243-252. EDN: PYYXKY
11. Dolgoplova S.V. Perspective directions of use of aquafaba in the production of culinary and confectionery product's functional purpose. *Technology and the study of merchandise of innovative foodsuff.* 2021;5(70):54–58. (In Russ.). DOI: 10.33979/2219-8466-2021-70-5-54-58. EDN: UCKQBC
12. Fuentes Choya P, Combarros-Fuertes P, Abarquero Camino D, Renes Bañuelos E, Prieto Gutiérrez B, Tornadijo Rodríguez ME, Fresno Baro JM. Study of the Technological Properties of Pedrosillano Chickpea Aquafaba and Its Application in the Production of Egg-Free Baked Meringues. *Foods*. 2023;12(4):902. <https://doi.org/10.3390/foods12040902>

13. Bildina E.V., Galushina P.S. Akvafaba – egg substitute in food production. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2023;98(8):189-192. (In Russ.). DOI: 10.18411/trnio-06-2023-451. EDN: MLHXBO

14. Tsareva N.I., Artemova E.N. *Bobovyie v tekhnologii produktov pitaniya so vzbivnoy strukturoy: monografiya* [Legumes in the technology of food products with a whipped structure: monograph]. Orel: FGBOU "Gosuniversitet – UNPK". 2014. 133 p. ISBN 978-5-93932-666-7. (In Russ.).

15. Makarova N.V., Voronina M.S., Gulyaeva A.N. [et al.] Content analysis of solids, protein and titratable acidity in beans decoctions. *Food industry*. 2021;6(3):51–57. (In Russ.). DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-6. EDN: GUMPET

16. Zhuravlev R.A., Barashkina E.V., Dzhum T.A., Tamova M.Yu. The use of non-traditional prescription components to expand the range of functional pastille products. *New Technologies*. 2023;19(4):80-90. (In Russ.). <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-80-90>

17. Gubkovskaya V.V., Plotnikova I.V. Study of foaming ability of solutions from various legumes for obtaining whipped sugar products. *Materialy studencheskoy nauchnoy konferentsii za 2019 god v 2 chastyakh. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet inzhenernykh tekhnologiy* [Proceedings of the student scientific conference for 2019 in 2 parts. Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2019. Pp. 6–7. EDN: DRIUGS

Сведения об авторах

Шамкова Наталья Тимофеевна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 8459-4883, Scopus ID: 57285498100, Researcher ID: AAO-8812-2020

Симоненко Татьяна Алексеевна – аспирант кафедры общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 4300-2253

Тютюник Татьяна Витальевна – магистрант направления подготовки 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

Якушева Вероника Олеговна – магистрант направления подготовки 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

Information about the authors

Natalya T. Shamkova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN code: 8459-4883, Scopus ID: 57285498100, Researcher ID: AAO-8812-2020

Tatyana A. Simonenko – Postgraduate student of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN code: 4300-2253

Tatyana V. Tyutyunik – Master's student in the field of study 19.04.04 Technology of products and organization of public catering, Kuban State Technological University

Veronika O. Yakusheva – Master's student in the field of study 19.04.04 Technology of products and organization of public catering, Kuban State Technological University

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 22.08.2024;
одобрена после рецензирования 11.09.2024;
принята к публикации 16.09.2024.*

*The article was submitted 22.08.2024;
approved after reviewing 11.09.2024;
accepted for publication 16.09.2024.*



В августе 2024 года проректор по научно-исследовательской работе Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова Абдулхаликов Рустам Заурбиевич отметил 50-летний юбилей.

Абдулхаликов Рустам Заурбиевич родился 20.08.1974 г. в с. Старый Лескен Урванского района КБАССР в семье служащих.

В 1991 году с отличием окончил среднюю школу № 2 с. Старый Лескен.

В 1991 г. поступил в Кабардино-Балкарский государственный агрометеорологический институт и в 1996 году с отличием окончил Кабардино-Балкарскую государственную сельскохозяйственную академию по специальности «Зоотехния».

В 1997 году поступил в очную аспирантуру Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной академии, которую успешно окончил в 2000 году.

19 октября 2001 года защитил диссертационную работу на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему: «Племенные качества родительских форм и продуктивные показатели мясных кроссов в условиях ГППЗ «Котляревский» Кабардино-Балкарской Республики» на заседании диссертационного совета Д220.033.02 при Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной академии.

В 2014 году поступил в магистратуру ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ по направлению подготовки «Менеджмент», ко-

торую окончил с отличием в 2016 году с присвоением квалификации магистр.

8 сентября 2022 года защитил диссертационную работу на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук на тему: «Повышение продуктивных и воспроизводительных качеств кур мясных кроссов и бройлеров» на заседании диссертационного совета Д220.043.07 при Российском государственном аграрном университете – Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева. При этом диссертация была аннотирована в Вестнике Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России (ВАК) экспертным советом ВАК как одна из лучших, выполненных в 2022 году.

С марта 2002 года по февраль 2016 года – старший преподаватель, доцент кафедры технологии производства продуктов животноводства, доцент кафедры зоотехнии, заместитель декана зооинженерного факультета, заведующий сектором аспирантуры и защиты диссертаций, начальник отдела магистратуры и аспирантуры, исполняющий обязанности декана факультета «Агробизнес и землеустройство» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова».

С февраля 2016 года по июль 2016 года руководитель Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Кабардино-Балкарской Республике.

С июля 2016 года по июль 2019 года руководитель Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Кабардино-Балкарской Республике и Республике Северная Осетия-Алания. При этом по согласованию с Центральным аппаратом Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору Российской Федерации в период с 2016 года по 2019 год совмещал научно-педагогическую деятельность в ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ на условиях внешнего совмещения.

С ноября 2019 года проректор по дополнительному образованию и внешним связям, доцент кафедры «Технология производства сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарского ГАУ.

С апреля 2020 года по настоящее время проректор по научно-исследовательской работе ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарского ГАУ.

С сентября 2023 года по настоящее время заведующий кафедрой зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарского ГАУ на условиях внутреннего совмещения.

В 2008 году присвоено ученое звание доцента по кафедре зоотехнии.

С 2010 года по 2015 год исполнял обязанности ученого секретаря диссертационного совета Д220.033.02 при ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям: 06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки); 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки).

С 2014 года по 2015 год исполнял обязанности Ученого секретаря Ученого совета ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

С 2020 года по настоящее время заместитель главного редактора научного журнала «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова», входящего 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, рекомендованный ВАК Минобрнауки России.

Под научным руководством Абдулхаликова Р. З. 2 соискателя успешно защитили диссертационные работы на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по научной специальности 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства.

Он является автором 159 научно-практических трудов, в том числе 7 монографий, 12 учебных и практических пособий, 10 научных статей в изданиях, индексируемых в международных научных базах Scopus и Agris, 9 патентов на изобретения.

С 10 апреля 2024 года является председателем диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова» 35.2.015.01 по научной специальности 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки).

Являлся научным редактором и участником международных конференций, публикации которых размещены в базе цитирования Scopus.

Отраслью научных исследований Абдулхаликова Р. З. являются сельскохозяйственные науки. Область научных исследований – зоотехния и ветеринария. Основные направления научных исследований: изучение особенностей и закономерностей формирования племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных и птицы в условиях различных технологий; совершенствование существующих и разработка новых методов выращивания молодняка сельскохозяйственных животных и птицы для различных условий их использования; совершенствование рецептов комбикормов для птицы и способов подготовки их к скармливанию.

Рустам Заурбиевич является членом партии «Единая Россия», членом Русского географического общества, членом Всемирной научной ассоциации по птицеводству, помощником депутата Парламента Кабардино-Балкарской Республики, секретарем Совета ректоров вузов Кабардино-Балкарской Республики.

За заслуги в области образования и науки Рустам Заурбиевич награжден Благодарностью Министерства по делам молодежи и работе с общественными объединениями Кабардино-Балкарской Республики; Почетной грамотой Министерства сельского хозяйства Российской Федерации; Благодарностью объединения организаций профсоюзов Кабардино-Балкарской Республики; Юбилейным знаком «100 лет Профсоюзу работников АПК РФ»; Почетной грамотой Правительства Кабардино-Балкарской Республики; Почетной грамотой Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; Почетной

грамотой Министерства сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики, Почетной грамотой Парламента Кабардино-Балкарской Республики.

Уважаемый Рустам Заурбиевич!

Редакционная коллегия журнала «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова» желает Вам дальнейших успехов в Вашей сложной и многогранной деятельности, реализации всех проектов и замыслов, крепкого здоровья, счастья и благополучия Вам и Вашим близким!



31 августа 2024 года исполнилось 70 лет Пшихачеву Сафарби Мухамедовичу – заведующему кафедрой «Экономика» факультета «Экономика и управление» Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова.

Сафарби Мухамедович после окончания финансового техникума (г. Орджоникидзе) поступил в Кабардино-Балкарский государственный университет, который окончил с отличием (1976 г.) по специальности «Бухгалтерский учет в сельском хозяйстве».

В 1977 году поступил в аспирантуру экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (г. Москва). После окончания аспирантуры в 1980 году продолжил работу в должности младшего научного сотрудника кафедры экономики сельского хозяйства МГУ им. М. В. Ломоносова.

В январе 1981 года защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук. С 1981 года – ученый секретарь отделения экономики ВАСХНИЛ (г. Москва). С 1982 по 1986 г. работает инструктором орготдела Управления делами Совета Министров КБАССР.

С. М. Пшихачев успешно работает заведующим отделом АПК Управления делами Совета Министров КБАССР (1986-1991 гг.). С 1988 по 1991 гг. поступает в Ростовский институт политологии, заочно, завершает с отличием и получает квалификацию – политолога, преподавателя общественных дисциплин. С 1991 г. работает в должности гене-

рального директора ОАО «Аргуданхлебопродукт».

С 2000 по 2005 гг. С. М. Пшихачев – проректор по экономике и внешним связям КБГСХА.

С 2005 по 2013 гг. назначен деканом факультета «Бухгалтерский учет и аудит».

С 2013 по 2018 гг. – директор института экономики КБГАУ.

С 2018 года и по настоящее время работает в должности заведующего кафедрой «Экономика» факультета «Экономика и управление» Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова.

С. М. Пшихачев проводит большую работу по подготовке молодых специалистов и научно-педагогических кадров. Под его руководством защищены 3 кандидатские диссертации.

Сфера его научных интересов: мировая экономика и международные экономические отношения; устойчивое развитие и проблемы трансформации современного миропорядка; глобальные аграрные проблемы и мировая продовольственная безопасность. Монография, опубликованная в г. Москве «Сельское хозяйство США: основные тенденции развития и эколого-экономическая устойчивость аграрной отрасли» (2003 г.), в переработанном виде переиздана в 2011 г. по инициативе руководства ВИАПИ им. А. А. Никонова. Список научных трудов Сафарби Мухамедовича насчитывает более 140 публикаций, большинство состоялись в центральной печати.

С. М. Пшихачев трижды удостоен Грамоты Вольного экономического общества России за активную научно-практическую деятельность в деле воспитания и обучения молодого поколения, будучи проректором по экономике и внешним связям (IV 2000 – IV 2005 гг.), деканом факультета Бухгалтерский учет и аудит (IV 2005 – VIII 2013 гг.), директором института экономики (VIII 2013 – VIII 2018 гг.), заведующим кафедрой «Экономика» (с VIII 2018 г. по настоящее время).

По инициативе и при непосредственном участии С. М. Пшихачева организованы и успешно проведены под эгидой Кабардино-Балкарского отделения Вольного экономического общества России семь международных научно-практических конференций для профессорско-преподавательского состава и работников агропромышленного комплекса республики и восемь межвузовских научных конференций для молодых ученых.

Сафарби Мухамедович регулярно приглашается в качестве эксперта и докладчика на международные конференции, проводимые в МГУ им. М. В. Ломоносова и ВИАПИ им. А. А. Никонова в рамках Ломоносовских и Никоновских чтений; а также принимает участие регулярно в виде экспертных выступлений на Пленарной конференции в Доме Эко-

номиста в г. Москве в рамках III-VI ежегодных МАЭФ – Московского академического экономического форума, проводимого РАН РФ, Вольным экономическим обществом России и Международным союзом экономистов, а также в свое время на конкурсной основе получил и реализовал грант (с июля 2001 по декабрь 2001 гг.) в качестве приглашенного профессора американского университета штата Пенсильвания (*Penn State*).

За многолетнюю плодотворную работу и значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов он удостоен Почетной грамоты правительства Кабардино-Балкарской республики (2004 г.), а также звания Почетный работник агропромышленного комплекса Российской Федерации в (2018 г.).

Уважаемый Сафарби Мухамедович!

Примите искренние поздравления с Вашим юбилеем. Вы долгие годы посвящаете себя научной, общественной и педагогической деятельности. Своим трудолюбием, ответственностью и активной жизненной позицией Вы заслужили непререкаемый авторитет у коллег и студентов. Желаем Вам крепкого здоровья, продуктивных идей, благополучия и успехов в дальнейшей работе.

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ
В НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ
«ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. В. М. КОКОВА»**

1. К публикации принимаются статьи по проблемам развития сельского хозяйства, представляющие научно-практический интерес для специалистов АПК.
2. В редакцию одновременно предоставляются материалы статьи с сопроводительным письмом.
3. Статьи проходят проверку на заимствования по программе «Антиплагиат» и обязательное рецензирование.
4. Рукопись статьи предоставляется в печатной (1 экземпляр) и электронной (в редакторе Microsoft Word) версиях (для сторонних авторов – в электронной). Объем статьи – 10-12 страниц формата А4, для статей обзорного и проблемного характера – не более 25 страниц, гарнитура Times New Roman, кегль 14, поля 2 см, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал 1,5 (для аннотации и ключевых слов – кегль 12, межстрочный интервал 1,0).
5. Таблицы и формулы должны быть представлены в формате Word; рисунки, чертежи, фотографии, графики – в электронном виде формате JPG или TIF (разрешение не менее 300 dpi), а также в тексте статьи в печатном варианте. Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Все графические материалы, рисунки и фотографии должны быть пронумерованы, подписаны, переведены на английский язык и иметь ссылку в тексте.
6. Порядок оформления статьи:
 - тип статьи (научная, обзорная, редакционная, краткое сообщение и т.п.) в левом верхнем углу;
 - индекс УДК в левом верхнем углу;
 - DOI (при наличии);
 - название статьи (прописными буквами) на русском и английском языках;
 - имя, отчество, фамилия автора(ов), наименование организации (учреждения) без обозначения организационно-правовой формы юридического лица и ее адрес на русском и английском языках, адрес электронной почты, ORCID (при наличии);
 - аннотация (150-250 слов) на русском и английском языках;
 - ключевые слова (5-10 слов или словосочетаний) на русском и английском языках;
 - сведения об авторе(ах): инициалы, фамилия, ученая степень, должность, подразделение, наименование организации (учреждения) на русском и английском языках;
 - текст статьи на русском языке.
7. Требования к структуре статьи:
 - введение;
 - цель исследования;
 - материалы, методы и объекты исследования;
 - результаты исследования;
 - выводы;
 - список литературы (на русском языке и его транслитерация латиницей – References, «Vancouver style»).
8. Литература (не менее 8 и не более 25 источников, для обзорной статьи – не более 50) оформляется по ГОСТ Р 7.0.5-2008 в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (порядке цитирования). Ссылки на литературные источники приводятся порядковой цифрой в квадратных скобках (например, [1]). Литература дается на тех языках, на которых она издана.
9. Статья, не оформленная в соответствии с данными требованиями и ГОСТ Р 7.0.7-2021, возвращается автору на доработку. Датой сдачи статьи считается день получения редакцией варианта, соответствующего требованиям журнала.

Адрес редакции: **360030, г. Нальчик, проспект Ленина, 1в, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**
Контактный телефон: **+7(8662) 40-59-39**

**REQUIREMENTS FOR ARTICLES AND CONDITIONS OF PUBLICATION
IN SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
«IZVESTIYA OF THE KABARDINO-BALKARIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER V.M. KOKOV»**

1. Articles on the problems of agricultural development that are of scientific and practical interest to agro-industrial complex specialists are accepted for publication.
2. At the same time, the materials of the article with a cover letter are submitted to the editorial office.
3. Articles are checked for borrowings under the program «Anti-plagiarism» and mandatory peer review.
4. The manuscript of the article is provided in printed (1 copy) and electronic (in Microsoft Word) versions (for third-party authors – in electronic). The volume of the article is 10-12 pages of A4 format, for articles of a review and problematic nature – no more than 25 pages, typeface Times New Roman, size 14, margins 2 cm, indentation 1,25 cm, line spacing 1,5 (for annotations and keywords – font size 12, line spacing 1,0).
5. Tables and formulas must be submitted in Word format; drawings, drawings, photographs, graphics – in electronic form in JPG or TIF format (resolution not less than 300 dpi), as well as in the text of the article in printed form. The lines of graphs and drawings in the file must be grouped. All graphic materials, drawings and photographs must be numbered, signed, translated into English and have a link in the text.
6. The order of registration of the article:
 - type of article (scientific, review, editorial, short communication, etc.) in the upper left corner;
 - UDC index in the upper left corner;
 - DOI (if available);
 - the title of the article (in capital letters) in Russian and English;
 - name, patronymic, surname of the author(s), name of the organization (institution) without indicating the legal form of the legal entity and its address in Russian and English, e-mail address, ORCID (if any);
 - abstract (150-250 words) in Russian and English;
 - keywords (5-10 words or phrases) in Russian and English;
 - information about the author(s): initials, surname, academic degree, position, subdivision, name of organization (institution) in Russian and English;
 - text of the article in Russian.
7. Requirements for the structure of the article:
 - introduction;
 - purpose of the study;
 - materials, methods and objects of research;
 - results of the study;
 - conclusions;
 - list of used literature (in Russian and its transliteration in Latin – References, Vancouver style).
8. Literature (at least 8 and no more than 25 sources, for a review article – no more than 50) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5-2008 in accordance with the sequence of references in the text (citation order). References to literary sources are given by an ordinal number in square brackets (for example, [1]). Literature is given in the languages in which it is published.
9. An article that is not designed in accordance with these requirements and GOST R 7.0.7-2021 is returned to the author for revision. The date of submission of the article is the day the editors receive the version that meets the requirements of the journal.

Editorial address: **360030, Nalchik, 1v Lenin Avenue, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**
Contact phone: **+7(8662) 40-59-39**

Редактор – *Ордокова Ф. М.*
Технический редактор – *Казаков В. Ю.*
Перевод – *Гоова Ф. И.*
Вёрстка – *Рулёва И. В.*

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. М. КОКОВА



Подписано в печать 23.09.2024 г. Дата выхода в свет 30.09.2024 г.

Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 ¹/₈.

Бумага офсетная. Усл.п.л. 19,62. 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.gio@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