

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)
Гварамия А. А. – д-р физ.-мат. наук, проф., акад. АН Абхазии, Абхазский государственный университет (Сухум, Республика Абхазия)
Гудковский В. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (Мичуринск, Россия)
Гукеев 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)
Тарчоков Т. Т. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, проф., Горский ГАУ (Владикавказ, Россия)
Успенский А. В. – д-р ветеринар. наук, проф., чл.-кор. РАН, Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук (Москва, Россия)
Ханиева И. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шахмурзов М. М. – д-р биол. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шевхужев А. Ф. – д-р с.-х. наук, проф., Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (Ставрополь, Россия)
Шеуджен А. Х. – д-р биол. наук, проф., акад. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт риса (Краснодар, Россия)
Шогенов Ю. Х. – д-р техн. наук, акад. РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН (Москва, Россия)
Юлдашбаев Ю. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва, Россия)

Izvestiya

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

Scientific and practical journal

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

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

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

EDITOR-IN-CHIEF:

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

ASSISTANTS CHIEF EDITOR:

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

EXECUTIVE EDITOR:

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

EDITORIAL BOARD:

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

Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от микроудобрительных комплексов в предгорной зоне Кабардино-Балкарии 7

Шогенов Ю. М.

Влияние органоминеральных и водорастворимых комплексных удобрений на урожайность гибрида кукурузы Берта в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии 16

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология****Курбанов С. О., Кокоев М. Н., Микитаева И. Р.**

Эффективные технические решения по строительству дополнительного водоема-отстойника для водоснабжения Заветненского группового водопровода в Ставропольском крае 25

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства****Габараева З. И., Цогоева Ф. Н., Темираев Р. Б., Гаппоева В. С.**

Влияние разных доз антиоксиданта на переваримость и усвояемость питательных веществ рациона с толерантным уровнем ократоксина А 35

Кастуева Д. А., Тедтова В. В., Баева З. Т., Бобылева Л. А.

Влияние адсорбента и антиоксиданта на мясную продуктивность и пищевую ценность мяса бычков 44

Кокаева М. Г., Плиева З. К., Темираев Р. Б., Марзоева Д. А.

Влияние препаратов антиоксидантов на физико-химические и технологические свойства молока коров при денитрификации 53

Никонова Е. А., Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Борулько В. Г.

Особенности белкового обмена в организме молодняка крупного рогатого скота при двух-трехпородном скрещивании 64

Шалов М. А., Туганов М. Н., Глотова Г. Н.

Потери энергии корма при пищеварении у крупного рогатого скота в разных условиях кормления 70

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных**Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Пилов А. Х., Тлейншева М. Г., Тангиев М. Р.**

Влияние типа подбора на молочную продуктивность и морфологию вымени коров племенного ядра 77

Басонов О. А., Гинойн Р. В., Козминская А. С., Асадчий А. А.

Генотипирование как фактор совершенствования племенных и продуктивных качеств скота 87

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса****Алоев В. З., Жирикова З. М., Алоев К. В.**

Исследование процессов трения и износа конструкционных материалов сельскохозяйственного назначения 103

Апажев Р. А. Математическое моделирование процесса обработки почвы почвообрабатывающими рабочими органами	110
Болотоков А. Л. Сравнительные эксплуатационные исследования изменения параметров форсунок дизелей с серийными и модернизированными распылителями	118
Шекихачев А. А. Исследование процесса удаления растительности на мелиоративных каналах ротационным режущим аппаратом	127
Пищевые системы	
Тамова М. Ю., Джум Т. А., Былина А. А. Разработка технологии пищевой продукции специализированного назначения	135
Триандофилиди Ю. С., Сокол Н. В., Воронин В. В. Технологическая оценка качества зерна тритикале сорта «Слон» и определение направления использования	144
Хоконова М. Б., Джабоева А. С. Исследование влияния растворов белков и углеводов на физические показатели качества пивного суслу	152
Цагоева О. К., Хоконова М. Б., Волков В. А. Определение оптимальных значений реакции среды при осахаривании крахмалистых заторов культурой <i>Aspergillus oryzae</i>	158
ЭКОНОМИКА	
Рахаев Х. М., Энеева М. Н., Шахмурзова А. В. Состояние и перспективы современной архитектуры ростооразвития агропродуктового комплекса КБР	166

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

General Farming and Crop Production

Shogenov Yu.M.

Productivity of corn hybrids depending on microfertilizer complexes in the foothill zone of Kabardino-Balkaria 7

Shogenov Yu.M.

The influence of organomineral and water-soluble complex fertilizers on the yield of Berta corn hybrid in the foothill zone of Kabardino-Balkaria 16

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Hydraulic Engineering, Hydraulics and Engineering Hydrology

Kurbanov S.O., Kokoev M.N., Mikitaeva I.R.

Effective technical solutions for the construction of an additional settling pond for the water supply of the Zavetnensky group water supply system in the Stavropol Territory 25

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Private Zootechnics, Feeding, Feed Preparation Technologies
and Livestock Production**Gabaraeva Z.I., Tsogoeva F.N., Temiraev R.B., Gappoeva V.S.**

The effect of different doses of antioxidant on the digestibility and assimilation of nutrients in a diet with a tolerant level of ochratoxin A 35

Kastueva D.A., Tedtova V.V., Baeva Z.T., Bobyleva L.A.

The influence of adsorbent and antioxidant on meat productivity and nutritional value of bull meat 44

Kokaeva M.G., Plieva Z.K., Temiraev R.B., Marzoeva D.A.

The influence of antioxidant preparations on the physicochemical and technological properties of cow's milk during denitrification 53

Nikonova E.A., Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Borulko V.G.

Features of protein metabolism in the body of young cattle during two- or three-breed crossing 64

Shalov M.A., Tuganov M.N., Glotova G.N.

Loss of feed energy during digestion in cattle in different conditions of feeding 70

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Pilov A.Kh., Tleynsheva M.G., Tangiev M.R.

The influence of the type of selection on the milk productivity and morphology of the udder of cows of the breeding core 77

Basonov O.A., Ginoyan R.V., Kozminskaya A.S., Asadchy A.A.

Genotyping as a factor in improving breeding and productive qualities of cattle 87

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Aloev V.Z., Zhirikova Z.M., Aloev K.V.

Investigation of the processes of friction and wear of structural materials for agricultural purposes 103

Apazhev R.A. Mathematical modeling of the process of soil cultivation using tillage working bodies	110
Bolotokov A.L. Comparative operational studies of changes in the parameters of diesel injectors with serial and upgraded atomizers	118
Shekikhachev A.A. Study of the process of removing vegetation on reclamation canals with a rotary cutter	127

Food Systems

Tamova M.Yu., Dzhum T.A., Bylina A.A. Development of technology for specialized food products	135
Triandofilidy Yu.S., Sokol N.V., Voronin V.V. Technological assessment of the quality of triticale grain of the "Elephant" Variety and determination of the direction of use	144
Khokonova M.B., Dzhaboeva A.S. Study of the influence of protein and carbohydrate solutions on physical indicators of beer wort quality ...	152
Tsagoeva O.K., Khokonova M.B., Volkov V.A. Identification of optimal values of the medium reaction during saccharification of starchy mashes with <i>Aspergillus oryzae</i> culture	158

ECONOMY

Rakhaev Kh.M., Eneeva M.N., Shakhmurzova A.V. The state and prospects of modern architecture of the growth development of the agricultural complex of the KBR	166
---	------------

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

Научная статья

УДК 633.15:631.81.095.337(470.64)

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-7-15

**Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости
от микроудобрительных комплексов в предгорной зоне
Кабардино-Балкарии****Юрий Мухамедович Шогенов**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Аннотация. В данной статье рассматриваются результаты полевого исследования по определению влияния некорневой обработки микроудобрительными комплексами посевов гибридов кукурузы Агата СВ и Диана МВ на элементы структуры и урожайность зерна кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Полевые эксперименты велись в 2021-2023 гг. в учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова». Опыты закладывались на черноземе выщелоченном. Цель исследования – определение влияния некорневой обработки микроудобрительными комплексами посевов гибридов кукурузы Агата СВ и Диана МВ на элементы структуры и урожайность зерна кукурузы. В благоприятных условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии формирование высоких показателей элементов продуктивности у гибридов кукурузы Агата СВ и Диана МВ наблюдалось на варианте с применением Плантафол 20:20:20 на фоне $N_{60}P_{60}K_{40}$. Так, у гибрида Агата СВ была самая высокая масса 1000 зерен – 252,0 г, разница с контролем составляла 39,7 г или 18,7%. У гибрида Диана МВ соответственно 287,7 г, 45,5 г или 18,8%. Применение микроудобрительных комплексов позволило увеличить урожай зерна у гибрида Агата СВ на вариантах Фон+ЖУСС-2, Фон+Полифид, Фон+Плантафол в пределах 6,47-6,79 т/га, где разница с контролем составила 1,84-2,16 т/га или 39,7-46,7%. У гибрида Диана МВ на этих вариантах урожай зерна находился в пределах 7,55-7,96 т/га, где разница с контролем находилась на уровне 1,78-2,03 т/га или 30,9-35,2%.

Ключевые слова: гибрид кукурузы, Агата СВ, Диана МВ, длина початка, число початков на 100 растений, ряды зерен на початке, масса 1000 зерен, урожайность, микроудобрительные комплексы

Для цитирования. Шогенов Ю. М. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от микроудобрительных комплексов в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 7–15.
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-7-15

Original article

Productivity of corn hybrids depending on microfertilizer complexes in the foothill zone of Kabardino-Balkaria

Yuri M. Shogenov

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

yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Abstract. This article discusses the results of a field study to determine the effect of foliar treatment of corn hybrids Agata SV and Diana MV with microfertilizer complexes on the structural elements and yield of corn grain in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. Field experiments were conducted in 2021–2023. in the educational and production complex of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. The experiments were carried out on leached chernozem. The purpose of the study was to determine the effect of foliar treatment of corn hybrids Agata SV and Diana MV with microfertilizer complexes on the structural elements and yield of corn grain. In favorable conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria, for the formation of high indicators of elements of productivity of corn hybrids Agata SV and Diana MV were observed on the Plantafol 20:20:20 variant against the background of $N_{60}P_{60}K_{40}$. Thus, the Agata SV hybrid had the highest weight of 1000 grains – 252.0 g, the difference with the control was 39.7 g or 18.7%. The Diana MV hybrid has 287.7 g, 45.5 g or 18.8%, respectively. The use of microfertilizer complexes made it possible to increase the grain yield of the hybrid Agata SV in the variants Fon+ZHUSS-2, Fon+Polyfid, Fon+Plantafol within the range of 6.47-6.79 t/ha, where the difference with the control is 1.84-2.16 t/ha or 39.7-46.7%. For the hybrid Diana MV in these variants, the grain yield was in the range of 7.55-7.96 t/ha, where the difference with the control was 1.78-2.03 t/ha or 30.9-35.2%.

Keywords: corn hybrid, Agata SV, Diana MV, cob length, number of cobs per 100 plants, rows of grains on the cob, weight of 1000 grains, yield, microfertilizer complexes

For citation. Shogenov Yu. M. Productivity of corn hybrids depending on microfertilizer complexes in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023; 4(42):7–15. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-7-15

Введение. Во многих странах мира зернопроизводство ориентировано на выращивание продовольственного и фуражного зерна, и особое предпочтение в этом плане отдается кукурузе. Приоритетность ее выращивания определили два основных качества – возможность постоянного роста урожайности при совершенствовании технологии производства и высокая энергетическая ценность зерна при скармливании большинству сельскохозяйственных животных [1]. В связи с внедрением в сельскохозяйственное производство скороспелых сортов и гибридов в условиях лесостепи Среднего Поволжья кукуруза стала возделываться на зерно [2, 3]. Интерес хозяйств к выращиванию кукурузы на зерно обусловлен не только высокими сборами концентрированного корма с единицы посевной площади, но и тем, что зерно,

вводимое в рацион животных, оказывает положительное влияние на привесы, снижает расход кормов на единицу прироста и сокращает сроки откорма [4]. Для повышения урожайности и улучшения качества зерна растениям необходимы как макро-, так и микроэлементы. Многие исследователи отмечают, что продуктивность кукурузы в значительной степени зависит от уровня минерального питания [5–7]. Одним из факторов, обеспечивающих увеличение урожайности зерна кукурузы, является применение комплексных водорастворимых удобрений с микроэлементами [8, 9].

Они оказывают влияние на хозяйственно биологические, физиологические и биохимические процессы, протекающие в растениях, а, соответственно, и на продуктивность в целом [10–12]. Растениям требуется неболь-

шое количество микроэлементов, и именно поэтому их удобно вносить путем опрыскивания листьев. Это позволяет оперативно воздействовать на растения в критические периоды, когда они нуждаются в микроэлементах. При внекорневой подкормке питательные элементы попадают непосредственно в ту или иную часть растения, в которой, как правило, наиболее интенсивно протекают жизненные процессы, и именно там чаще всего встречаются недостатки элементов питания. По эффективности этот путь доставки питания в 5-20 (а по некоторым элементам до 100) раз короче традиционного питания – через корень [13–15].

Изучено влияние некорневой обработки посевов раннеспелого гибрида кукурузы органоминеральными удобрениями с микроэлементами и водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме на элементы структуры и урожайность зерна кукурузы. Показано, что при некорневой обработке ЭкоФусом, Цитовитом и Силиплантом универсальным количеством полноценных зерен в початке на удобренном агрофоне увеличилось на 3,3-5,4%. При внесении $N_{120}P_{90}$ масса зерна с початка увеличилась на 25,2% по сравнению с вариантами без удобрений, а $N_{120}P_{90}K_{60}$ – на 37,2%. Во всех вариантах с применением комплексных удобрений отмечено увеличение массы зерна с початка на 3,2-13,9%, причем преимущество за вариантами с фоллиарной обработкой Цитовитом. Проведенные исследования показали, что с увеличением внесения удобрений в почву и при некорневой обработке растений комплексными микроэlementными удобрениями улучшаются показатели структуры урожайности. Наиболее эффективным по сбору зерна было применение $N_{120}P_{90}K_{60}$, позволившее получить дополнительно 40,3-59,1% продукции. По всем уровням корневого питания прослеживается преимущество использования Цитовита, позволившее увеличить урожайность зерна на 12,1-15,2%. Немного уступил ему по эффективности Силиплант универсальный, обеспечивший прибавку зерна 9,8-12,8% [16, 18, 19].

В последние годы широко освоено производство жидких комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов, пред-

назначенных для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур. Так как сельскохозяйственным культурам требуются различные условия, то производству предлагается широкий ассортимент комплексных удобрений с различным композиционным набором и соотношением макро- и микроэлементов. Одними из таких удобрений являются удобрения ЖУСС-2, Полифид Платафол, однако влияние их на формирование урожайности зерна кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии изучено недостаточно.

Цель исследования – определить влияние некорневой обработки микроудобрительными комплексами посевов гибридов кукурузы Агата СВ и Диана МВ на элементы структуры и урожайность зерна кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии.

Материалы, методы и объекты исследования. Полевой эксперимент проводился в 2021–2023 гг. в учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова». Опыты закладывались на черноземе выщелоченном.

Опытный участок характеризуется следующими агрохимическими показателями: гумус в пахотном горизонте – 3,3%, общий азот – 0,28%, емкость поглощения – 34,4 мг-эквивалент на 100 грамм почвы, реакция почвенного раствора нейтральная (рН 7). Содержание подвижного фосфора составляет 15,0 мг на 100 г почвы, то есть средняя обеспеченность (по Чирикову), обеспеченность обменным калием повышенная – 15-18 мг на 100 г почвы (по Чирикову). По механическому составу эта почва тяжелосуглинистая. Содержание в ней физической глины составляет 57%.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были благоприятными, количества осадков было достаточно для хорошего прохождения вегетации кукурузных растений, температура не превышала среднеголетние данные.

Площадь делянок в полевом опыте – 50 м². Повторность четырехкратная, расположение рендомизированное.

В полевом эксперименте в качестве объекта изучения использовались гибриды кукурузы Агата СВ и Диана МВ.

В полевом эксперименте в схему включались варианты по исследованию воздействия предпосевной обработки семян биопрепаратами на рост, формирование и высокоурожайность кукурузы. Схема эксперимента включала восемь вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. $N_{60}P_{60}K_{40}$ (Фон); 3. Фон+ЖУСС-2 в фазу 3-го листа и выметывания – по 1,5 л/га; 4. Фон+Полифид 19:19:19 – по 4 кг/га; 5. Фон+Плантафол 20:20:20 – по 1,5 кг/га.

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

Результаты исследования. Исследования по изучению микроудобрительных комплексов на показатели элементов продуктивности гибридов кукурузы показали, что длина початка на контрольном варианте составила у гибрида Агата СВ – 16,2 см, с внесением дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{40}$ (Фон) длина початка увеличилась на 1,1 см, на вариантах Фон+ЖУСС-2 –

2,4 см, Фон+Полифид – 2,8 см и Фон+Плантафол – 3 см.

Количество початков на растениях увеличивалось с обработкой на вариантах с применением ЖУСС-2, Полифид и Плантафол до 1,3 шт. Количество рядов зерен на початке также увеличивалось с 12 до 14 шт.

Особо надо отметить такой показатель, как масса 1000 зерен. Как следует из данных таблицы 1 и рисунка 1, масса 1000 зерен имела высокий коэффициент детерминации $R^2=0,988$. На вариантах Фон+ЖУСС-2, Фон+Полифид и Фон+Плантафол отклонение от контроля по массе 1000 семян составило соответственно 37,3 г, 38,3 г и 39,7 г или 17,6-18,8%.

У гибрида кукурузы Агата СВ масса 1000 зерен имела высокий коэффициент детерминации $R^2=0,988$. На вариантах Фон+ЖУСС-2, Фон+Полифид и Фон+Плантафол отклонение от контроля по массе 1000 семян составило соответственно 37,3 г, 38,3 г и 39,7 г или 17,6-18,7%.

Таблица 1. Элементы продуктивности гибрида кукурузы Агата СВ в зависимости от микроудобрительной системы
Table 1. Elements of productivity of the corn hybrid Agata SV depending on the microfertilizer system

Показатели	Длина початка, см	Количество початков на растении, шт.	Рядов зерен на початке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Откл. от контр., г	%
Контроль (без удобрений)	16,2	1,0	12	212,3	–	–
$N_{60}P_{60}K_{40}$ (Фон)	17,3	1,2	14	235,6	23,3	11,0
Фон+ЖУСС-2	18,6	1,3	14	249,6	37,3	17,6
Фон+Полифид	19,0	1,3	14	250,6	38,3	18,0
Фон+Плантафол	19,2	1,3	14	252,0	39,7	18,7

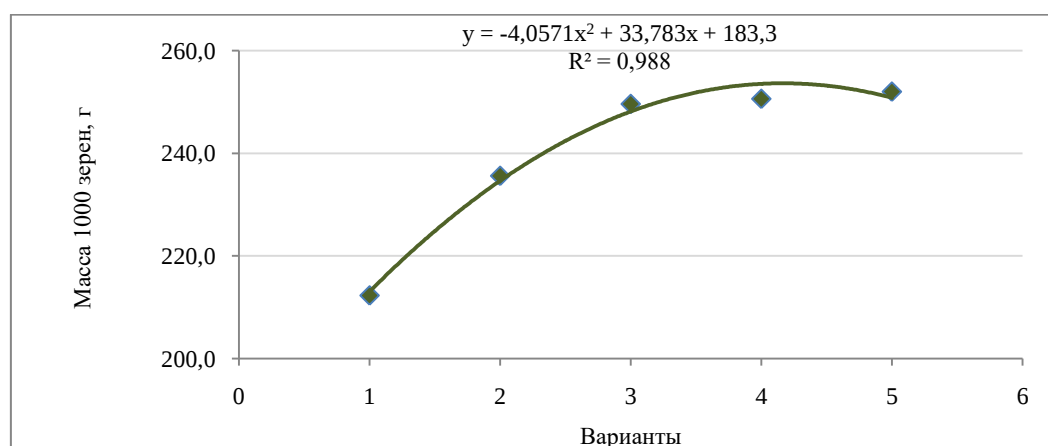


Рисунок 1. Масса 1000 зерен у гибрида Агата СВ в зависимости от микроудобрительных комплексов
Figure 1. Weight of 1000 grains of the Agata SV hybrid depending on microfertilizer complexes

Длина початка на контрольном варианте составила у гибрида Диана МВ – 17,5 см, с внесением дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{40}$ (Фон) длина початка увеличилась на 2,0 см, на вариантах Фон+ЖУСС-2 – 2,5 см, Фон+Полифид – 2,5 см и Фон+Плантафол – 3 см.

Также повысилось количество початков на 100 растений с обработкой на вариантах с применением ЖУСС-2, Полифид и Плантафол до 1,3 шт. Количество рядов зерен на початке также увеличивалось с 14 до 16 шт.

Элементы продуктивности гибрида кукурузы Диана МВ в зависимости от микроудобрительной системы представлены в таблице 2 и рисунке 2, так масса 1000 зерен у данного гибрида кукурузы имеет высокий коэффициент детерминации $R^2=0,988$. На вариантах опыта Фон+ЖУСС-2, Фон+Полифид и Фон+Плантафол отклонение от контроля по массе 1000 семян составило соответственно 42,7 г, 43,6 г и 45,5 г или 17,6-18,8%.

Таблица 2. Элементы продуктивности гибрида кукурузы Диана МВ в зависимости от микроудобрительной системы
Table 2. Elements of productivity of the corn hybrid Diana MV depending on the microfertilizer system

Показатели	Длина початка, см	Количество початков на растениях, шт.	Рядов зерен на початке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Откл. от контр., г	%
Контроль (без удобрений)	17,5	1,0	14	242,2		
$N_{60}P_{60}K_{40}$ (Фон)	19,5	1,3	16	268,0	25,8	10,7
Фон+ЖУСС-2	20,0	1,3	16	284,9	42,7	17,6
Фон+Полифид	20,0	1,3	16	285,8	43,6	18,0
Фон+Плантафол	20,5	1,3	16	287,7	45,5	18,8

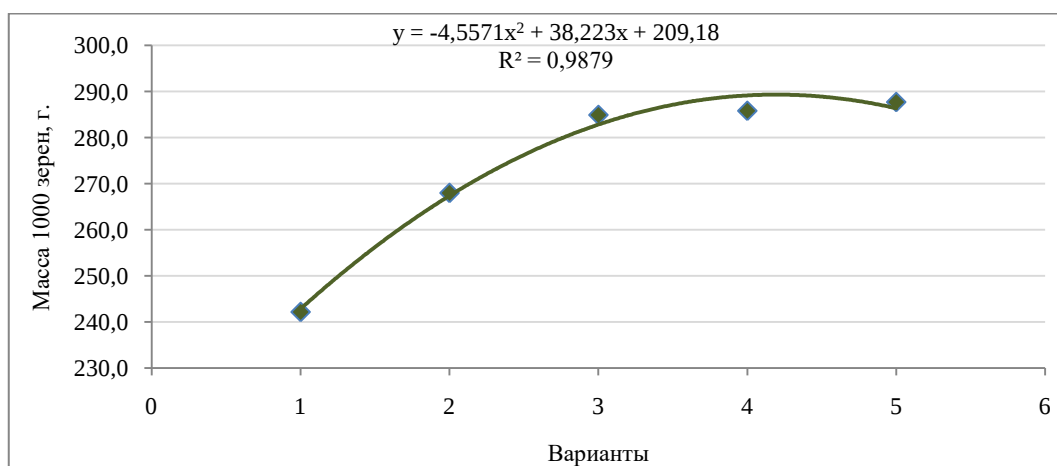


Рисунок 2. Масса 1000 зерен у гибрида Диана МВ в зависимости от микроудобрительных комплексов
Figure 2. Weight of 1000 grains of the hybrid Diana MV depending on microfertilizer complexes

Продуктивность кукурузы является интегральным показателем, так, при исследовании в течение трех лет было установлено, что гибриды Агата СВ и Диана МВ положительно отзывались на обработку посевов препаратами ЖУСС-2, Полифид и Плантафол на фоне применения минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{40}$. Гибрид кукурузы Агата СВ на контрольном варианте без удобрений имел урожайность 4,63 т/га. При внесении дозы

$N_{60}P_{60}K_{40}$ (Фон) урожайность увеличилась на 1,30 т/га или 28,0%. На вариантах Фон+ЖУСС-2 урожайность росла до 6,47 т, где отклонение от контроля составляло 1,84 т/га или 39,7%, следующий вариант, Фон+Полифид, дал урожай зерна 6,65 т/га, отклонение от контроля 3,02 или 83,2% и последний вариант, Фон+Плантафол, дал максимальную урожайность 6,79 т, где отклонение от контроля составило 2,16 т/га или 46,7%.

Таблица 3. Продуктивность гибрида кукурузы Агата СВ в зависимости от микроудобрительной системы, т/га

Table 3. Productivity of the corn hybrid Agata SV depending on the microfertilizer system, t/ha

Показатели	Годы			Среднее	Откл. от контроля	
	2021	2022	2023		т/га	%
Контроль (б/у)	4,34	4,85	4,7	4,63	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀ (Фон)	5,69	6,23	5,86	5,93	1,30	28,0
Фон+ЖУСС-2	6,1	6,76	6,56	6,47	1,84	39,7
Фон+Полифид	6,24	6,91	6,79	6,65	2,02	43,6
Фон+Плантафол	6,43	7,21	6,74	6,79	2,16	46,7
HCP ₀₅ (т/га)				0,18		

Таблица 4. Продуктивность гибрида кукурузы Диана МВ в зависимости от микроудобрительной системы, т/га

Table 4. Productivity of the corn hybrid Diana MV depending on the microfertilizer system, t/ha

Показатели	Годы			Среднее	Откл. от контроля	
	2021	2022	2023		т/га	%
Без удобрений	5,48	6,03	5,77	5,76	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀ (Фон)	6,64	6,24	7,7	6,86	1,10	19,1
Фон+ЖУСС-2	7,19	7,82	7,61	7,54	1,78	30,9
Фон+Полифид	7,41	7,95	7,92	7,76	2,00	34,6
Фон+Плантафол	7,65	8,18	7,54	7,79	2,03	35,2
HCP ₀₅ (т/га)				0,22		

Гибрид кукурузы Диана МВ на контрольном варианте без удобрений имел урожайность 3,77 т/га. При внесении минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₄₀ (Фон) урожайность увеличилась на 1,10 т/га или 19,1%. На вариантах опыта с применением Фон+ЖУСС-2 урожайность росла до 7,55 т, где отклонение от контроля составляло 1,78 т/га или 30,9%, следующий вариант, Фон+Полифид, дал урожай зерна 7,77 т/га, отклонение от контроля 2,00 или 34,6% и последний вариант, Фон+Плантафол, дал максимальную урожайность 7,80 т/га, где отклонение от контроля составило 2,03 т/га или 35,2%.

Выводы. 1. В ходе эксперимента установлено, что максимальные показатели элементов продуктивности формировались при обработ-

ке посевов препаратом Плантафол 20:20:20 на фоне применения минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₄₀, где у гибрида Диана МВ была самая высокая масса 1000 зерен соответственно 287,7 г, 45,5 г или 18,8%, затем у гибрида Агата СВ – 252,0 г, разница с контролем составляла 39,7 г или 18,7%.

2. Урожайность у гибрида Агата СВ росла при применении микроудобрительных систем на вариантах опыта Фон+ЖУСС-2, Фон+Полифид, Фон+Плантафол в пределах 6,47-6,79 т/га, где разница с контролем – 1,84-2,16 т/га или 39,7-46,7%. У гибрида Диана МВ на этих вариантах урожай зерна находился в пределах 7,55-7,96 т/га, где разница с контролем составляла 1,78-2,03 т/га или 30,9-35,2%.

Список литературы

1. Дроздова В. В., Редина Н. Е. Влияние норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность кукурузы и агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121(07). С. 1732–1748.

2. Волков А. И., Кириллов Н. А., Прохорова Л. Н. Продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Чувашии // Кормопроизводство. 2014. № 5. С. 36–37.
3. Прохорова Л. Н. Совершенствование технологии возделывания кукурузы на зерно в зоне дерново-подзолистых почв Поволжья: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.01. Чебоксары, 2015. 146 с.
4. Макарец Н. Г. Кормление сельскохозяйственных животных: учебник для вузов. Калуга: Ноосфера, 2012. 640 с.
5. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях Южного Нечерноземья: монография / А. А. Моисеев, А. В. Ивойлов, А. В. Сидоров [и др.]. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. 172 с.
6. Никитин В. В., Навальнев В. В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество кукурузы // Кукуруза и сорго. 2016. № 1. С. 32–35.
7. Сотченко В. С., Багринцева В. Н. Технология возделывания кукурузы // Вестник АПК Ставрополя. 2015. Спецвыпуск № 2. С. 79–84.
8. Гайсин И. А., Сагитова Р. Н., Хабибуллин Р. Р. Микроудобрения в современном земледелии // Агрохимический вестник. 2010. № 4. С. 13–14.
9. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е. Ю. Гейгер, Л. Д. Варламова, В. В. Семенов [и др.] // Агрохимический вестник. 2017. № 2. С. 29–32.
10. Дериглазова Г. М., Митрохина О. А., Боева Н. Н. Значение некорневой обработки отдельными микроэлементами и комплексными удобрениями посевов зерновых культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 45–47.
11. Сидельников Н. И., Тхаганов Р. Р., Хазиева Ф. М. Особенности применения микроудобрений на лекарственных культурах // Агрохимический вестник. 2018. № 6. С. 57–60.
12. Титов Е. М., Внукова М. А. Применение водорастворимых комплексных удобрений на посевах яровой пшеницы // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 3. С. 50–51.
13. Каталымов М. Б. Микроудобрения: справочная книга по химизации сельского хозяйства. Москва: Колос, 1980. С. 149–158.
14. Панасин В. Н., Рымаренко Д. А. Изучение новых микроудобрений для подкормки озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2013. № 2. С. 5–6.
15. Труфанова А. А., Сорокина О. А. Действие удобрений при некорневых подкормках и внутрипочвенном внесении на урожайность яровой пшеницы и химический состав зерна // Вестник КрасГАУ. 2013. № 5. С. 108–113.
16. Семина С. А., Гаврюшина И. В. Влияние условий минерального питания на формирование урожайности зерна кукурузы // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 7(95). С. 1097–1106.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Агропромиздат, 1986. 351 с.
18. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск, 1980. 54 с.
19. Исследования и разработка технологий применения биологических удобрений, биостимуляторов и биологического метода в интегрированной системе защиты сельскохозяйственных растений / Х. М. Назранов, Е. Н. Диданова, Р. З. Абдулхаликов, Л. З. Халишхова, М. М. Калмыков, Н. И. Перфильева, З. С. Шибзухов, А. Л. Бозиев, М. Н. Орзалиева, Б. Х. Назранов. Нальчик, 2020. 160 с.
20. Prospects and technology of cultivation of organic vegetable production on open ground in southern russia conditions / Ezaov A., Shibzukhov Z.G., Beslaneev B, Shibzukhova Z., Khantsev M. // В сборнике: E3S Web of Conf. Volume 222 (2020) 02003 "International Scientific and Practical Conference "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad" (DAIC 2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202003>

References

1. Drozdova V.V., Redina N.E. Influence of rates and combinations of mineral fertilizers on yield of corn and agrochemical characteristics of fertility of the leached chernozem of Western Fore-Caucasus. *Nauchnyi zhurnal KubGAU*. 2016;121(07):1732–1748. (In Russ.) EDN: WWSLLF
2. Volkov A.I., Kirillov N.A., Prokhorova L.N. Productivity of early-ripe maize hybrids in Chuvashia. *Fudder journal*. 2014;(5):36–37. (In Russ.) EDN: SDKHNN
3. Prokhorova L.N. *Sovershenstvovaniye tekhnologii vzdelyvaniya kukuruzy na zerno v zone dernovo-podzolistykh pochv Povolzh'ya: dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata*

sel'skokhozyaystvennykh nauk: 06.01.01 [Improving the technology of cultivating corn for grain in the zone of sod-podzolic soils of the Volga region: dissertation for the scientific degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Cheboksary, 2015. 146 p. (In Russ.)

4. Makartsev N. G. *Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: uchebnik dlya vuzov* [Feeding farm animals: a textbook for universities]. Kaluga: Noosfera, 2012. 640 p. (In Russ.)

5. Moiseev A.A., Ivoilov A.V., Sidorov A.V. [et al.]. *Effektivnost' udobreniy pri vozdeleyvanii kukuruzy na zerno v usloviyakh Yuzhnogo Nechernozem'ya: monografiya* [The effectiveness of fertilizers when cultivating corn for grain in the conditions of the Southern Non-Black Earth Region: monograph]. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2018. 172 p. (In Russ.)

6. Nikitin V.V., Navalnev V.V. The influence of long application of fertilizers on productivity and quality of maize. *Maize and sorghum*. (In Russ.) EDN: TXQTQR

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

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

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

10. Deriglazova G.M., Mitrokhina O.A., Boeva N.N. The importance of foliar treatment with individual microelements and complex fertilizers for grain crops. *Vestnik of Kursk state agricultural academy*. 2011;(4):45–47. (In Russ.) EDN: QBUFIT

11. Sidel'nikov N.I., Tkhanov R.R., Khazieva F.M. Particularities of microfertilizers application for medicinal plants. *Agrochem herald*. 2018;(6):57–60. (In Russ.)

12. Titov E.M., Vnukova M.A. Application of water-soluble complex fertilizers on spring wheat crops. *Vestnik OrelGAU*. 2011;(3):50-51. (In Russ.) EDN: PONLSN

13. Katalymov M.B. *Mikroudobreniya: spravochnaya kniga po khimizatsii sel'skogo khozyaystva* [Microfertilizers: a reference book on chemicalization of agriculture]. Moscow: Kolos, 1980. Pp. 149–158. (In Russ.)

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

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

16. Semina S.A., Gavryushina I.V. Influence of mineral nutrition on forming maize grain yield. *Nauchaa zizn' [Scientific Life]*. 2019;14(7):1097–1106. (In Russ.) EDN: JXQKHM

17. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 351 p. (In Russ.)

18. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoy* [Methodological recommendations for conducting field experiments with corn]. Dnepropetrovsk, 1980. 54 p. (In Russ.)

19. Nazranov Kh.M., Didanova E.N., Abdulkhalikov R.Z. [et al.]. *Issledovaniya i razrabotka tekhnologiy primeneniya biologicheskikh udobreniy, biostimulyatorov i biologicheskogo metoda v integrirovannoy sisteme zashchity sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Research and development of technologies for the use of biological fertilizers, biostimulants and biological methods in an integrated system for the protection of agricultural plants]. Nalchik, 2020. 160 p. (In Russ.)

20. Ezaov A., Shibzukhov Z.-G., Beslaneev B., Shibzukhova Z., Khantsev M. Prospects and technology of cultivation of organic vegetable production on open ground in southern Russia conditions. Prospects and technology of cultivation of organic vegetable production on open ground in southern Russia conditions. E3S Web of Conf. Volume 222 (2020) 02003 "International Scientific and Practical Conference "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad" (DAIC 2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202003>

Сведения об авторе

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

Information about the author

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

*Статья поступила в редакцию 08.11.2023;
одобрена после рецензирования 24.11.2023;
принята к публикации 04.12.2023.*

*The article was submitted 08.11.2023;
approved after reviewing 24.11.2023;
accepted for publication 04.12.2023.*

Научная статья

УДК 633.15:631.82(470.64)

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-16-24

Влияние органоминеральных и водорастворимых комплексных удобрений на урожайность гибрида кукурузы Берта в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии

Юрий Мухамедович Шогенов

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

yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Аннотация. В статье рассмотрено влияние некорневой обработки посевов раннеспелого гибрида кукурузы Берта органоминеральными удобрениями и водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме на морфобиометрические показатели и урожайность зерна. Целью исследования было изучение особенностей формирования урожайности кукурузы под воздействием органоминеральных и комплексных водорастворимых удобрений в условиях Кабардино-Балкарии. Определялось влияние некорневой обработки посевов гибрида кукурузы Берта органоминеральными удобрениями – Экофус (2,5 л/га), Гумостим (0,3 л/га), Гумат+7 (0,5 л/га) и водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме – Грин Го (1,5 кг/га), Силиплант универсальный (1,0 л/га), Цитовит (0,5 л/га) и наложения вариантов с дозами минеральных удобрений: контроль (обработка водой), $N_0P_0K_0$, $N_{90}P_{90}K_{60}$, $N_{120}P_{120}K_{60}$. Полевой эксперимент проводился в 2021-2023 гг. в учебно-производственном комплексе Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова. Опыты закладывались на черноземе выщелоченном. Показано, что на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом изучаемые препараты стимулировали линейный рост растений и формирование початков кукурузы. Обработка препаратами Цитовит, Гумат+7 и Экофус существенно увеличивала морфобиометрические показатели кукурузы: высоту растения до 26,9-30,3%, высоту прикрепления початка до 29,7-45,1%, количество початков на 100 растений до 31,0-35,0% и массу одного растения до 49,9-54,6%. А также обработка Цитовитом, Гуматом +7 и Экофусом, как показал трехлетний эксперимент в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии, давала стабильную прибавку соответственно 0,88-2,80 т/га, 0,57-2,73 т/га и 0,57-2,56 т/га или 17,0-54,6%, 11,1-53,1% и 11,1-49,9%.

Ключевые слова: гибрид кукурузы Берта, минеральные удобрения, органоминеральные удобрения, комплексные водорастворимые удобрения, микроэлементы, биометрические показатели, урожайность

Для цитирования. Шогенов Ю. М. Влияние органоминеральных и водорастворимых комплексных удобрений на урожайность гибрида кукурузы Берта в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 16–24. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-16-24

Original article

The influence of organomineral and water-soluble complex fertilizers on the yield of Berta corn hybrid in the foothill zone of Kabardino-Balkaria

Yuri M. Shogenov

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

yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Abstract. The article examines the influence of foliar treatment of crops of early maturing Bertha corn hybrid with organomineral fertilizers with microelements and water-soluble complex fertilizers with microelements in chelated form on morphobiometric indicators and grain yield. The purpose of the study was to study the peculiarities of the formation of corn yield under the influence of organomineral and complex water-soluble fertilizers in the conditions of Kabardino-Balkaria. The influence of foliar treatment of Berta corn hybrid crops with organomineral fertilizers – Ecofus (2.5 l/ha), Gumostim (0.3 l/ha), Gumat+7 (0.5 l/ha) and water-soluble complex fertilizers with microelements in chelate was determined. form – Green Go (1.5 kg/ha), Siliplant universal (1.0 l/ha), Cytovit (0.5 l/ha) and applying options with doses of mineral fertilizers: control (water treatment), $N_0P_0K_0$, $N_{90}P_{90}K_{60}$, $N_{120}P_{120}K_{60}$. The field experiment was conducted in 2021-2023. in the educational and production complex of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. The experiments were carried out on leached chernozem. It was shown that on leached heavy loamy chernozem, the studied preparations stimulated the linear growth of plants and the formation of corn cobs. Treatment with Cytovit, Gumat +7 and Ecofus significantly increased the morphobiometric parameters of corn: plant height to 26.9-30.3%, height of cob attachment to 29.7-45.1%, number of cobs per 100 plants to 31.0-35.0% and the weight of one plant up to 49.9-54.6%. As well as treatment with Cytovit, Gumat +7 and Ecofus, as shown by a three-year experiment in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria, it gave a stable increase of 0.88-2.80 t/ha, 0.57-2.73 t/ha and 0.57-2.56 t/ha or 17.0-54.6%; 11.1-53.1% and 11.1-49.9%.

Keywords: Bertha corn hybrid, mineral fertilizers, organomineral fertilizers, complex water-soluble fertilizers, microelements, biometric indicators, yield

For citation. Shogenov Yu.M. The influence of organomineral and water-soluble complex fertilizers on the yield of Berta corn hybrid in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):16–24. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-16-24

Введение. Кукуруза – одна из ценнейших сельскохозяйственных культур. Высокую урожайность початков кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии возможно обеспечить лишь благодаря современным агроприемам в технологии выращивания. Это подбор высокопродуктивных сортов и гибридов, капельное орошение и применение современных комплексных удобрений и стимуляторов роста.

В увеличении валовых сборов кукурузы первостепенное значение придается внедрению новых высокопродуктивных гибридов интенсивного типа, хорошо адаптированных

к каждой природной зоне возделывания. При интенсификации сельского хозяйства скоро-спелые гибриды кукурузы выступают как самостоятельные факторы повышения урожайности, но проявить свои потенциальные возможности они могут только на высоком агрофоне [1, 2].

Способность кукурузы усваивать необходимые для своего роста и развития питательные вещества на протяжении всего вегетационного периода позволяет полнее удовлетворять ее потребности в удобрениях путем внекорневых подкормок растений водорастворимыми препаратами в период их роста.

Недостаток питательных веществ от всходов до образования 7-8 листьев, по мнению многих ученых, практически невосполним. Именно в этот период, на начальном этапе развития, необходимость в подкормках важна, так как в это время происходит формирование корневой системы и генеративных органов, что определяет уровень урожайности [3–7].

Для быстрого устранения дефицита питательных веществ на определенных этапах развития кукурузы целесообразно применять листовую обработку водорастворимыми и хелатными удобрениями, так как скорость и процент усвоения элементов питания через листву гораздо выше, чем при грунтовом внесении.

Органоминеральные и комплексные удобрения способны увеличивать продуктивность растений, качество урожая, а также устойчивость к стрессовым ситуациям [8, 9].

Несмотря на то, что ученые Кабардино-Балкарии проводили множество исследований на посевах кукурузы, с появлением новых препаратов и агроприемов требуется проведение дополнительных исследований реакции новых гибридов кукурузы на приемы технологии выращивания [10–15].

Цель исследования – изучить особенности формирования урожайности кукурузы под воздействием органоминеральных и комплексных водорастворимых удобрений в условиях Кабардино-Балкарии.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводили в 2021–2023 годах в учебно-производственном комплексе Кабардино-Балкарского ГАУ в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики (КБР).

Опытный участок характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса в пахотном горизонте – 3,3%, общий азот – 0,28%, емкость поглощения – 34,4 мг-эквивалент на 100 грамм почвы, реакция почвенного раствора нейтральная (рН 6,5). Содержание подвижного фосфора составляет 15,0 мг на 100 г почвы, то есть средняя обеспеченность (по Чирикову), обеспеченность обменным калием повышенная – 15–18 мг на 100 г почвы (по Чирикову). По механическому составу эта почва тяжелосуглинистая. Содержание в ней физической гли-

ны составляет 57%. Полевой опыт закладывался как двухфакторный опыт в четырехкратной повторности, где площадь каждого варианта составляла 50 м² [16, 17]. Изучался раннеспелый гибрид кукурузы Берта, который высевали с густотой стояния 75 тыс/га в 1 декаде мая. Фактор А: 1 группа – органоминеральные удобрения (ОМУ) – Экофус (2,5 л/га), Гумостим (0,3 л/га), Гумат+7 (0,5 л/га) и 2 группа – водорастворимые комплексные удобрения с микроэлементами в хелатной форме (ВКУ) – Грин Го (1,5 кг/га), Силиплант универсальный (1,0 л/га), Цитовит (0,5 л/га). Фактор В: Контроль (обработка водой), N₀P₀K₀, N₉₀P₉₀K₆₀, N₁₂₀P₁₂₀K₆₀. Все минеральные удобрения вносили под зяблевую вспашку, такие как: аммиачная селитра, суперфосфат двойной и калийная соль. Агротехника возделывания – общепринятая для предгорной зоны КБР. Погодные условия в годы проведения опыта были благоприятными для вегетации кукурузы.

Результаты исследования. В ходе эксперимента с препаратами с микроэлементами было установлено, что гибрид кукуруза Берта положительно отзывался как на органоминеральные удобрения с микроэлементами, так и на водорастворимые комплексные удобрения.

Результаты проведенных исследований (табл. 1) показали, что на высоту растения препарат Экофус оказал положительное влияние, увеличив значение этого показателя до 183–223 см, при контроле (обработка воды) – 178 см, где разница составила 5,1–47,7 см или 2,9–26,9%. Также к органоминеральным удобрениям относится Гумостим, где разница с контролем была 11,2–47,7 см или 6,3–26,9%. К ним также можно отнести Гумат+7, который имел разницу с контролем 15,2–30,5 см или 8,6–17,1%.

Высота прикрепления початка – также немаловажный показатель, который имеет значение при механизированной уборке кукурузы. Обработка препаратом Экофус дала разницу 3,0–23,3 см или 5,9–45,1% в зависимости от уровня минерального питания, когда контрольный показатель достигал лишь 52 см. Обработка препаратом Гумостим дала разницу 3,0–14,2 см или 5,9–27,5%. Влияние препарата Гумат+7 оказалось низким – 4,1–12,2 см или 7,8–23,5%.

Таблица 1. Морфобиометрические показатели кукурузы, среднее за 2021-2023 гг.

Table 1. Morphobiometric indicators of corn, average for 2021-2023

Препараты с микроэlemen- тами	Норма удобрения	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см	Количество початков на 100 растений, шт.	Масса одного растения, г
Экофус (ОМУ)	Контроль (обработка водой)	178	52	102	411
	N ₀ P ₀ K ₀	183	55	102	457
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	225	75	133	605
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	223	74	137	616
Гумостим (ОМУ)	Контроль (обработка водой)	178	52	102	411
	N ₀ P ₀ K ₀	189	55	102	438
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	214	63	107	581
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	225	66	122	595
Гумат+7 (ОМУ)	Контроль (обработка водой)	178	52	102	411
	N ₀ P ₀ K ₀	193	56	103	457
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	206	64	127	621
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	208	60	120	629
Грин Го (ВКУ)	Контроль (обработка водой)	178	52	102	411
	N ₀ P ₀ K ₀	190	63	102	421
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	219	66	121	583
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	221	60	125	594
Силиплант универсальный (ВКУ)	Контроль (обработка водой)	178	52	102	411
	N ₀ P ₀ K ₀	190	56	121	432
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	211	61	123	572
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	225	68	110	588
Цитовит (ВКУ)	Контроль (обработка водой)	178	52	102	411
	N ₀ P ₀ K ₀	195	59	104	481
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	225	64	129	635
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	231	64	130	634

Количество початков на 100 растений тоже росло при совместном применении органических удобрений с минеральными удобрениями. Так, Экофус дал разницу с контролем (102 шт.) – 31,5-35,5 шт. или 31,0-35,0%.

Препарат Гумостим имел меньшую разницу 5,1-20,3 шт. или 5,03-20%, тогда как Гумат+7 имел разницу 1,0-25,4 шт. или 1,0-25,0%.

Масса одного растения имеет наибольшую отзывчивость на обработку органического удобрения. Так, Экофус дал разницу с контролем (411 г) в пределах 5,7-205,0 г или 11,1-49,9%. Другой вариант, Гумостим, имел разницу с контролем

27,4-183,7 г или 6,7-44,7%. Наибольшую разницу дал вариант Гумат+7, где она была в пределах 45,7-218,2 г или 11,1-53,1%.

Варианты опыта с водорастворимыми комплексными удобрениями практически не уступали по показателям. Так, Грин Го показали сравнительно невысокий эффект, разница с контролем (177,6 см) оставила 12,2-43,6 см, или 6,9-24,6%, другой вариант, Силиплант, находился в пределах 12,2-47,7 см или 6,9-26,9%. На высоту растения оказало существенное влияние применения препарата Цитовит 17,3-53,8 см, или 9,7-30,3%. Высота прикрепления початка на варианте с Грин Го повышала кон-

троль на 8,1-14,2 см, или 15,7-27,5%, количество початков на 100 растений имело разницу с контролем (101,5 шт.) – 19,3-23,3 шт. или 19,0-23%. Нужно отметить, что препарат Грин Го не оказал никакого влияния на этот показатель, тогда как показатель массы одного растения менялся под действием препарата Грин Го, разница с контролем (411,1 г) составляла 10,2-182,7 г или 2,5-44,4%.

На другом варианте с Силиплантом универсальным разница составила 12,2-47,7 см или 6,9-26,9% по высоте растений, 4,1-16,2 см или 17,8-31,4%, количество початков на 100 растений хорошо реагировало на данный препарат – 8,1-19,3 шт. или 8-21%, где без внесения минеральных удобрений разница составила 19 шт. или 18,6%.

Таблица 2. Урожайность гибрида кукурузы Берта в зависимости от препаратов с микроэлементами (т/га), среднее за 2021-2023 гг.

Table 2. Yield of the Berta corn hybrid depending on preparations with microelements (c/ha), average for 2021-2023

Препараты с микроэлементами (А)	Норма удобрения (В)	Годы			Среднее	Откл. от контр.	
		2021	2022	2023		т/га	%
Экофус (ОМУ)	Контроль (обработка водой)	4,73	5,45	5,24	5,14		
	N ₀ P ₀ K ₀	5,43	6,06	5,63	5,71	0,57	11,1
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	7,13	7,9	7,67	7,56	2,42	47,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	7,23	8	7,86	7,7	2,56	49,9
Гумостим (ОМУ)	Контроль (обработка водой)	4,84	5,37	5,21	5,14		
	N ₀ P ₀ K ₀	5,14	5,7	5,6	5,48	0,34	6,7
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	6,87	7,71	7,2	7,26	2,12	41,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	6,84	7,89	7,58	7,43	2,3	44,7
Гумат+7 (ОМУ)	Контроль (обработка водой)	4,73	5,45	5,24	5,14		
	N ₀ P ₀ K ₀	5,43	6,06	5,63	5,71	0,57	11,1
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	7,32	8,11	7,87	7,76	2,63	51,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	7,38	8,17	8,03	7,87	2,73	53,1
Грин Го (ВКУ)	Контроль (обработка водой)	4,87	5,46	5,1	5,14		
	N ₀ P ₀ K ₀	4,84	5,58	5,37	5,27	0,13	2,5
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	6,93	7,73	7,18	7,28	2,14	41,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	7	7,75	7,53	7,42	2,28	44,4
Силиплант универсальный (ВКУ)	Контроль (обработка водой)	4,82	5,34	5,25	5,14		
	N ₀ P ₀ K ₀	5,12	5,74	5,37	5,4	0,27	5,2
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	6,58	7,59	7,29	7,16	2,02	39,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	6,99	7,79	7,24	7,35	2,21	43,0
Цитовит (ВКУ)	Контроль (обработка водой)	4,89	5,45	5,07	5,14		
	N ₀ P ₀ K ₀	5,67	6,28	6,1	6,01	0,88	17,0
	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	7,45	8,25	8,11	7,94	2,8	54,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	7,51	8,42	7,87	7,93	2,79	54,3
НСР ₀₅ по фактору А (ц/га)		1,56	0,156	0,173	0,167		
НСР ₀₅ по фактору В (ц/га)		1,27	0,127	0,142	0,137		
НСР ₀₅ по взаимодей. АВ (ц/га)		3,12	0,312	0,347	0,335		
Ошибка опыта (%)		1,57	0,157	0,156	0,158		

Показатель массы одного растения дал разницу 21,3-176, 6 г или 5,2-43%. Препарат Цитовит максимально увеличил разницу по высоте растения в пределах 17,3-53,8 см или 9,7-30,3%, высоту прикрепления початка – 7,1-12,2 см или 13,7-23,5%, количество початков на 100 растений составило разницу 2,0-28,0 шт. или 2,0-25,0%, и масса одного растения увеличилась под действием этого препарата до 70,0-223,3 г или 17,0-54,6%.

Таким образом, применение органоминеральных удобрений или водорастворимых комплексных удобрений приводит к увели-

чению морфобиометрических показателей гибрида кукурузы Берта.

Урожайность как интегральный показатель лучше всего передает преимущества использования препарата в сравнении с другими (табл. 2).

Так, можно отметить, что наилучшим оказался препарат Гумат+7, где использование лишь одного препарата дало существенную разницу 0,57 т/га или 11,1%. Применение препарата Гумат+7 с минеральными удобрениями увеличило прибавку до 2,63-2,73 т/га или 51,1-53,1% (табл. 2 и рис. 1).

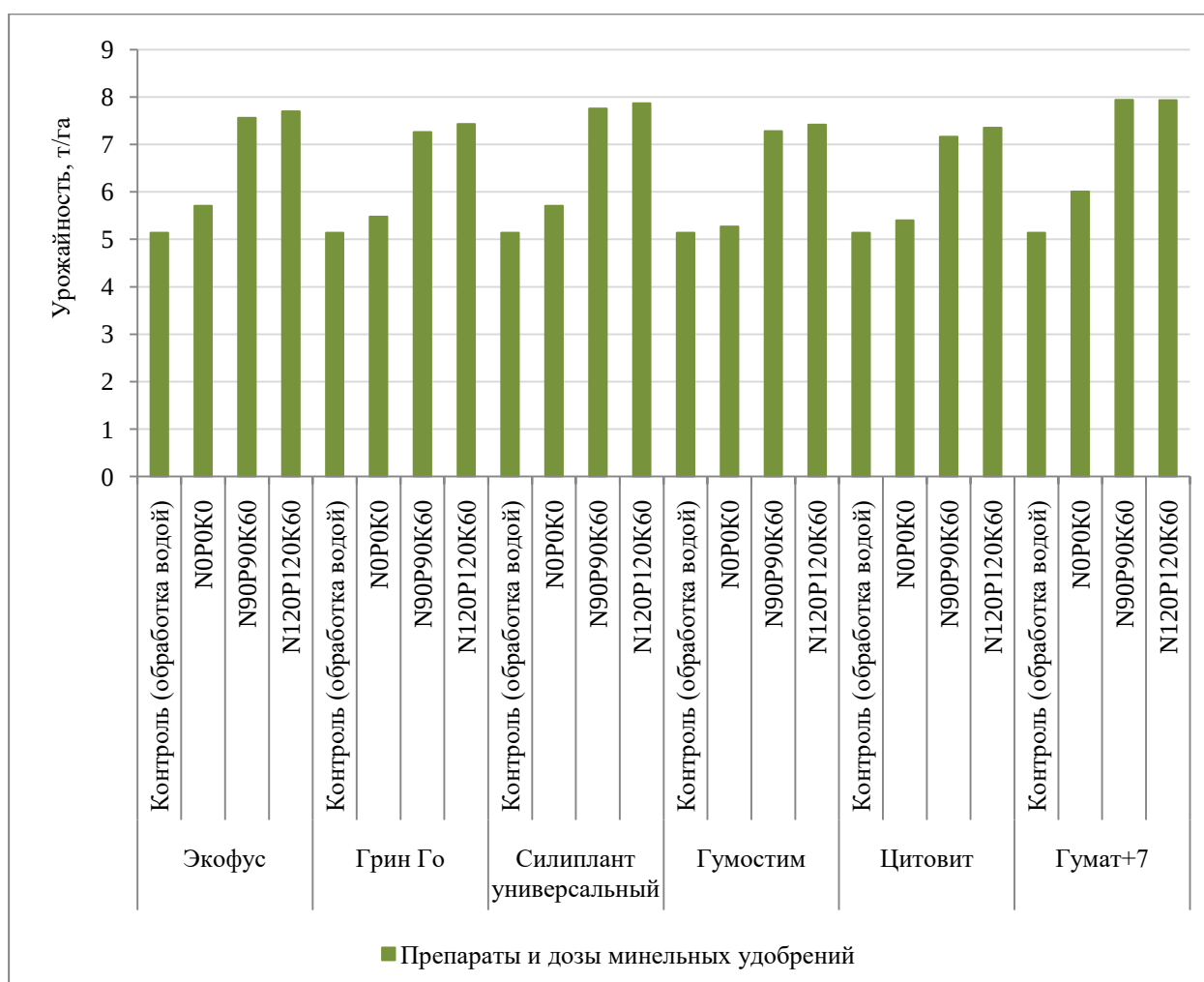


Рисунок 1. Влияние органоминеральных и водорастворимых комплексных удобрений на урожайность гибрида кукурузы Берта

Figure 1. Effect of organomineral and water-soluble complex fertilizers on the yield of Berta corn hybrid

Вторую позицию уверенно занимает Экофус с разницей 0,57-2,56 т/га или 11,1-49,9%. Затем на третьем месте Гумостим с разницей 0,34-2,30 т/га или 6,7-44,7%.

Если обратиться к другой группе водорастворимых комплексных удобрений, то наиболее эффективным является препарат Цитовит с разницей к контролю 0,88-2,80 т/га или 17,0-54,6%.

Остальные препараты этой группы Грин Го и Силиплант универсальный имели меньшую эффективность. Например, препарат Грин Го, дал прибавку урожая на уровне 0,13-2,28 т/га или 2,5-44,4%. Силиплант универсальный занимает третью позицию прибавкой урожая на уровне 0,27-2,21 т/га или 5,2-43,0%.

Таким образом, подводя итог, следует сказать, что в условиях предгорной зоны КБР более эффективными были препараты Цитовит – 5,43 т/га, Гумат+7 – 5,31 т/га и Экофус – 4,99 т/га, где Гумат+7 и Экофус относятся к органоминеральным удобрениям, а Цитовит – к водорастворимым комплексным удобрениям.

Выводы. 1. Под действием обработки водорастворимого комплексного удобрения Ци-

товит и органоминеральных удобрений Гумат+7 и Экофус максимально увеличивались морфобиометрические показатели гибрида кукурузы Берта: высота растения на 26,9-30,3%, высота прикрепления початка на 29,7-45,1%, количество початков на 100 растений на 31,0-35,0% и масса одного растения на 49,9-54,6%.

2. Получена максимальная прибавка урожая по сравнению с контролем у гибрида кукурузы Берта при обработке водорастворимым комплексным удобрением Цитовитом (2,80-2,79 т/га) и органоминеральными удобрениями Гумат+7 (2,63-2,73 т/га) и Экофус (2,42-2,56 т/га) при совместном действии с дозами минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{60}$.

Список литературы

1. Воскобулова Н. И., Неверов А. А., Верещагина А. С. Экономическая эффективность применения регуляторов роста в технологии возделывания кукурузы на зерно // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3(65). С. 44–46. EDN: ZAYUMN
2. Дронов А. В., Бельченко С. А., Ланцев В. В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области // Вестник Брянской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4(68). С. 30.
3. Кремененко А. С. Обзор применения регуляторов роста для повышения урожайности гибридов кукурузы // Молодой ученый. 2018. № 22(208). С. 97–101.
4. Прохорова Л. Н., Волков А. И., Кириллов Н. А. Отзывчивость кукурузы на применение регуляторов роста и развития растений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 2(30). С. 24–28. DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-24-28. EDN: UNJQQL
5. Эффективные безопасные приемы повышения урожайности кукурузы на зерно / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, А. М. Хлопяников, А. Н. Крюков // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 3(23). С. 81–86. EDN: ZEVUHR
6. Applying Rhizobacteria on Maize Cultivation in Northern Benin: Effect on Growth and Yield / O. Amogou [et al.] // Agricultural Sciences. 2019. No. 10. P. 763–782.
7. Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession / D. Martins [et al.] // American Journal of Plant Sciences. 2017. No. 8. P. 2407–2421.
8. Utilization of Organic Fertilizer on Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt) Crop at Shallow Swamp Land / Midranisiah, Neni Marlina, S.E. Rahim, Erni Hawayanti // MATEC Web of Conferences. 2017. V. 97.
9. Watts D., Kloepper J., Adesemoye A. and Feng, Y. Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria at Various Nitrogen Rates on Corn Growth // Agricultural Sciences. 2019. No. 10. Pp. 1542–1565.
10. Шибзухов З. С., Езаов А. К. Продуктивность сахарной кукурузы в зависимости от использования биопрепаратов // Актуальные проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Юга России: сб. науч. тр. по материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Майкоп, 2019. С. 248–253.
11. Шогенов Ю. М., Шибзухов З.-Г. С., Темиржанов А. М. Возделывание кукурузы с использованием жидких хелатных микроудобрений микростим в условиях КБР // Достижения и перспективы реализации национальных проектов развития АПК: сб. науч. тр. по материалам VIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б. Х. Жерукова. 2020. С. 102–107.
12. Шогенов Ю. М., Шибзухов З. С., Темиржанов А. М. Продолжительность межфазных периодов и ростовые процессы у растений кукурузы в условиях предгорной зоны КБР // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: сб. науч. тр. по материалам IV Международной научно-практической Интернет-конференции. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук». 2019. С. 327–330.

13. Шогенов Ю. М., Шибзухов З. С., Темиржанов А. М. Фотосинтетическая деятельность растений новых гибридов кукурузы в зависимости от сортовых особенностей и сроков посева в условиях Кабардино-Балкарии // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: сб. науч. тр. по материалам IV Международной научно-практической Интернет-конференции. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук». 2019. С. 330–334.

14. Продуктивность и качество зерна среднеспелых гибридов кукурузы в зависимости от доз минеральных удобрений в условиях предгорной зоны кабардино-балкарской республики / А. Ю. Кишев, З. С. Шибзухов, М. И. Езиев, К. З. Бербеков, А. Х. Эржибов // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшева. Нальчик, 2023. С. 19–24.

15. Изменение урожайности новых гибридов кукурузы в зависимости от применения гербицидов / А. Ю. Кишев, З. С. Шибзухов, М. И. Езиев, К. З. Бербеков, А. Х. Эржибов // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшева. Нальчик, 2023. С. 24–29.

16. Доспехов Б. А. Методика опытного дела. Москва: Агропромиздат, 1985. 350 с.

17. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск, 1980. 54 с.

References

1. Voskobulova N.I., Neverov A.A., Vereshchagina A.S. Economic efficiency of applying growth regulators in the cultivation technology of corn for grain. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;3(65): 44–46. (In Russ.). EDN: ZAYUMN

2. Dronov A.V., Belchenko S.A., Lantzev V.V. Adaptability and yield of maize hybrids of various maturity groups in the Bryansk region. *Vestnik of the Bryansk state agricultural academy*. 2018;4(68):30. (In Russ.). EDN: XVMBPF

3. Kremenenko A.S. Review of the use of growth regulators to increase the yield of corn hybrids. *Young scientist*. 2018;22(208): 97–101. (In Russ.).

4. Prokhorova L.N., Volkov A.I., Kirillov N.A. Responsiveness of corn hybrids on application of growth and development regulators of plants. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2015;2(30):24–28. (In Russ.). DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-24-28. EDN: UHJQQL

5. Naumkin V.N., Naumkina L.A., Khlopyanikov A.M., Kryukov A.N. Effective security methods of increasing productivity corn. *Zernobobovye i krupanye kul'tury*. 2017. № 3 (23). С. 81–86. (In Russ.). EDN: ZEVUHR

6. Amogou O. [et al.] Applying Rhizobacteria on Maize Cultivation in Northern Benin: Effect on Growth and Yield. *Agricultural Sciences*. 2019;(10):763–782.

7. Martins D. [et al.]. Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession. *American Journal of Plant Sciences*. 2017;(8):2407–2421.

8. Midranisiah, Marlina Neni, Rahim S.E., Hawayanti Erni. Utilization of Organic Fertilizer on Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt) Crop at Shallow Swamp Land. *MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 97. P 0103

9. Watts D., Kloepper J., Adesemoye A., Feng Y. Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria at Various Nitrogen Rates on Corn Growth. *Agricultural Sciences*. 2019;(10): 1542–1565.

10. Shibzukhov Z.S., Ezaov A.K. Productivity of sweet corn depending on the use of biological products. *Aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaystva Yuga Rossii: sb. nauch. tr. po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Current problems and prospects for the development of agriculture in the South of Russia: a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation)]. Maykop, 2019. Pp. 248–253. (In Russ)

11. Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.-G.S., Temirzhanov A.M. Cultivation of corn using liquid chelate microfertilizers Microstim in the KBR. *Dostizheniya i perspektivy realizatsii natsional'nykh proyektov razvitiya APK: sbornik nauchnykh trudov po materialam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki RF i KBR, professora B.Kh. Zherukova* [Achievements and prospects for the implementation of national projects for the development of the agro-industrial complex: a collection of scientific papers based on the materials of the VIII International Scientific and Practical Conference

dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation and the KBR, Professor B.Kh. Zherukov]. 2020. Pp. 102–107. (In Russ)

12. Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.S., Temirzhanov A.M. Duration of interphase periods and growth processes in corn plants in the foothill zone of the KBR. *Prodolzhitel'nost' mezhfaznykh periodov i rostovyye protsessy u rasteniy kukuruzy v usloviyakh predgornoy zony KBR // Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: sb. nauch. tr. po materialam IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy Internet-konferentsii. FGBNU «Prikaspiyskiy agrarnyy federal'nyy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk* [Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational environmental management: a collection of scientific papers based on the materials from the IV International Scientific and Practical Internet Conference. Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2019. Pp. 327–330. (In Russ)

13. Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.S., Temirzhanov A.M. Photosynthetic activity of plants of new corn hybrids depending on varietal characteristics and sowing dates in the conditions of Kabardino-Balkaria. *Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: sb. nauch. tr. po materialam IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy Internet-konferentsii. FGBNU «Prikaspiyskiy agrarnyy federal'nyy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk»* [Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects rational environmental management: a collection of scientific papers based on the materials of the IV International Scientific and Practical Internet Conference. Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2019. Pp. 330–334. (In Russ)

14. Kishev A.Yu. [et al.]. Productivity and grain quality of mid-season corn hybrids depending on doses of mineral fertilizers in the conditions of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Sel'skokhozyaystvennoye zemlepol'zovaniye i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B.Kh. Fiapshevu.* [Agricultural land use and food security: materials of the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkaria, the Republic of Adygea, Professor B.Kh. Fiapshev]. Nalchik, 2023. Pp. 19–24. (In Russ)

15. Kishev A.Yu. [et al.]. Change in the yield of new corn hybrids depending on the use of herbicides. *Sel'skokhozyaystvennoye zemlepol'zovaniye i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B.Kh. Fiapshev* [Agricultural land use and food security: materials of the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkaria, the Republic of Adygea, Professor B.Kh. Fiapshev]. Nalchik, 2023. Pp. 24–29. (In Russ)

16. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 351 p. (In Russ)

17. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoy* [Methodological recommendations for conducting field experiments with corn]. Dnepropetrovsk, 1980. 54 p. (In Russ)

Сведения об авторе

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

Information about the author

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

Статья поступила в редакцию 08.11.2023;
одобрена после рецензирования 24.11.2023;
принята к публикации 04.12.2023.

The article was submitted 08.11.2023;
approved after reviewing 24.11.2023;
accepted for publication 04.12.2023.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология****Hydraulic engineering, hydraulics and engineering hydrology**

Научная статья

УДК 626.823.45(470.63)

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-25-34

**Эффективные технические решения по строительству дополнительного
водоема-отстойника для водоснабжения Заветненского
группового водопровода в Ставропольском крае****Салигаджи Омарович Курбанов^{✉1}, Мухамед Нургалиевич Кокоев²,
Индира Руслановна Микитаева³**^{1,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030²Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова, ул. Чернышевского,
173, Нальчик, Россия, 360004^{✉1}05bereg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5230-7053>²kbagrostroy@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8967-6392>³diseconkbgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1299-7923>

Аннотация. При проектировании и реконструкции существующих систем водоснабжения водоемы-отстойники для первичной очистки воды, играют огромную роль. От эффективности работы отстойника зависит работа всей системы очистки и водоподготовки. В статье предлагаются эффективные технические решения по проектированию и строительству нового типа водоема-отстойника. Разработаны конструктивные и технологические решения по компоновке сооружений водоема и схемы промывки камеры отстойника. В концевой части камеры отстойника для промывки осажденных наносов предусмотрена новая технологическая схема из системы нанососборных и промывных лотков и трубопровода. На основе проведенных аналитических исследований приведен расчет параметров водоема-отстойника и осаждения взвешенных наносов. По результатам расчета приняты размеры и отметки водоема-отстойника и трубчатого водосброса обеспечивают нормальную работу всего сооружения по первичной очистке от взвешенных мелких наносов, находящихся в мутной воде. В основании водоема уложенные и прикрепленные полотна геотекстиля в два слоя по всей площади дна обеспечивают нормальный режим заполнения и опорожнения водоема-отстойника без значительных фильтрационных потерь воды через его дно. Принятые технические решения по очистке и промывке камеры водоема-отстойника с помощью системы нанососборных и транспортирующих лотков и промывного трубопровода обеспечивают эффективный режим работы всего водоема-отстойника с очистными сооружениями.

Ключевые слова: водоем-отстойник, групповой водопровод, суточное водопотребление, горизонтальный отстойник, полезный объем, мертвый объем, трубчатый водосброс, взвешенные наносы, схема промывки, промывные лотки, медленные фильтры

Для цитирования. Курбанов С. О., Кокоев М. Н., Микитаева И. Р. Эффективные технические решения по строительству дополнительного водоема-отстойника для водоснабжения Заветненского группового водопровода в Ставропольском крае // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 25–34. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-25-34

Original article

Effective technical solutions for the construction of an additional settling pond for the water supply of the Zavetnensky group water supply system in the Stavropol Territory

Saligadzhi O. Kurbanov^{✉1}, Mukhamed N. Kokoev², Indira R. Mikitaeva

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

²Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, 173 Chernyshevsky Street, Nalchik, Russia, 360004

^{✉1}05bereg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5230-7053>

²kbagrostroy@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8967-6392>

³diseconkbgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1299-7923>

Abstract. In the design and reconstruction of existing water supply systems, settling ponds for primary water treatment, play a huge role. The efficiency of the whole system of water treatment and purification depends on the efficiency of the settling pond. The article offers effective technical solutions for the design and construction of a new type of settling pond. Constructive and technological solutions for the layout of the reservoir structures and the scheme of the sedimentation chamber washing are developed. At the end of the settling pond chamber, a new technological scheme consisting of a system of sediment trays, flushing flumes and a pipeline is provided for washing the settled sediment. On the basis of the analytical studies carried out, the parameters of the settling pond and suspended sediment deposition are calculated. According to the results of the calculation, the adopted dimensions and marks of the settling pond and the tubular spillway ensure the normal operation of the entire structure for the primary treatment of suspended fine sediments in turbid water. At the base of the reservoir, laid and attached geotextile fabrics in two layers over the entire area of the bottom provide a normal mode of filling and emptying of the reservoir without significant filtration losses of water through its bottom. Technical solutions adopted for cleaning and flushing the chamber of the settling pond with the help of the system of sedimentation of collecting and conveying trays, and flushing pipeline, provide an effective mode of operation of the whole settling pond with treatment facilities.

Keywords: settling pond, group water supply, daily water consumption, horizontal settling pond, useful volume, dead volume, tubular spillway, suspended sediments, flushing scheme, flush flumes, slow filters

For citation. Kurbanov S.O., Kokoev M.N., Mikitaeva I.R. Effective technical solutions for the construction of an additional settling pond for the water supply of the Zavetnensky group water supply system in the Stavropol Territory. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):25–34. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-25-34

Введение. Объект строительства Заветненского группового водопровода находится на территории Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края. В настоящее время действующая система водоснабжения Заветненского группового водопровода включает в себя водоем-отстойник,

очистные сооружения, состоящие из медленных фильтров и хлораторной. Однако они находятся в неудовлетворительном (ненадежном) эксплуатационном состоянии, не могут покрыть водопотребление группового водопровода даже на 50%. Кроме того, вода поступает в действующие очистные соору-

жения по изношенной и частично заиленной трубе из Невинномысского магистрального канала. В сложившихся критических условиях возникла серьезная необходимость в проектировании и строительстве нового водоема-отстойника с очистными сооружениями и резервуарами чистой воды.

В соответствии с техническим заданием для Заветненского группового водопровода требуется новый водоем-отстойник с емкостью 200,0 тыс. м³ [1, 2].

Местоположение нового водоема-отстойника выбрано на свободном (выделенном) земельном участке, расположенном с южной стороны старого водоема и с правой стороны эксплуатационной дороги. Площадь земельного участка более 6 га.

Водоем-отстойник предназначен для первичной очистки воды, поступающей из Невинномысского магистрального канала по напорному трубопроводу [3, 4].

Суточное водопотребление группового водопровода составляет $Q_{max} = 4000,0 \text{ м}^3/\text{сут} = 166,7 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0465 \text{ м}^3/\text{с} = 46,5 \text{ л/с}$.

В соответствии с требованиями Водного кодекса Российской Федерации поверхностная вода, используемая для водоснабжения, должна соответствовать гигиеническим требованиям¹ [3]. Максимальный объем забираемой воды из Невинномысского канала для заполнения водоема-отстойника Заветненского группового водопровода – 8,0 тыс. м³/сут. Минимальный объем забираемой воды из Невинномысского канала для заполнения водоема-отстойника Заветненского группового водопровода – 4,0 тыс. м³/сут. Максимальное значение показателя мутности воды – 600 мг/л, минимальное – 8 мг/л.

Максимальный расход, поступающий в водоем из Невинномысского магистрального канала по водозаборному трубопроводу, составляет $q = 0,092 \text{ м}^3/\text{с}$. Для заполнения водоема в объеме 200,0 тыс. м³ потребуется 28–30 суток (с учетом возможных фильтрационных потерь воды).

После заполнения водоема до уровня полезного объема (УПО) расход водопровода, поступающий в водоем, уменьшается до значений $q = 0,05 \text{ м}^3/\text{с} = 50 \text{ л/с}$. Этот расход обеспечивает поддержание уровня УПО на

расчетной отметке, так как забираемый из водоема в медленные фильтры расход воды составляет всего 46,5 л/с. Если объем воды накапливается в водоеме (превыш. УПО), происходит слив лишней воды через водосбросное сооружение, устроенное в водоеме.

Цель исследования – разработка эффективных технических решений по проектированию и строительству водоема-отстойника для первичной очистки от наносов воды, подаваемой в очистные сооружения системы водоснабжения группового водопровода.

Материалы, методы и объекты исследования. Для определения оптимальных размеров нового водоема-отстойника были проведены аналитические исследования по режиму заполнения и работы водоема как первичного (горизонтального) отстойника.

В соответствии с требованиями СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения, расчет водоема-отстойника выполняется по аналогии горизонтального отстойника, т. к. водоем работает как горизонтальный отстойник, т. е. очистка от мутной взвеси происходит под действием вертикальной скорости осаждения частиц взвеси² [4, 5].

По данным таблицы 11, вертикальная скорость осаждения частиц взвеси в отстойнике $V_0 = 0,5 \text{ мм/с}$. Средняя скорость движения воды в водоеме-отстойнике составляет всего 0,15 мм/с, так как максимальный забираемый расход из него составляет 46,5 л/с. Расчетная скорость горизонтального движения воды в начале отстойника по рекомендации, $v = 10 \text{ мм/с}$.

Среднюю высоту зоны осаждения принимаем равной 3–3,5 м. Глубина мертвого объема (МО), в пределах которого происходит накопление осажденных наносов, принимаем 1,0–2,0 м, в начале отстойника 1,0 м, в конце – 2,0 м, средняя глубина МО 1,5 м. Средний уклон водоема-отстойника – $i = 0,0035$.

По рекомендациям³ длину отстойников L , м определяют исходя из скорости выпадения частиц взвеси с учетом высоты осаждения и

¹СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. 2000. 13 с.

²СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция. – Москва: Аналитик, 2012. 87 с.

³СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная версия СНиП 2.04.03-85. Москва: Минстрой России, 2019. 113 с.

максимальной мутности воды [6, 7]. По данным эксплуатации существующего водоема-отстойника максимально возможная мутность воды, поступающей из Невинномысского магистрального канала, составляет 500-600 мг/л, а минимальная 6-10 мг/л.

При максимальной мутности воды для ее очистки (осаждения) от мелкой взвеси необходимая длина отстойника составляет 250 м. С учетом площади выделенного земельного участка и с коэффициентом запаса 1,5 длина водоема-отстойника принята $L=370$ м, а ширина по основанию $B = 135$ м, средняя глубина отстойника $H_0 = 4,0$ м. План водоема-отстойника показан на рисунке 1.

Общий объем водоема-отстойника:

$$W_0 = (L + mH) \times (B + mH) \times H = \\ = (370 + 6) \times (135 + 6) \times 4 = 212000 \text{ м}^3$$

$m = 1,5$ – заложение откосов.

Принятые размеры водоема-отстойника удовлетворяют заданные условия технического задания, по которому требуется запроектировать водоем-отстойник с объемом (емкостью) 200000 м³. По принятым размерам эта емкость обеспечивается с достаточным запасом.

На рисунке 1 показан план нового водоема-отстойника с очистными и промывными сооружениями и устройствами.

На рисунке 2 показан фрагмент разреза по оси отстойника, где приведены расчетные отметки и глубины воды в камере водоема.

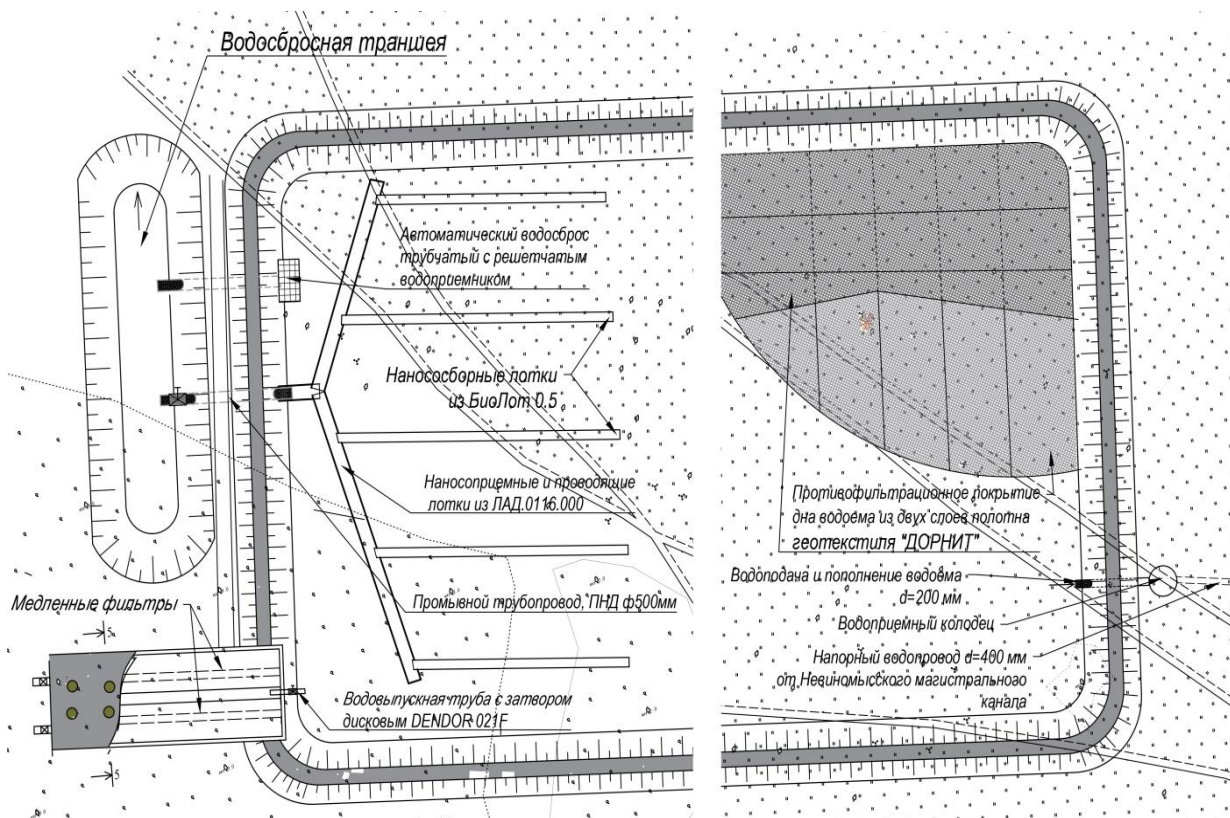


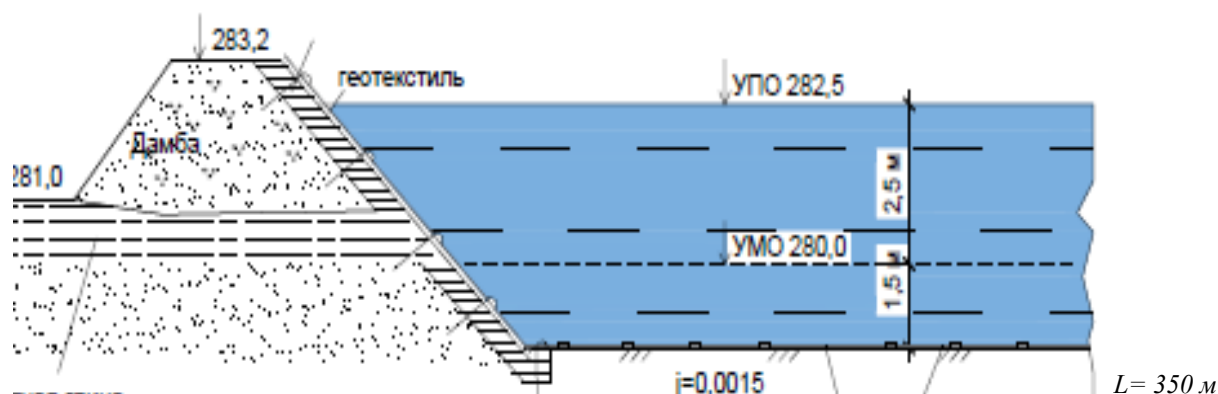
Рисунок 1. План водоема-отстойника с сооружениями
Figure 1. Plan of the settling pond with structures

Средняя глубина водоема $H_0 = 4,0$ м, из которой 1,5 м – глубина мертвого объема, а 2,5 м – глубина полезного объема.

Расчетные отметки уровня полезного объема (УПО) и мертвого объема (УМО) приняты из условия размещения водоема-отстойника на выделенном участке земли в

полувыемке и полунасыпи и с учетом заполнения его емкости при имеющемся напоре в водопроводе из Невинномысского магистрального канала.

Отметка УПО принята 282,5 м; УМО – 280,0 м.



Дамба с противофильтрационным экраном из глинистых грунтов

Противофильтрационное покрытие
дна отстойника из 2-х слоев полотна
геотекстиля марки «ДОРНИТ»
(сверху пригуж. бетонными блоками)

Рисунок 2. Фрагмент сечения по оси водоема-отстойника
Figure 2. Fragment of a cross-section along the axis of the settling pond

Для сброса излишних вод и поддержания УПО в водоеме предусмотрено трубчатое водосбросное сооружение с открытым водоприемником в виде водоприемного лотка с решеткой, устроенного на отметке УПО = 282,5 м.

В качестве водоприемного лотка с решеткой, устроенного наверху водосбросной трубы, принят лоток водоотводной из нержавеющей стали А400 (оборудованный сверху решеткой), длиной 1000 мм и внутренней шириной 400 мм. По бокам лоток закрывается нержавеющей листом толщиной 2 мм.

Сброс излишних вод из водоема осуществляется в траншею сбросную (глубиной 5-5,5 м), устроенную за концевой частью водоема-отстойника с отметкой дна 275,5 м.

Основная часть водосброса выполнена из напорного трубопровода диаметром 0,3 м. Часть трубопровода, выходящая в траншею, располагается на отметке 276,8. Перепад уровней УПО – 276,8, составляет 5,7 м.

При этом напоре $Z=5,7$ м по формуле

$$Q = mw^2\sqrt{2gZ}$$

определяем необходимый диаметр сбросного трубопровода:

$$w = Q/m(2gZ)^{0,5} = 0,074 \text{ м}^2$$

$$d = 0,3 \text{ м} = 300 \text{ мм.}$$

По эксплуатационным данным максимальная мутность воды (500 – 600 мг/л), поступающей в водоем-отстойник, наблюдается в течение 10-12 дней и не более.

Если допустить, что в течение полугода (180 дней) будет наблюдаться максимальная мутность воды, поступающей в водоем, тогда отстойник будет обеспечивать необходимую очистку воды до мутности 10 мг/л. При этом объем задержанных взвешенных наносов составит $0,6 \times 5000 \times 180 = 540000 \text{ кг} = 540 \text{ т}$ (около 400 м^3), который занимает только небольшую часть мертвого объема отстойника. А мертвый объем отстойника превышает 70000 м^3 .

На самом деле максимальная мутность воды, поступающей из Невинномысского канала, будет наблюдаться только в течение короткого периода. Поэтому для расчета мертвого объема водоема было принято среднее значение расчетной мутности в пределах 250 мг/л. При такой мутности мертвый объем будет заполняться в течение 5 и более лет.

Для расчета необходимого мертвого объема водоема-отстойника принято среднее значение расчетной мутности с запасом [5].

Результаты исследования и обсуждение. По результатам проведенных аналитических исследований определены основные размеры и расчетные отметки водоема-отстойника, а также принята схема промывки камеры отстойника с помощью полимерных нанососборных лотков и промывного трубопровода.

Принятые размеры и отметки водоема-отстойника и трубчатого водосброса обеспечивают нормальную работу всего сооруже-

ния по первичной очистке от взвешенных мелких наносов, находящихся в мутной воде, поступающей из Невинномысского магистрального канала.

Для гидравлического удаления осажденных и накопившихся наносов в отстойнике в основании концевой его части предусмотрены система наносопроводящих лотков и

промывной водовод. Промывной водовод монтируется вдоль дна по направлению оси водоема-отстойника с выходом наружу в сбросную траншею. Для этого используются напорные трубы ПНД водопроводные диаметром $\varnothing$ 500 мм, толщина стенок 19,1 мм (рис. 3).

Дамба

4,0 м с глинист.экраном

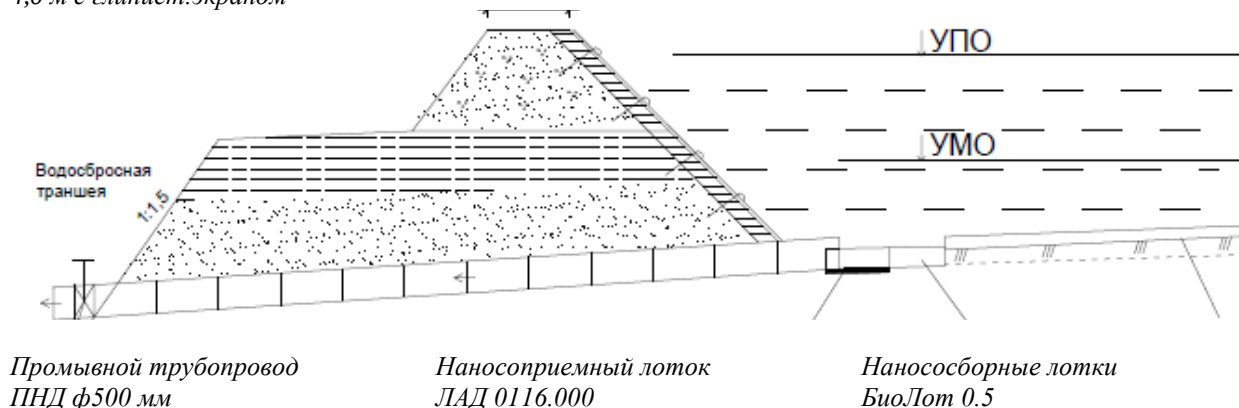


Рисунок 3. Фрагмент сечения водоема-отстойника по линии промывки наносов
Figure 3. Fragment of a cross-section of a settling pond along the sediment flushing line

К этому промывному водоводу (в конце дна отстойника справа и слева под углом 30 град) подведены по дну с уклоном 0,01 наносоприемные и проводящие лотки марки ЛАД.0116.000 (композитные дренажные лотки длиной по 3,1 м, шириной 0,6 м, высотой 0,3 м). К этим лоткам марки ЛАД в концевой части дна водоема примыкают нанососборные лотки марки БиоЛот 0,5 (длиной 4080 мм, шириной 550 мм и высотой 600 мм). Эти лотки укладываются длиной по 50-60 м и уклоном 0,005 вдоль дна отстойника на определенном расстоянии друг от друга, соединяются между собой (с образованием сплошных промывных лотков 5 шт.) с уклоном 0,005 в сторону и врезкой в лотки наносоприемные и проводящие. При этом продольные нанососборные лотки врезаются в стенки наносоприемных лотков (марки ЛАД) на высоте 5-10 см. Таких лотков (БиоЛот 0.5) уложены 3 штуки к левому наносоприемному лотку, а к правому – 2 штуки лотков (рис. 1). Концевые части наносоприемных и проводящих лотков (правого и левого) сопрягаются с промывным водоводом (трубой) с помощью такого же лотка ЛАД.0116.000 перед началом откоса водо-

ема. А в концевой части промывной трубы, выходящей в водосбросную траншею, предусматривается дисковый затвор диаметром 500 мм (затвор поворотный дисковый фланцевый чугунный dendor 021f, Россия) [6, 7].

На дне водоема-отстойника по всей площади укладывается большое полотно геотекстиля Дорнит (иглопробивной) плотностью 200 г/м², прочность материала 3-3,4 кН/м (рис. 1 и 2). Геотекстиль Дорнит с одной стороны хорошо пропускает воду, а с другой – слабо. Поэтому полотно геотекстиля укладывается в два слоя водопропускной стороной к низу, чтобы грунтовая вода снизу могла просачиваться в водоем при минимальных уровнях воды, сверху – чтобы вода не могла просачиваться через геотекстиль в грунты основания при максимальных уровнях воды в водоеме. Для этого рулоны геотекстиля Дорнит сшиваются в большие полотна (с помощью мягкой металлической проволоки $\varnothing$ 0,7-1 мм), шириной по 20 м и длиной до 135-140 м. Сшитые полотна сворачиваются в большие рулоны (14-15 штук) шириной по 20 м. Эти большие рулоны полотна геотекстиля укладываются в 2 слоя, первый слой укладывается поперек дна водоема, со сто-

роны участка начал системы промывных лотков (от левобережного откоса до правобережного). При этом каждое последующее полотно перекрывает предыдущее на 0,5-1,0 м. Второй слой полотна геотекстиля укладывается сверху первого слоя и вдоль камеры отстойника (перпендикулярно к линиям 1 слоя). Сверху уложенного в 2 слоя полотна укладываются фундаментные бетонные блоки (полнотелые, 40×20×20 см), местами на расстоянии 10-15 м друг от друга над полотном, для его пригрузки и удержания на поверхности дна. Начальная часть полотна и концевая его часть прибиваются к основаниям откосов водоема с помощью металлических штырей длиной 50-70 см.

В концевой части дна водоема, где устроена система нанососборных и промывных лотков, также укладываются прошитые полотна геотекстиля в два слоя (по размерам расстояний между лотками и длины лотков) по всей площади с охватом части откосов и покрытой части дна. Все эти поверхности, покрытые полотном геотекстиля в 2 слоя, также местами пригружаются фундаментными блоками. А прибрежные (придонные) участки этих полотен прибиваются к откосам, также с помощью металлических штырей [8].

Уложенные и прикрепленные полотна геотекстиля в 2 слоя по всей площади дна водоема (с частичным охватом донных откосов водоема) обеспечивают нормальный режим заполнения и опорожнения водоема-отстойника без значительных фильтрационных потерь воды через его дно. При высоких уровнях воды в водоеме фильтрационный напор (разности уровней в водоеме и грунтовых УГВ) достигает 2-2,5 м, под действием которого будет частично просачиваться вода через дно в грунты основания. Но из-за того, что предусмотрено покрытие дна полотнами геотекстиля в 2 слоя, эти потери будут незначительными, т. к. два слоя геотекстиля уложены с маловодопроницаемой поверхностью сверху, в связи с чем через короткое время их структура забьется осаждаемым илом. В результате возможные фильтрационные потери воды будут минимальными (менее 100 м³ в сутки) и эти потери существенного влияния на режим работы водоема-отстойника не могут оказать,

т. к. поступающий в сутки объем воды в сооружение достигает 4,5-5 тыс. м³ воды. А суточное водопотребление группового водопровода составляет $Q_{\max.} = 4000,0 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Вместе с тем система лотков (продольных и наносопроводящих) с промывным водоводом под действием напора воды обеспечивают промывку (сброс) отложенных на дне отстойника (в пределах МО) наносов. Промывку наносов рекомендуется осуществлять 1-2 раза в течение года, для этого открывается затвор в конце промывного трубопровода и в течение 3-х часов под действием напора воды отложенные на дне наносы (перемешиваясь с водой в виде пульпы) будут промываться с расходом до 1,1 м³/с. Таким образом, в течение 3 часов могут быть промыты наносы объемом до 12000 м³.

Для полной промывки отложенных и накопившихся наносов по всей длине отстойника через 4-5 лет необходимо будет отключить отстойник на 28-30 дней, в течение которых можно обеспечить полную промывку накопившихся наносов гидравлическим способом и полное заполнение (заново) емкости водоема до расчетной отметки полезного объема (ПО). Количество воды, сбрасываемой из отстойника вместе с осадком, определено с учетом коэффициента разбавления, принимаемого 1,5 – при гидравлическом удалении осадка [9].

Полная очистка воды от мутных взвесей осуществляется с помощью медленных фильтров (МФ), устраиваемых за водоемом-отстойником [2, 10].

Медленные фильтры были первым типом фильтров, применявшихся в водопроводной практике. Достоинство – их весьма высокая степень осветления воды и высокий процент сдержки бактерий. Строительные нормы рекомендуют их использование при относительно малой мутности исходной воды (до 50 мг/л), цветности до 50 град и отсутствии коагулирования. В данном случае водоем-отстойник обеспечивает снижение мутности воды до 25 мг/л. Максимально возможная мутность воды, забираемая из водоема-отстойника в бассейн медленных фильтров, не превышает 20-25 мг/л. А скорость фильтрования на медленных фильтрах при содержании взвешенных веществ в исходной воде до 25 мг/л принимается равной 0,2 м/ч.

При столь малой скорости фильтрования медленные фильтры обеспечивают снижение мутности воды до 1,5 мг/л, которая допустима для воды питьевого водоснабжения.

Выводы. На основе проведенных исследований и расчетов принятые размеры и расчетные отметки водоема отстойника обеспечивают нормальный режим работы всех сооружений водоема по первичной очистке от взвешенных мелких наносов, находящихся в мутной воде, поступающей из Невинномысского магистрального канала.

Вместе с тем уложенные и прикрепленные полотна геотекстиля в 2 слоя по всей

площади дна водоема обеспечивают нормальный режим заполнения и опорожнения водоема-отстойника без значительных фильтрационных потерь воды через его дно.

Принятые технические решения по очистке и промывке камеры отстойника с помощью системы нанососборных и транспортирующих лотков и промывного трубопровода обеспечивают эффективный режим работы всего водоема-отстойника с очистными сооружениями. При этом повышается надежность работы и водообеспеченность Заветненского группового водопровода.

Список литературы

1. Алтунин В. С., Белавцева Т. М. Контроль качества воды: справочник. Москва: Колос, 1993. 365 с.
2. Бахтина И. А. Проектирование и расчёт очистных сооружений водопровода: учебное пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. 257 с.
3. Дягилева А. Б. Основы проектирования природоохранных систем и сооружений. Часть 1. Требования к проектированию водоочистных сооружений: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. Санкт-Петербург, 2020. 92 с. ISBN 978-5-91646-202-9.
4. Водопроводные очистные сооружения. Часть 1. Методические указания. Волгоград: Изд-во ВГСХА, 2000. 87с.
5. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: справочник / Б. Н. Репин, С. С. Запорожец, В. Н. Ереснов и др. / под ред. Б. Н. Репина. Москва: Высш. шк., 1995. 431 с.
6. Журавлева И. В. Проектирование сооружений для очистки городских сточных вод: механическая очистка и обработка осадков: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022. ISBN 978-5-7731-1039-2.
7. Расчет сооружений для очистки сточных вод. Часть I: Методические указания / В. Г. Иванов, Н. Н. Павлова, О. Г. Капинос. Санкт-Петербург: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2006. 58 с.
8. Ищенко Ю. А. Явление и технология дельта-фильтрация природных и сточных вод. Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. с.-х. акад., 1997. 215 с.
9. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: учебное пособие для вузов. Москва: ООО «БАСТЕТ», 2008. 304 с. ISBN 978-5-903178-09-4
10. Лозовой В. Н., Зуйкина Е. Н., Васильченко А. П. Рекомендации по проектированию и эксплуатации двухслойных медленных фильтров с гидравлической регенерацией фильтрующей загрузки. Новочеркасск: ФГНУ «РосНИИПМ», 2006. 31 с.

References

1. Altunin V.S., Belavtseva T.M. *Kontrol' kachestva vody: cpravochnik* [Water quality control: a reference book]. Moscow: Kolos, 1993. 365 p.
2. Bakhtina I.A. *Proyektirovaniye i raschot ochistnykh sooruzheniy vodoprovoda: uchebnoye posobiye* [Design and calculation of water treatment facilities: textbook]. Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2007. 257 p.
3. Dyagileva A.B. *Osnovy proyektirovaniya prirodookhrannykh sistem i sooruzheniy. Chast'1. Trebovaniya k proyektirovaniyu vodoochistnykh sooruzheniy: uchebnoye posobiye* [Fundamentals of designing environmental systems and structures. Part 1. Requirements for the design of water treatment facilities]: *uchebnoye posobiye. VSHTE SPb GUPTD*. Saint-Petersburg, 2020. 92 p. ISBN 978-5-91646-202-9.
4. *Vodoprovodnyye ochistnyye sooruzheniya. Chast' 1. Metodicheskiye ukazaniya* [Water treatment plants. Part 1. Guidelines]. Volgograd: Izd-vo VGSKHA, 2000. 87 p.

5. *Vodosnabzheniye i vodootvedeniye. Naruzhnyye seti i sooruzheniya: spravochnik* [Water supply and sanitation. External networks and structures: reference book] B.N. Repin, S.S. Zaporozhets, V.N. Eresnov [et al.], Ed. B.N. Repin. Moscow: Vyssh. shk., 1995. 431 p.

6. Zhuravleva I.V. *Proyektirovaniye sooruzheniy dlya ochistki gorodskikh stochnykh vod: mekhanicheskaya ochistka i obrabotka osadkov* [Design of structures for urban wastewater treatment: mechanical treatment and sludge treatment]: *uchebno-metodicheskoye posobiye* [Elektronnyy resurs]. Voronezh: FGBOU VO "Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet", 2022. ISBN 978-5-7731-1039-2.

7. Ivanov V.G. [et al.]. *Raschet sooruzheniy dlya ochistki stochnykh vod. Chast' I: Metodicheskiye ukazaniya* [Calculation of structures for wastewater treatment. Part I: Guidelines]. Saint-Petersburg: Peterburgskiy gos. un-t putey soobshcheniya, 2006. 58 p.

8. Ishchenko Yu.A. *Yavleniye i tekhnologiya del'ta-fil'trovaniya prirodnnykh i stochnykh vod* [Phenomenon and technology of delta filtration of natural and waste waters]. Volgograd: Izd-vo Volgogr. gos. s.-kh. akad, 1997. 215 p.

9. Kozhinov V.F. *Ochistka pit'yevoy i tekhnicheskoy vody. Primery i raschety*. [Purification of drinking and industrial water]. *Uchebnoye posobiye dlya vuzov*. Moscow: OOO "BASTET", 2008. 304 p. ISBN 978-5-903178-09-4

10. Lozovoy V.N., Zuikina E.N., Vasilchenko A.P. *Rekomendatsii po proyektirovaniyu i ekspluatatsii dvukhsloynnykh medlennykh fil'trov s gidravlicheskoj regeneratsiyey fil'truyushchey zagruzki* [Recommendations for the design and operation of two-layer slow filters with hydraulic regeneration of the filter load]. Novocherkassk: FGNU "RosNIIPM", 2006. 31 p.

Сведения об авторах

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

Микитаева Индира Руслановна – кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4219-0450

Information about the authors

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. Kokoev – 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

Indira R. Mikitaeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4219-0450

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 13.11.2023;
одобрена после рецензирования 28.11.2023;
принята к публикации 08.12.2023.*

*The article was submitted 13.11.2023;
approved after reviewing 28.11.2023;
accepted for publication 08.12.2023.*

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 636.084/.085

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-35-43

Влияние разных доз антиоксиданта на переваримость
и усвояемость питательных веществ рациона
с толерантным уровнем охратоксина АЗарина Ирбеговна Габараева^{✉1}, Фатима Николаевна Цогоева²,
Рустем Борисович Темираев³, Валентина Созрыкоевна Гаппоева⁴^{1,2}Горский государственный аграрный университет, ул. Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040^{2,3}Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), ул. Николаева, 44, Владикавказ, Россия, 362025^{2,4}Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 46, Владикавказ, Россия, 362021^{✉1}z.gabaraeva@list.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4694-1988>²fatima130464@jmail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7303-9633>³temiraevev@jmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1011-141x>⁴valentina.gappoeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7628-0884>

Аннотация. Для устранения негативного воздействия охратоксина А на процессы пищеварительного обмена в составе комбикормов для мясной птицы успешно применяются антиоксиданты. Цель исследования – выявить влияние добавок разных доз кормового препарата антиоксиданта сантоквин (сантохин) в составе комбикормов на основе зерна кукурузы и соевого жмыха с толерантным уровнем охратоксина А на уровень переваривания и усвоения питательных веществ рациона. Установлено, что лучший уровень воздействия на гидролиз органических полимеров рациона с толерантным уровнем охратоксина А оказали добавки апробируемого препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма. Благодаря этому мясная птица, получавшая СК + антиоксидант сантоквин в дозе 150 г/т корма против аналогов, получавших стандартный комбикорм на основе зерна кукурузы и соевого жмыха с толерантным уровнем охратоксина А имела более высокие коэффициенты переваривания протеина сырого – на 3,14% ($P>0,95$), клетчатки сырой – на 3,22% ($P>0,95$) и БЭВ – на 3,34% ($P>0,95$), что обеспечило также лучший уровень переваривания органического и сухого вещества рациона. При практически аналогичном объеме потребления птичьего комбикорма цыплятами сравниваемых групп у бройлеров за счет добавок препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма к стандартному комбикорму за сутки в организме откладывалось в среднем 2,13 г азота, что больше на 9,23% ($P>0,95$) по сравнению с бройлерами, получавшими стандартный комбикорм на основе зерна кукурузы и соевого жмыха с толерантным уровнем охратоксина А. Применение антиоксиданта сантоквин в дозе 150 г/т корма в составе кукурузно-соевого комбикорма с толерантным уровнем охратоксина А обеспечило у бройлеров самый высокий уровень усвояемости кальция и фосфора рациона по сравнению с группами бройлеров, получавшими другие дозы антиоксиданта.

Ключевые слова: бройлеры, комбикорма, охратоксин А, антиоксидант, коэффициенты переваримости, усвояемость питательных веществ

Для цитирования. Габараева З. И., Цогоева Ф. Н., Темираев Р. Б., Гаппоева В. С. Влияние разных доз антиоксиданта на переваримость и усвояемость питательных веществ рациона с толерантным уровнем охратоксина А // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 35–43. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-35-43

Original article

The effect of different doses of antioxidant on the digestibility and assimilation of nutrients in a diet with a tolerant level of ochratoxin A

Zarina I. Gabaraeva^{✉1}, Fatima N. Tsogoeva²,
Rustem B. Temiraev³, Valentina S. Gappoeva⁴

^{1,2}Gorsky State Agrarian University, 37 Kirova Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

^{2,3}North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 44 Nikolaeva Street, Vladikavkaz, Russia, 362025

^{2,4}North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, 46 Vatutina Street, Vladikavkaz, Russia, 362021

^{✉1}z.gabaraeva@list.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4694-1988>

²fatima130464@jmail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7303-9633>

³temiraev@jmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1011-141x>

⁴valentina.gappoeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7628-0884>

Abstract. To eliminate the negative impact of ochratoxin A on digestive metabolic processes, antioxidants are successfully used in feed for meat poultry. The purpose of the study is to find out the effect of adding different doses of the antioxidant santoquin (santokhin) feed preparation in the composition of feed based on corn grain and soybean cake with a tolerant level of ochratoxin A on the level of digestion and absorption of dietary nutrients. It was found that the best level of impact on the hydrolysis of organic polymers in a diet with a tolerant level of ochratoxin A was provided by the addition of the tested drug Santoquin in an amount of 150 g/t of feed. Thanks to this, meat poultry that received SA + the antioxidant Santoquin at a dose of 150 g/t of feed compared to analogues that received standard feed based on corn grain and soybean cake with a tolerant level of ochratoxin A had higher coefficients of crude protein digestion – by 3.14% ($P > 0.95$), raw fiber – by 3.22% ($P > 0.95$) and BEV – by 3.34% ($P > 0.95$), which also provided a better level of digestion of organic and dry matter of the diet. With an almost similar volume of consumption of poultry feed by chickens of the compared groups, in broilers, due to the addition of the drug Santoquin in the amount of 150 g/t of feed to standard feed, an average of 2.13 g of nitrogen was deposited in the body per day, which is 9.23% more ($P > 0.95$) compared to broilers that received standard mixed feed based on corn grain and soybean cake with a tolerant level of ochratoxin A. The use of the antioxidant Santoquin at a dose of 150 g/t of feed as part of corn-soybean compound feed with a tolerant level of ochratoxin A ensured in broilers the highest level of digestibility of calcium and phosphorus in the diet compared to groups of broilers receiving other doses of the antioxidant.

Keywords: broilers, mixed feed, ochratoxin A, antioxidant, digestibility coefficients, nutrient digestibility

For citation. Gabaraeva Z.I., Tsogoeva F.N., Temiraev R.B., Gappoeva V.S. The effect of different doses of antioxidant on the digestibility and assimilation of nutrients in a diet with a tolerant level of ochratoxin A. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):35–43. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-35-43

Введение. За последние 10 лет в процессе успешного импортозамещения в нашей стране, в том числе и в РСО – Алания, из всех отраслей животноводства наиболее устойчивыми темпами растет производство продукции мясного и яичного птицеводства. С учетом существенного повышения генетически обусловленного продуктивного потенциала современных кроссов мясной птицы наращивание производства мяса бройлеров подразумевает кормление их полнорационными комбикормами, основу которых составляют зерновые и протеиновые компоненты местного производства [1–3].

Однако из-за повышенной влажности в окружающей среде на территории республики указанные ингредиенты птичьих комбикормов зачастую поражаются плесенью. Из ядов, продуцируемых плесневыми грибами, существенный урон мясной продуктивности бройлеров и подавлению пищеварительных процессов наносит микотоксин охратоксин А, который вырабатывается грибами рода *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius* и др. Микотоксин оказывает иммуносупрессивное действие, способствует образованию избыточного количества свободных радикалов и обеспечивает ослабление системы антиоксидантной защиты организма, значительно снижает усвояемость питательных веществ птичьего рациона [4–6].

Для устранения негативного воздействия охратоксина А на процессы пищеваритель-

ного обмена в составе комбикормов для мясной птицы успешно применяются различные биологически активные добавки (БАД), прежде всего антиоксиданты. Последние активно ингибируют процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ), снижая нагрузки на деятельность желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) бройлеров. В свою очередь это способствует оптимизации процесса гидролиза сложных органических полимеров кормов и всасыванию их метаболитов через слизистую кишечника в кровь [7–9].

Цель исследования – выяснить влияние добавок разных доз кормового препарата антиоксиданта сантоквин (сантохин) в состав комбикормов на основе зерна кукурузы и соевого жмыха с толерантным уровнем охратоксина А на уровень переваривания и усвоения питательных веществ рациона.

Материалы, методы и объекты исследования. При постановке настоящего эксперимента объектами исследований послужили цыплята-бройлеры кросса «КОББ-500». Из них по методу групп-аналогов в суточном возрасте в условиях птицефермы СПК «Батраз» (РСО – Алания) нами были сформированы четыре группы, в состав каждой из них включали по 100 голов мясной птицы.

Продолжительность выращивания подопытных цыплят при проведении указанного научно-производственного опыта составила 42 дня, в течение которых их кормили в соответствии со схемой, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Схема питания бройлеров в ходе научно-хозяйственного опыта
Table 1. Feeding scheme for broilers during scientific and economic experiment

Группа	Число голов	Особенности кормления мясной птицы
Контрольная	100	Стандартный комбикорм на основе зерна кукурузы и соевого жмыха с толерантным уровнем охратоксина А (СК)
1 опытная	100	СК + антиоксидант сантоквин в дозе 100 г/т корма
2 опытная	100	СК + антиоксидант сантоквин в дозе 150 г/т корма
3 опытная	100	СК + антиоксидант сантоквин в дозе 200 г/т корма

Для проведения опыта зерно кукурузы и соевый жмых, загрязненные охратоксином А, смешивали с прочими благополучными по данному микотоксину ингредиентами и добавляли его толерантного присутствия в составе птичьего комбикорма – 2,0 мг/кг корма [10].

На фоне проведенного эксперимента нами на цыплятах из подопытных групп в возраст-

те 35 дней был выполнен физиологический опыт по общепринятой методике, для чего из каждой группы отбирались по 5 голов. По полученным результатам химического анализа образцов кормов, их остатков и помета мясной птицы определили уровень переваривания и усвоения питательных веществ апробируемых рационов.

Для расчета критерия Стьюдента полученный цифровой материал был обработан математически с помощью программного обеспечения Excel.

Результаты исследования. На основе математической обработки результатов фи-

зиологического эксперимента рассчитали воздействие разных дозировок ввода препарата сантоквин на показатели переваримости органических полимеров применявшегося комбикорма кукурузно-соевого типа (рис. 1).

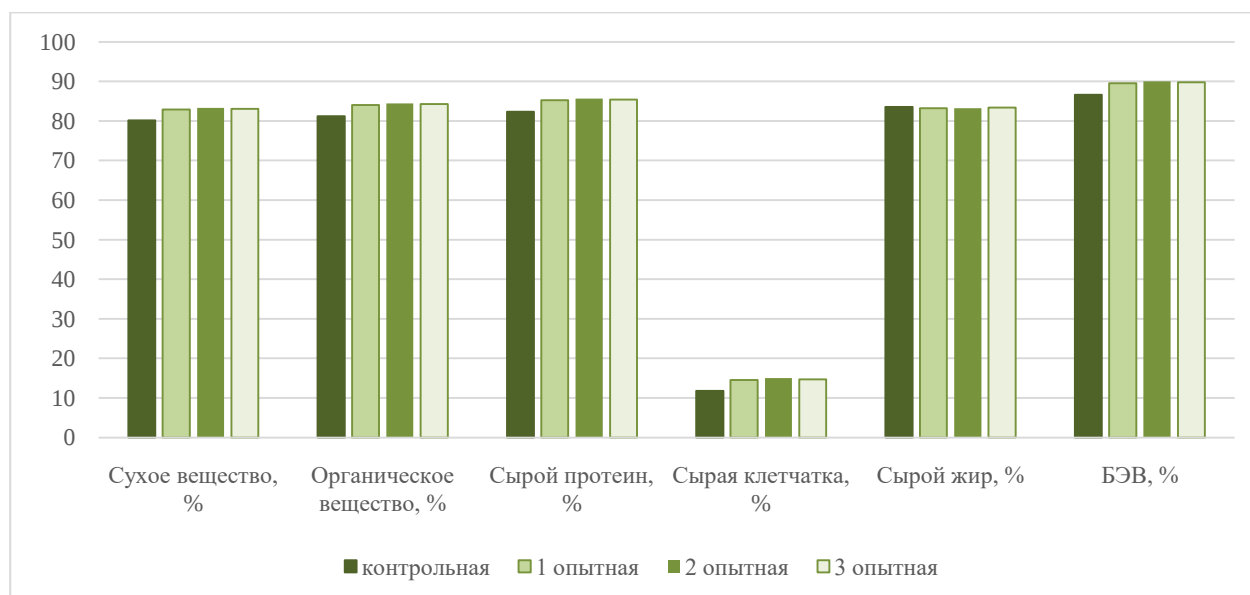


Рисунок 1. Коэффициенты переваримости для питательных веществ рациона
Figure 1. Digestibility coefficients for dietary nutrients

На основе проведенного эксперимента установлено, что лучшее действие на гидролиз органических полимеров рациона с толерантным уровнем изучаемого микотоксина оказали добавки апробируемого препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма. Благодаря этому мясная птица из 2 опытной группы в сравнении с аналогами контрольной имела более высокие коэффициенты переваривания протеина сырого – на 3,14% ($P>0,95$), клетчатки сырой – на 3,22% ($P>0,95$) и БЭВ – на 3,34% ($P>0,95$).

В целом, при скормливания антиоксиданта в указанной дозе показатели переваривания БЭВ, сырого протеина и клетчатки за счет лучшего уровня элиминации охратоксина А содействовали оптимизации переваривания органического и сухого вещества комбикорма у птицы 2 опытной группы соответственно на 3,21% ($P>0,95$) и 3,14% ($P>0,95$), чем в контрольной группе.

По результатам химического анализа образцов комбикормов и птичьего помета рассчитали уровень усвоения их протеина (по

балансу азота) под действием апробируемых дозировок антиоксиданта (рис. 2, 3).

При практически аналогичном объеме потребления птичьего комбикорма цыплятами сравниваемых групп за счет добавок препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма бройлеры 2 опытной группы за сутки в организме откладывали в среднем 2,13 г азота, что достоверно ($P>0,95$) больше на 9,23%, чем в контроле. Кроме того, в сравнении с контрольными аналогами мясные цыплята 2 опытной группы использовали азот корма от принятого количества на 5,21% ($P>0,95$) лучше.

Для формирования у откармливаемого молодняка птицы костной ткани определяющее значение имеет уровень усвоения кальция кормов (рис. 4, 5).

При практически одинаковом количестве потребления применяемого птичьего комбикорма цыплятами сравниваемых групп за счет добавок препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма мясные цыплята 2 опытной группы за сутки в организме откладывали в среднем 0,514 г азота, что достоверно ($P>0,95$) больше на 6,33%, чем в организме аналогов из контрольной группы.

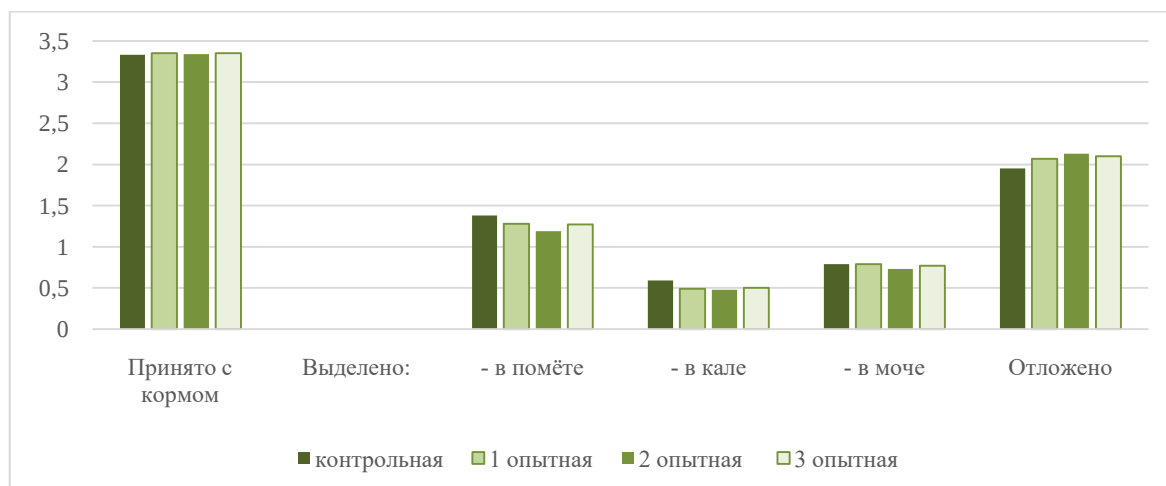


Рисунок 2. Уровень усвоения азота комбикормов у подопытной птицы, г
Figure 2. Level of nitrogen absorption of mixed feed in experimental poultry, g

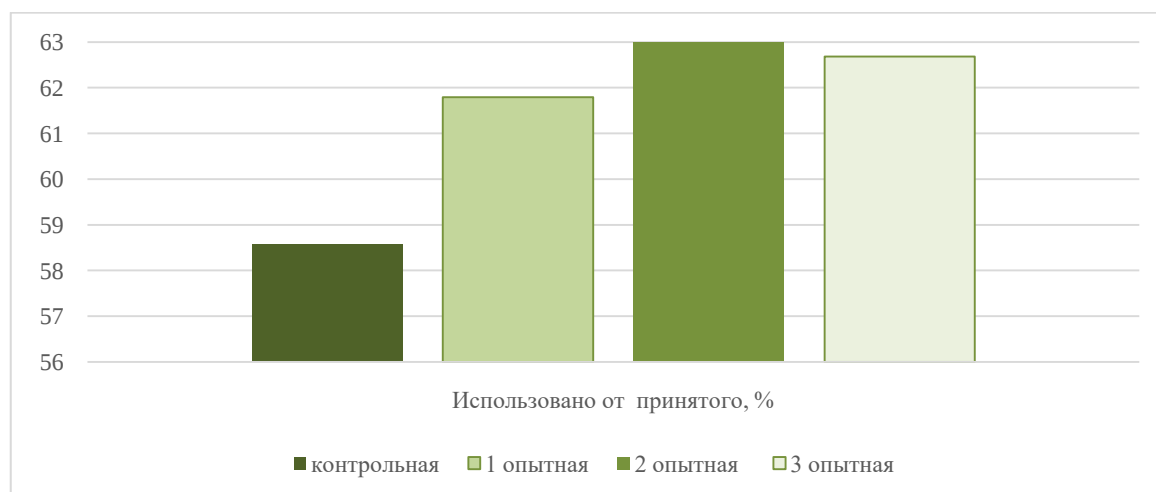


Рисунок 3. Использовано азота корма от принятого количества, %
Figure 3. Feed nitrogen used from the accepted amount, %

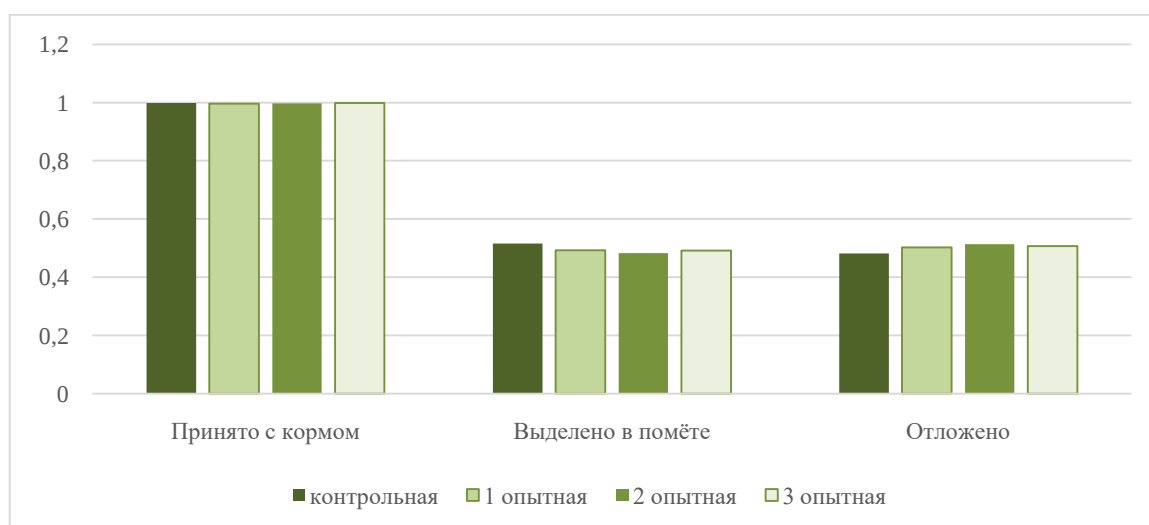


Рисунок 4. Уровень усвоения кальция комбикормов у подопытной птицы, г
Figure 4. Level of absorption of calcium from mixed feed in experimental birds, g

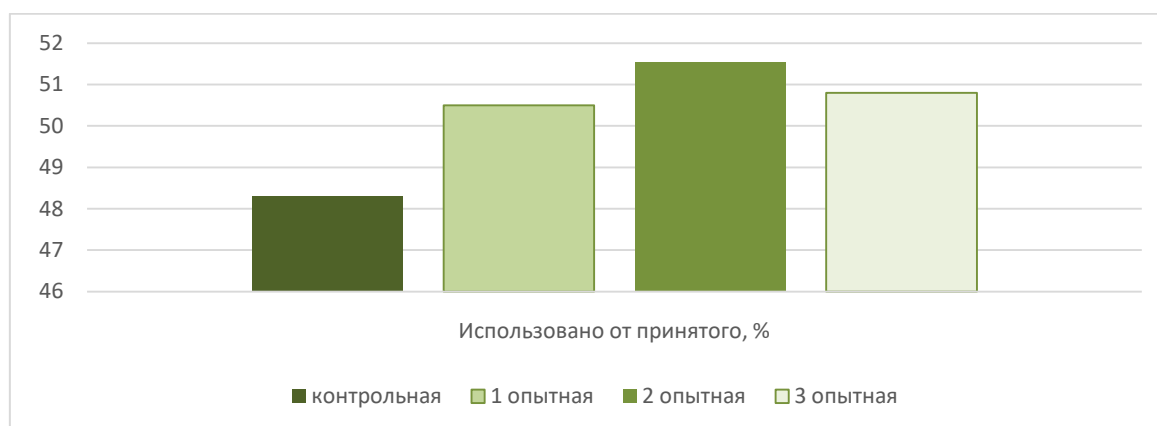


Рисунок 5. Использование кальция корма от принятого количества, %
Figure 5. Feed calcium used from the amount taken, %

Наряду с этим, в сравнении с контрольными аналогами мясные цыплята 2 опытной группы использовали кальций корма от принятого количества на 3,25% ($P>0,95$) лучше.

Нами параллельно было изучено усвоение фосфора рациона организмом бройлеров из сравниваемых групп под действием апробируемых дозировок препарата сантоквин (рис. 6, 7).

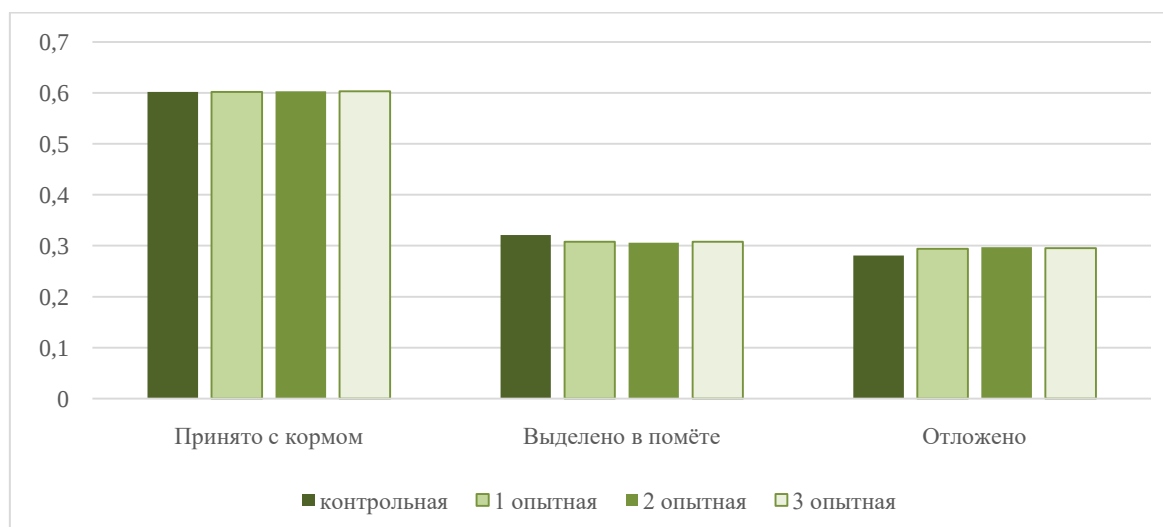


Рисунок 6. Уровень усвоения фосфора комбикормов у подопытной птицы, г
Figure 6. Level of phosphorus absorption of mixed feed in experimental poultry, g

С учетом одинаковой поедаемости применяемого птичьего комбикорма бройлерами сравниваемых групп за счет добавок препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма цыплята 2 опытной группы за сутки в организме откладывали в среднем 0,297 г азота, что достоверно ($P>0,95$) больше на 5,70%, чем в организме аналогов контрольной группы. Наряду с этим, в сравнении с цыплятами контрольной группы мясные цыплята 2 опытной группы использовали фосфор корма от принятого количества на 2,57% ($P>0,95$) лучше.

Выводы: 1. Установлено, что лучший уровень воздействия на гидролиз органических полимеров рациона с толерантным уровнем охратоксина А оказали добавки апробируемого препарата сантоквин в количестве 150 г/т корма. Благодаря этому мясная птица 2 опытной группы против контрольных аналогов имела более высокие коэффициенты переваривания протеина сырого – на 3,14% ($P>0,95$), клетчатки сырой – на 3,22% ($P>0,95$) и БЭВ – на 3,34% ($P>0,95$), что обеспечило также лучший уровень переваривания органического и сухого вещества рациона.

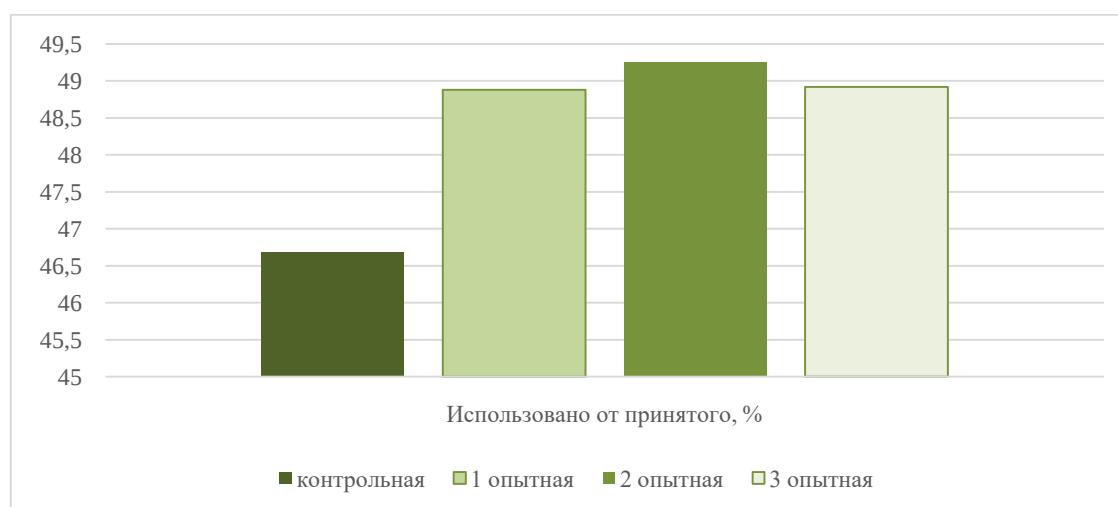


Рисунок 7. Использование фосфора корма от принятого количества, %

Figure 7. Feed phosphorus used from the accepted amount, %

2. Применение антиоксиданта сантоквин в указанной дозе в составе кукурузно-соевого комбикорма с толерантным уровнем ократоксина А также обеспечило у бройлеров 2

опытной группы против птицы контрольной группы самый высокий уровень усвояемости азота, кальция и фосфора рациона.

Список литературы

1. Снижение риска афлатоксикоза у цыплят-бройлеров / Ф. Ф. Кокаева, Р. Б. Темираев, А. А. Столбовская, О. Ю. Леонтьева // Мясная индустрия. 2012. № 2. С. 59–61. EDN: OXDNGF
2. Витюк Л. А., Бугленко Г. А., Савхалова С. Ч. Потребительские качества мяса бройлеров и мясных продуктов из него // Современная наука: теоретический и практический взгляд: сборник статей Международной научно-практической конференции. Челябинск, 2015. С. 50–52. EDN: UXDYZJ
3. Товароведная оценка птичьего мяса при нарушении экологии питания / А. А. Баева, Л. А. Витюк, С. К. Абаева, Л. Б. Бузоева, А. В. Абаев // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 2. С. 105–110. EDN: QCFHWR
4. Темираев Р. Б., Баева А. А., Кокаева М. Г. Повышение качества мяса кур-бройлеров // Мясная индустрия. 2009. №6. С. 25–27. EDN: MSOAMN
5. Титаренко Е. С., Темираев Р. Б. Биолого-продуктивный потенциал и пищеварительный обмен у перепелов при денитрификации за счет скармливания адсорбента и антиоксиданта // Научная жизнь. 2018. № 5. С. 139–147. EDN: USUZSG
6. Способ повышения диетических качеств мяса и улучшения метаболизма у цыплят-бройлеров в условиях техногенной зоны РСО–Алания / Р. Б. Темираев, Ф. Ф. Кокаева, В. В. Тедтова, А. А. Баева, М. А. Хадикова, А. В. Абаев // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. № 4. С. 130–133. EDN: PJWBRP
7. Реализация биолого-продуктивного потенциала мясной птицы при снижении риска афлатоксикоза в условиях техногенной зоны РСО – Алания / Е. С. Титаренко, Р. Б. Темираев, И. И. Кцоева, Г. А. Бугленко, Л. А. Витюк // Актуальные проблемы химии, биологии и биотехнологии: материалы X Всероссийской научной конференции. Владикавказ, 2016. С. 364–368. EDN: WCPWET
8. Фарниева М. З., Темираев Р. Б., Козырев С. Г. Действие разных доз антиоксиданта на морфологический и биохимический состав крови перепелов // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: сборник статей международной научно-практической конференции. Пермь, 2016. С. 94–96. EDN: XBСMPL
9. Использование антиоксиданта и ингибитора плесени в кормах для бройлеров / Р. Х. Гадзаонов, А. А. Столбовская, А. А. Баева, Г. К. Кибизов // Птицеводство. 2009. № 4. С. 23–24. EDN: OFTXFX
10. Повышение переваримости и усвояемости питательных веществ рационов при риске афлатоксикоза / Л. А. Витюк, А. А. Баева, Л. М. Базаева, С. Ч. Савхалова, Р. В. Калагова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 3. С. 104–107. EDN: RCDGJR

References

1. Kokaeva F.F., Temiraev R.B., Stolbovskaya A.A., Leontyeva O.Yu. Reducing the risk of aflatoxicosis in broiler chickens. *Meat industry*. 2012. № 2. С. 59–61. (In Russ.). EDN: OXDNGF
2. Vityuk L.A., Buglenko G.A., Savkhalova S.Ch. Consumer qualities of broiler meat and meat products from it. *Sovremennaya nauka: teoreticheskiy i prakticheskiy vzglyad: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern science: theoretical and practical view: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. Chelyabinsk. 2015. Pp. 50–52. (In Russ.). EDN: UXDYZJ
3. Baeva A.A., Vityuk L.A., Abaeva S.K., Buzoeva L.B., Abaev A.V. Evaluation of chicken-broiler's meat when disturbing the nutritive ecology. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2013;50(2):105–110. (In Russ.). EDN: QCFHWR
4. Temiraev R.B., Baeva A.A., Kokaeva M.G. Improving the quality of broiler chicken meat. *Meat industry journal*. 2009;(6):25–27. (In Russ.). EDN: MSOAMN
5. Titarenko E.S., Temiraev R.B. Biological-productive potential and digestive metabolism in quails during denitrification due to feeding an adsorbent and an antioxidant. *Nauchnaya zhizn' [Scientific Life]*. 2018;(5):139–147. (In Russ.). EDN: USUZSG
6. Temiraev R.B., Kokaeva F.F., Tedtova V.V., Baeva A.A., Khadikova M.A., Abaev A.V. The way for increasing dietetic meat quality and improving chicken – broilers' metabolism under conditions of technogenic zone in North Ossetia-Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2012;49(4):130–133. (In Russ.). EDN: PJWBRP
7. Titarenko E.S., Temiraev R.B., Ktsoeva I.I., Buglenko G.A., Vityuk L.A. Realization of the biological and productive potential of meat poultry while reducing the risk of aflatoxicosis in the technogenic zone of North Ossetia – Alania. *Aktual'nyye problemy khimii, biologii i biotekhnologii: materialy X Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Current problems of chemistry, biology and biotechnology: materials of the X All-Russian Scientific Conference]. Vladikavkaz, 2016. Pp. 364–368. (In Russ.). EDN: WCPWET
8. Farnieva M.Z., Temiraev R.B., Kozyrev S.G. Effect of different doses of antioxidant on the morphological and biochemical composition of quail blood. *Nauchnyye issledovaniya i razrabotki v epokhu globalizatsii: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific research and development in the era of globalization: collection of articles of the international scientific-practical conference]. Perm, 2016. Pp. 94–96. (In Russ.). EDN: XBCMPL
9. Gadzaonov R.Kh., Stolbovskaya A.A., Baeva A.A., Kibizov G.K. The use of an antioxidant and mold inhibitor for broilers. *Ptitsevodstvo*. 2009;(4):23–24. (In Russ.). EDN: OFTXFX
10. Vityuk L.A., Baeva A.A., Bazaeva L.M., Savkhalova S.Ch., Kalagova R.V. Raise of digestibility and assimilation of nutrient substances in rations at the risk of aflotoxicosis. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2013;50(3):104–107. (In Russ.). EDN: RCDGJR

Сведения об авторах

Габараева Зарина Ирбеговна – аспирант 1 года обучения кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет».

Цгоева Фатима Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7594-1950

Темираев Рустем Борисович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; профессор кафедры технологии продуктов общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»; профессор кафедры анатомии, физиологии и ботаники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», SPIN-код: 1887-4867

Гаппоева Валентина Созрыкоевна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой анатомии, физиологии и ботаники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», SPIN-код: 9988-0228

Information about authors

Zarina I. Gabaraeva – 1st year postgraduate student of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Gorsky State Agrarian University

Fatima N. Tsogoeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 7594-1950

Rustem B. Temiraev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Gorsky State Agrarian University; Professor of the Department of Technology of Public Food Products, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University); Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Botany, North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, SPIN-code: 1887-4867

Valentina S. Gappoeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Anatomy, Physiology and Botany North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, SPIN-code: 9988-0228

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 24.11.2023;
одобрена после рецензирования 07.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 24.11.2023;
approved after reviewing 07.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

Научная статья

УДК 636.033:636.2

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-44-52

Влияние адсорбента и антиоксиданта на мясную продуктивность и пищевую ценность мяса бычков

Дина Ахсаровна Кастуева^{✉1}, Виктория Викторовна Тедтова²,
Зарина Темболатовна Баева³, Лариса Александровна Бобылева⁴

¹Горский государственный аграрный университет, ул. Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

^{2,3}Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), ул. Николаева, 44, Владикавказ, Россия, 362025

⁴Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 46, Владикавказ, Россия, 362021

^{✉1}d.kastueva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3279-2199>

²bv_viktoria@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8194-6698>

³zarina_kt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8188-9029>

⁴bobial@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8150-016X>

Аннотация. На территории Республики Северная Осетия – Алания образцы почвы под кормовые угодья характеризуются крайне высоким уровнем загрязнения солями тяжелых металлов. В последние годы в практике кормления мясных животных в качестве детоксикантов успешно используются адсорбенты и антиоксиданты. Цель исследований – установить целесообразность включения в рационы откармливаемых бычков с повышенным содержанием солей тяжелых металлов адсорбента «Трилон Б» и антиоксиданта «Сантофлекс» в качестве детоксиканта для повышения мясной продуктивности, повышения пищевой ценности и экологической безопасности производимой говядины. В ходе эксперимента установлено, что при повышенном содержании солей тяжелых металлов в состав рационов откармливаемых бычков для повышения эффективности детоксикации указанных токсичных соединений следует совместно включать адсорбент «Трилон Б» в количестве 1 г/100 кг и антиоксидант «Сантофлекс» в количестве 500 г/т комбикорма, что содействует повышению их мясной продуктивности, пищевой и биологической ценности мяса и выражается в повышении массовой доли сухого вещества на 1,29%, белка – на 1,02% и значения белково-качественного показателя – на 10,27%, а также снижении массовой доли цинка в 3,10 раза, свинца – в 2,97 и кадмия – в 3,97 раза по сравнению с животными, получавшими рацион кормления (РК) с избытком Pb, Cd, Zn. Причем в составе образцов говядины от животных, получавших адсорбент «Трилон Б» в количестве 1 г/100 кг и антиоксидант «Сантофлекс» в количестве 500 г/т комбикорма, присутствие солей указанных элементов во всех случаях не превышало предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: откармливаемые бычки, тяжелые металлы, антиоксидант, адсорбент, убойные показатели, мясо, пищевая и биологическая ценность, экологическая безопасность

Для цитирования. Кастуева Д. А., Тедтова В. В., Баева З. Т., Бобылева Л. А. Влияние адсорбента и антиоксиданта на мясную продуктивность и пищевую ценность мяса бычков // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 44–52. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-44-52

Original article

The influence of adsorbent and antioxidant on meat productivity and nutritional value of bull meat

Dina A. Kastueva^{✉1}, Victoria V. Tedtova²,
Zarina T. Baeva³, Larisa A. Bobyleva⁴

¹Gorsky State Agrarian University, 37 Kirova Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

^{2,3}North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 44 Nikolaeva Street, Vladikavkaz, Russia, 362025

⁴North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, 46 Vatutina Street, Vladikavkaz, Russia, 362021

^{✉1}d.kastueva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3279-2199>

²bv_viktoria@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8194-6698>

³zarina_kt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8188-9029>

⁴bobial@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8150-016X>

Abstract. On the territory of the Republic of North Ossetia-Alania, soil samples for forage plots are characterized by an extremely high level of contamination with heavy metal salts. In recent years, in the practice of feeding meat animals, adsorbents and antioxidants have been successfully used as detoxifiers. The purpose of the research is to establish the feasibility of including the Trilon B adsorbent and the Santoflex antioxidant in the diets of fattened bulls with a high content of heavy metal salts as a detoxicant to increase meat productivity, increase the nutritional value and environmental safety of the beef produced. During the experiment, it was established that with an increased content of heavy metal salts, in order to increase the efficiency of detoxification of these toxic compounds, the Trilon B adsorbent in the amount of 1 g/100 kg and the Santoflex antioxidant in the amount of 500 g/100 kg of mixed feed should be included in the diets of fattened bulls, which helps to increase their meat productivity, nutritional and biological value of meat and is expressed in an increase in the mass fraction of dry matter by 1.29%, protein – by 1.02% and the value of the protein quality indicator – by 10.27%, and also a decrease in the mass fraction of zinc by 3.10 times, lead by 2.97 and cadmium by 3.97 times compared to animals receiving a diet with an excess of Pb, Cd, Zn. Moreover, in the composition of beef samples from animals that received the Trilon B adsorbent in the amount of 1 g/100 kg and the Santoflex antioxidant in the amount of 500 g/t of feed, the presence of salts of these elements in all cases did not exceed the maximum permissible concentrations.

Keywords: fattened bulls, heavy metals, antioxidant, adsorbent, slaughter indices, meat, nutritional and biological value, environmental safety

For citation. Kastueva D.A., Tedtova V.V., Baeva Z.T., Bobyleva L.A. The influence of adsorbent and antioxidant on meat productivity and nutritional value of bull meat. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;4(42):44–52. (In Russ.).

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-44-52

Введение. Известно, что пищевая ценность говядины, как и мяса любого вида сельскохозяйственных животных, определяется его химическим составом, «биологической ценностью» (качеством белка) и экологической безопасностью. Все эти факторы, прежде всего, обусловлены генетическими факторами откармливаемого животного, но, в не меньшей мере, зависят от условий

кормления и экологической характеристики отдельных кормовых средств рациона [1–3].

С учетом сказанного, при организации откорма молодняка крупного рогатого скота (КРС) следует учитывать санитарно-гигиенические показатели всех компонентов рациона. К сожалению, сегодня в большинстве регионов нашей страны экологические характеристики почв и кормовых культур

оставляют желать лучшего из-за устойчивого роста уровня загрязнения окружающей среды различными токсичными соединениями химической природы. Особую опасность из них для организма откармливаемых животных и человека через мясные продукты питания представляют соли тяжелых металлов (ТМ) [4–6].

На территории Республики Северная Осетия – Алания (РСО – Алания) образцы почвы под кормовые угодья характеризуются крайне высоким уровнем загрязнения солями ТМ, в существенной мере превышающим значения предельно допустимых концентраций (ПДК) по цинку, свинцу, кадмию и др. Это стало следствием интенсивной деятельности в течение более столетия в горной местности республики рудников и шахт горнодобывающей промышленности и в городе Владикавказе – крупных предприятий цветной металлургии. Кроме выбросов солей ТМ указанными предприятиями, источником дальнейшего загрязнения территории региона явился быстрый рост за последние 30 лет автопарка грузового и легкого автотранспорта. Указанные факторы содействуют снижению мясной продуктивности и пищевых качеств производимой в республике говядины. Тяжелые металлы обладают тератогенными и канцерогенными свойствами [7, 8].

На основе изложенного в практике кормления откармливаемых на территории РСО – Алания животных в последние годы успешно в качестве детоксикантов солей ТМ используются препараты адсорбенты [9, 10]. Они обладают высоким уровнем синергизма воздействия на пищевые и экологические характеристики мясной продукции при совместном их скармливании с антиоксидантами, которые повышают антирадикальную защиту организма мясного молодняка животных [11, 12].

Цель исследования – установить целесообразность включения в рационы откармливаемых бычков с повышенным содержанием солей ТМ адсорбента «Трилон Б» и антиоксиданта «Сантофлекс» в качестве детоксиканта для повышения мясной продуктивности, пищевой ценности и экологической безопасности производимой говядины.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследований в ходе эксперимента, проведенного в условиях КФХ «Стас» (РСО – Алания), выступили бычки мясной абердин-ангусской породы. В 6-месячном возрасте были отобраны 40 телят, из которых по принципу аналогов сформировали 4 группы по 10 голов в каждой. Продолжительность их откорма составила 12 месяцев, в ходе которого их кормление проводилось по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта
Table 1. Scheme of scientific and economic experience

Группа	Количество в группе животных, гол.	Рацион кормления (РК) с избытком Pb, Cd, Zn	Дозы введения препаратов	
			«Трилон Б», г/100 кг живой массы	«Сантофлекс», г/т комбикорма
Контрольная	10	РК	–	–
1 опытная	10	РК	1,0	–
2 опытная	10	РК	–	500,0
3 опытная	10	РК	1,0	500,0

Анализ состава и питательности рационов подопытных бычков показал, что по энергии и питательной ценности они отвечали существующим нормам питания. При этом в составе зимнего и летнего рационов наблюдалось превышение значений ПДК только по концентрации цинка (Zn) в 2,4–2,7 раза; свинца (Pb) – в 2,2–2,5 раза и кадмия (Cd) – в 2,1–2,4 раза соответственно [13].

При завершении откорма в соответствии с требованиями ГОСТ 34120-2017¹ был проведен контрольный убой животных сравнивае-

¹ГОСТ 34120-2017. Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах». Москва: Стандартинформ. 20 с.

мых групп (по 3 головы из каждой) и оценка пищевой ценности и экологической безопасности полученной говядины.

Экспериментальный материал подвергнут статистической обработке с расчетом критерия Стьюдента.

Результаты исследования. По итогам контрольного убоя откармливаемых животных из сравниваемых групп установили влияние адсорбента «Трилон Б» и антиоксиданта «Сантофлекс» на их убойные параметры. Полученные результаты показаны на рисунке 1.

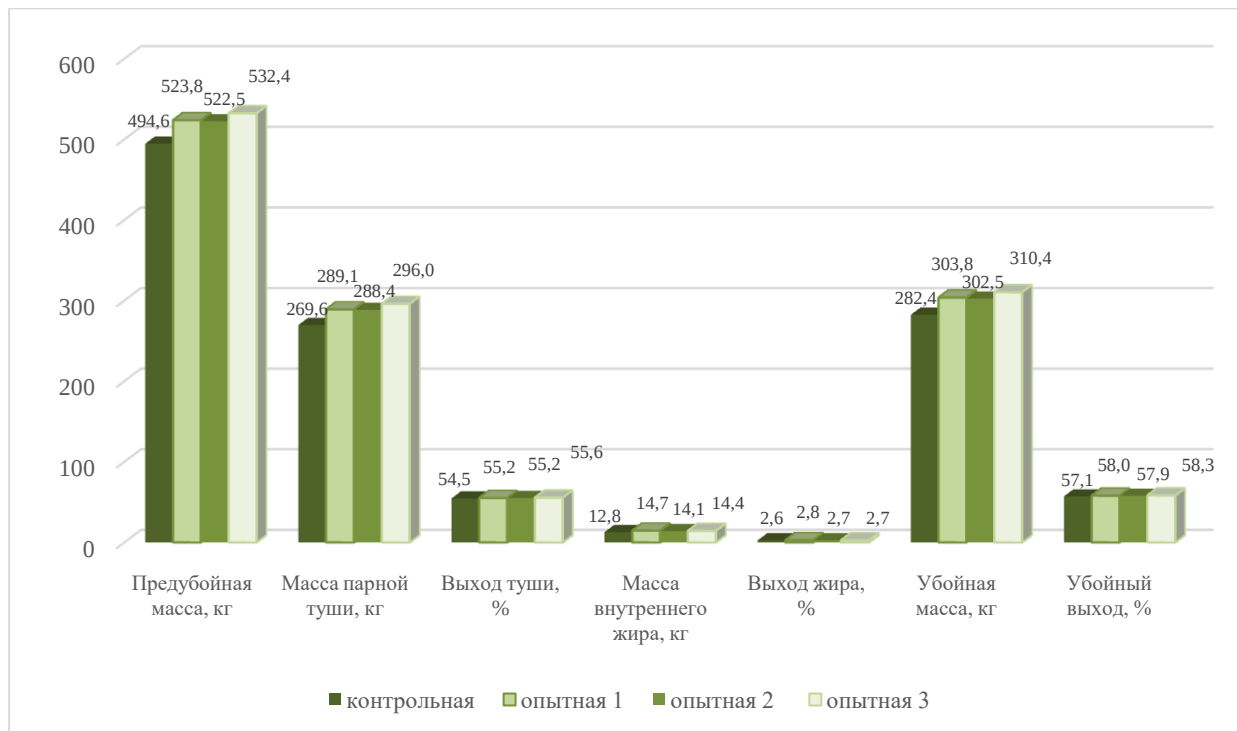


Рисунок 1. Убойные параметры бычков сравниваемых групп
Figure 1. Slaughter parameters of bulls of the compared groups

Установлено, что оптимальные убойные показатели при детоксикации солей ТМ были обеспечены при совместном скормливании апробируемых кормовых добавок. Благодаря этому против контрольных сверстников у молодняка КРС в 3 опытной группе отмечено превышение показателей, характеризующих предубойную массу на 7,6% ($P < 0,05$), массу парной туши – на 9,8% ($P < 0,05$), убойную массу – на 9,9% ($P < 0,05$) и массу внутреннего жира – на 12,5% ($P < 0,05$).

Подобные результаты после 24-часовой голодной выдержки перед контрольным убоем содействовали также относительно контроля у животных 3 опытной группы достоверному ($P < 0,05$) увеличению показателей выхода туши на 2,1% и убойного выхода – на 1,2% соответственно.

Длиннейшая мышца спины у откармливаемого молодняка КРС является в биологическом отношении наиболее полноценной,

поэтому в ее образцах из туш подопытных животных изучили основные физические параметры и энергетическую ценность. Полученные результаты отражены на рисунке 2.

Как показано, по величине pH (показателю реакции среды) в сравниваемых образцах изучаемого мускула практически никаких различий не выявлено.

Показатель сочности полученных образцов говядины, прежде всего, обусловлен показателем ее влагоудерживающей способности. За счет синергизма действия апробируемых препаратов относительно мяса бычков контрольной группы образцы длиннейшей мышцы спины у аналогов из 3 опытной группы было отмечено превышение параметра влагоудерживающей способности на 1,80% ($P < 0,05$).

С учетом этих факторов в образцах мяса молодняка КРС на откорме из 3 опытной группы против контрольных аналогов на-

блюдалось улучшение очень важных физических показателей за счет повышения диаметра мышечных волокон на 4,86 мкм и снижения усилия на разрез – на 0,32 кг/см². Причем данная разница в обоих случаях была статистически достоверной ($P < 0,05$).

Наряду с этим образцы изучаемой мышцы у бычков 3 опытной группы обладали на 0,29 МДж ($P < 0,05$) ниже калорийностью, чем в контроле. Это свидетельствует о более

высоких потребительских свойствах образцов говядины из туш животных 3 опытной группы за счет снижения их энергетической ценности.

В ходе оценки пищевой и биологической ценности мяса бычков сравниваемых групп изучили основные критерии: химический состав и белково-качественный показатель, которые для сравниваемых образцов говядины показаны на рисунке 3.

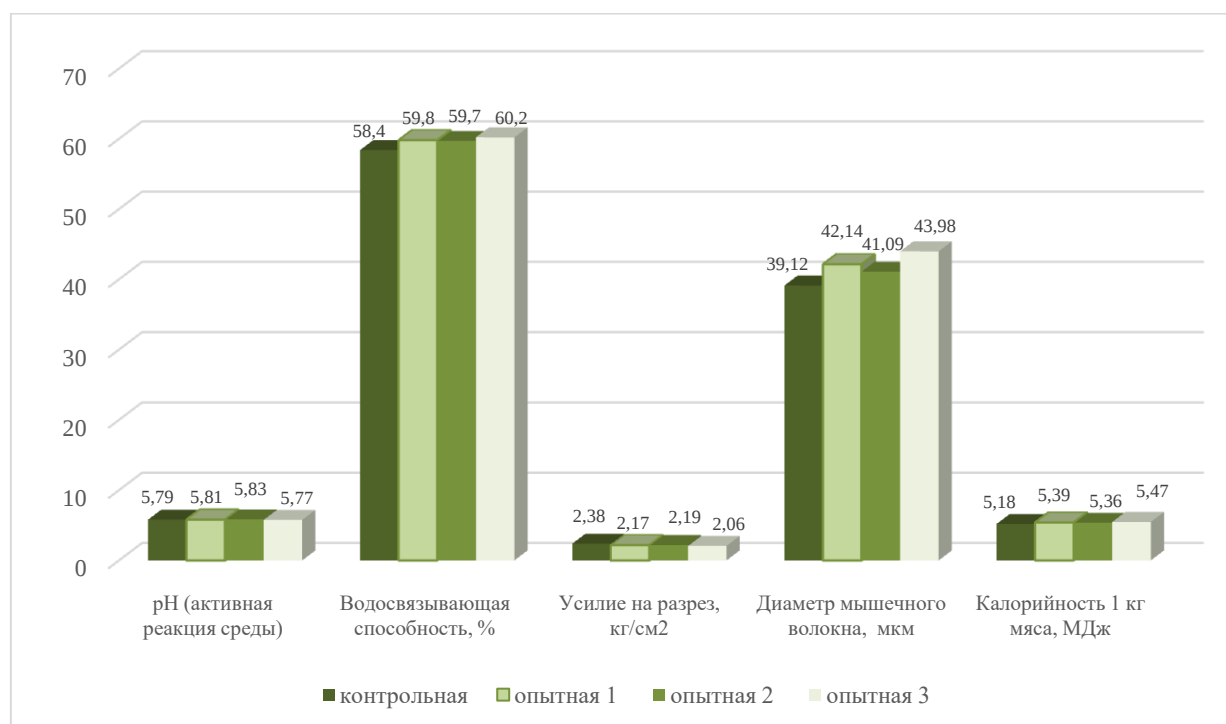


Рисунок 2. Основные физические особенности и энергетическая ценность мяса бычков сравниваемых групп

Figure 2. Main physical features and energy value of meat from bulls of the compared groups

За счет совместного введения адсорбента «Трилон Б» и антиоксиданта «Сантофлекс» в рационы с повышенным фоном солей ТМ относительно контрольных аналогов лучшими пищевыми качествами обладало мясо откармливаемого молодняка КРС 3 опытной группы. Это у последних обусловлено в образцах изучаемой мышцы достоверным ($P < 0,05$) снижением массовой доли жира на 0,39%, сопровождаемое достоверным ($P < 0,05$) повышением массовой доли сухого вещества и белка на 1,29% и 1,02% соответственно.

Наряду с пищевой ценностью, совместное скормливание испытуемых кормовых добавок оказало также благоприятное воздействие на биологическую полноценность мяса

животных 3 опытной группы. У последних это проявилось в достоверном ($P < 0,05$) увеличении значения БКП на 10,27%, по сравнению с контрольными образцами говядины.

Об уровне воздействия апробируемых кормовых добавок на экологическую безопасность мяса животных сравниваемых групп мы судили по наличию в его образцах солей цинка, свинца и кадмия. Концентрация солей ТМ в мясе подопытных животных показана на рисунке 4.

Как показано, лучшее детоксикационное влияние на организм и мясную продукцию откармливаемых бычков 3 опытной группы оказало совместное скормливание препаратов «Трилон Б» и «Сантофлекс».

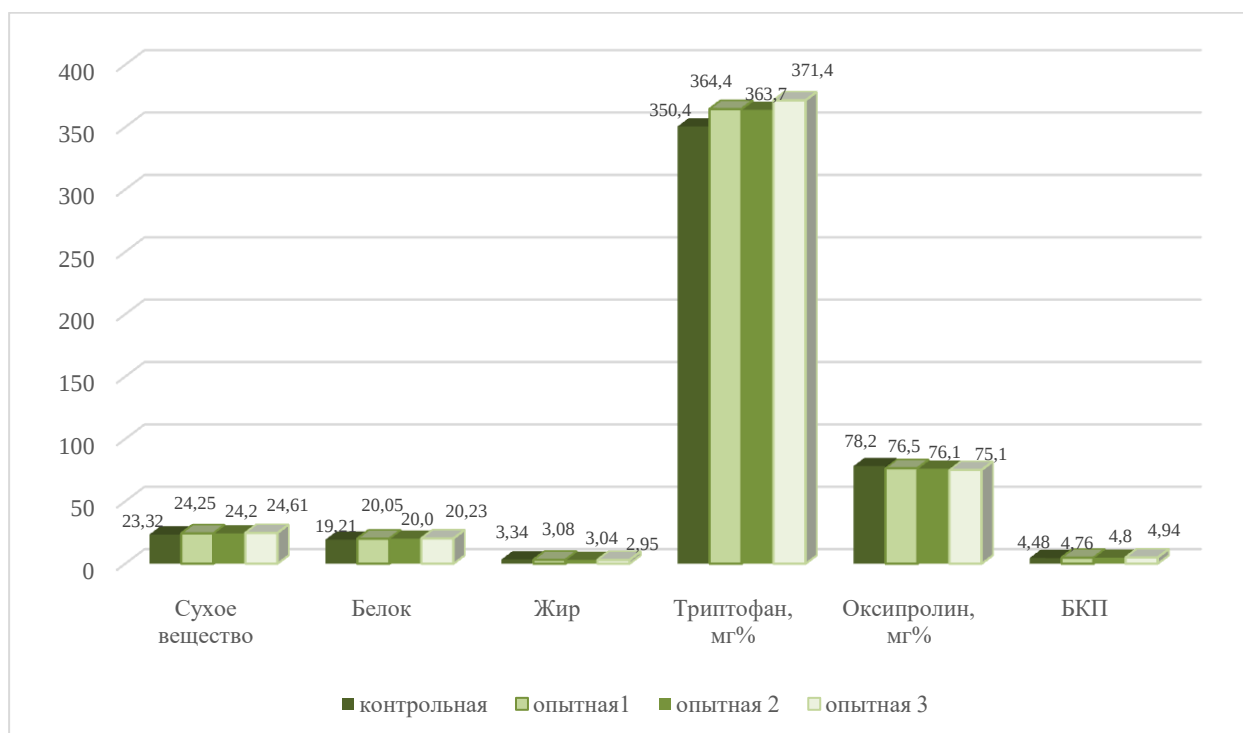


Рисунок 3. Данные химического состава (%) и биологической ценности образцов мяса бычков
Figure 3. Chemical composition (%) and biological value data of bull meat samples

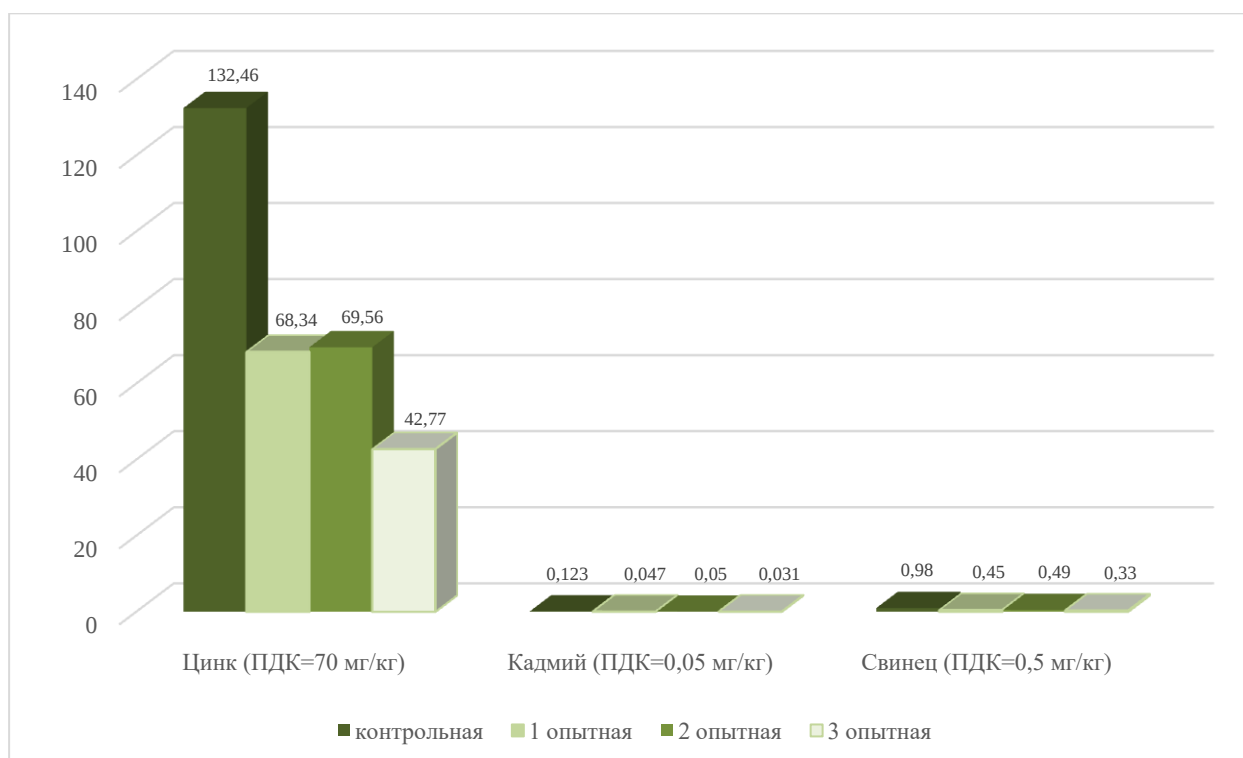


Рисунок 4. Концентрация солей тяжелых металлов в образцах мяса бычков, мг/кг
Figure 4. Concentration of heavy metal salts in bull meat samples, mg/kg

В связи с этим образцы их мяса против животных контрольной группы имели в своем составе массовую долю цинка (Zn) ниже в 3,10 раза ($P<0,05$); свинца (Pb) – в 2,97 раза ($P<0,05$) и кадмия (Cd) – в 3,97 раза ($P<0,05$). Причем в составе образцов говядины от животных 3 опытной группы присутствие солей указанных элементов во всех случаях не превышало значений ПДК.

Выводы: 1. Установлено, что при повышенном содержании солей ТМ в состав рационов откармливаемых бычков для повышения эффективности детоксикации указанных токсичных соединений следует совместно включать адсорбент «Трилон Б» в количестве 1 г/100 кг и антиоксидант «Сантофлекс» в количестве 500 г/т комбикорма, что содействует повышению их мясной продуктивности.

2. За счет совместного скормливания апробируемых препаратов у животных 3 опытной группы произошло повышение пищевой и биологической ценности мяса, что относительно контрольных аналогов проявилось в достоверном ($P<0,05$) повышении массовой доли сухого вещества на 1,29%, белка – на 1,02% и значения белково-качественного показателя (БКП) – на 10,27% соответственно.

3. Показано, что в образцах мяса бычков 3 опытной группы против животных контрольной группы произошло снижение массовой доли цинка (Zn) в 3,10 раза ($P<0,05$); свинца (Pb) – в 2,97 ($P<0,05$) и кадмия (Cd) – в 3,97 раза ($P<0,05$). Причем в составе образцов говядины от животных 3 опытной группы присутствие солей указанных элементов во всех случаях не превышало значений ПДК.

Список литературы

1. Эффективность мультиэнзимных комплексов и пробиотика в рационах откормочного молодняка свиней / В. Р. Каиров, М. С. Газзаева, З. А. Караева, З. Г. Рамонова, А. Ч. Кабанов // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 1. С. 56–61. EDN: TLOAJB
2. Технологические свойства молока коров при использовании хелатного соединения в их рационах / Р. Б. Темираев, З. Т. Баева, Н. Г. Тер-Терьян, А. А. Газдаров, Л. Р. Теблоева // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 5. С. 56. EDN: KZWSUJ
3. Сравнительная оценка качества мяса бычков, откармливаемых в техногенной зоне / Э. С. Дзодзиева, М. Г. Кокаева, Р. Б. Темираев, Г. А. Абрамова, Д. О. Гурчиева // Мясная индустрия. 2015. № 2. С. 46–48. EDN: VQCZAZ
4. Загрязнение тяжелыми металлами: как обезопасить свинину / Р. Темираев, Э. Хамицаева, Т. Туаева, В. Гасиева // Комбикорма. 2008. № 4. С. 70.
5. Особенности рубцового метаболизма коров при детоксикации ксенобиотиков / З. Т. Баева, В. В. Тедтова, М. Г. Кокаева, С. И. Кононенко, Г. К. Василиади, З. З. Туаева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 4. С. 115–119. EDN: UZBUWL
6. Баева З. Т., Дзодзиева Э. С., Цопанова З. Я. Сравнительная оценка мясной продуктивности бычков разных пород в условиях предгорной зоны РСО – Алания // Устойчивое развитие горных территорий. 2011. Том 3. №4. С. 89–91. EDN: RABEGL
7. Способ повышения эколого-пищевых качеств молока и молочных продуктов / А. В. Ярмоц, Р. Б. Темираев, Л. А. Витюк, М. Г. Кокаева, З. К. Плиева // Новые технологии. 2013. №3. С. 128–134. EDN: RPZVPV
8. Морфологические и биохимические показатели крови бычков герефордской породы при детоксикации тяжелых металлов в кормах / В. В. Тедтова, З. Т. Баева, Э. С. Дзодзиева, З. А. Смелков, З. Я. Цопанова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 3. С. 127–130. EDN: RCDGLZ
9. Повышение пищевой ценности мяса бройлеров и колбасы «Дорожная» / А. В. Каиров, Р. Б. Темираев, З. Т. Баева, Э. С. Дзодзиева, В. Г. Паючек, А. В. Туганов // Мясная индустрия. 2020. № 7. С. 10–13. EDN: ONJCBS
10. Действие антиоксиданта на хозяйственно-полезные признаки и активность пищеварительных энзимов цыплят-бройлеров / В. Х. Темираев, А. В. Каиров, Р. Х. Гадзаонов, А. А. Баева, Л. А. Витюк, М. К. Кожоков, Р. В. Осикина // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 4. С. 106–110. EDN: YRLMRV
11. Хозяйственно-биологические показатели бройлеров при скормливания пробиотика и антиоксидантов / В. Х. Вороков, А. А. Столбовская, А. А. Баева, Ю. С. Гусова // Труды Кубанского ГАУ. 2011. № 33. С. 119–123. EDN: OOHGPN

12. Изучение переваримости и усвояемости питательных веществ рациона лактирующих коров при скармливании адсорбента и антиоксиданта / З. В. Бурнацева, Р. Б. Темираев, М. Г. Кокаева, З. Т. Баева, З. К. Плиева, С. Ф. Ламартон // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 1 (23). С. 103–108. EDN: QCJCFV

13. Овсянников А. И. Основы опытного дела в животноводстве. Москва: Колос. 1976. 304 с.

References

1. Kairov V.R., Gazzaeva M.S., Karaeva Z.A., Ramonova Z.G., Kabanov A.Ch. The effectiveness of multienzyme complexes and probiotics in diets of fattening young pigs. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2015;52(1):56–61. (In Russ.). EDN: TLOAJB
2. Temiraev R.B., Baeva Z.T., Ter-Teryan N.G., Gazdarov A.A., Tebloeva L.R. Technological properties of milk received from the cows fed with feeds supplemented with the chelate compound. *Cheesemaking and buttermaking*. 2009;(5):56. (In Russ.). EDN: KZWSUJ
3. Dzodzieva E.S., Kokaeva M.G., Temiraev R.B., Abramova G.A., Gurtsieva D.O. Comparative assessment of the quality of meat from bulls fed in the technogenic zone. *Meat industry journal*. 2015;(2):46–48. (In Russ.). EDN: VQCZAZ
4. Temiraev R., Khamitsaeva E., Tuaeva T., Gasieva V. Pollution with heavy metals: how to protect pork. *Kombikorma*. 2008;(4):70. (In Russ.).
5. Baeva Z.T., Tedtova V.V., Kokaeva M.G., Kononenko S.I., Vasiliadi G.K., Tuaeva Z.Z. Peculiarities of ruminal metabolism of cows when detoxification of xenobiotics. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2015;52(4):115–119. (In Russ.). EDN: UZBUWL
6. Baeva Z.T., Dzodzieva E.S., Tsopanov Z.Ya. Comparative assessment of meat productivity of bulls of different breeds in the conditions of the foothill zone of North Ossetia – Alania. *Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy*. 2011;3(4):89–91. (In Russ.). EDN: RABEGL
7. Yarmots A.V., Temiraev R.B., Vityuk L.A., Kokaeva M.G., Plieva Z.K. Methods for increasing environmental and food qualities of milk and dairy products. *New technologies*. 2013;(3):128–134. (In Russ.). EDN: RPZVPV
8. Tedtova V.V., Baeva Z.T., Dzodzieva E.S., Smelkov Z.A., Tsopanov Z.Ya. Morphological and biochemical indexes in blood of Hereford bulls during detoxication of heavy metals in forages. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2013;50(3):127–130. (In Russ.). EDN: RCDGLZ
9. Kairov A.V., Temiraev R.B., Baeva Z.T., Dzodzieva E.S., Payuchek V.G., Tuganov A.V. An increase in the nutritional value of broiler meat and sausage “Dorozhnaya”. *Meat industry journal*. 2020;(7):10–13. (In Russ.). EDN: ONJCBS
10. Temiraev V.Kh., Kairov A.V., Gadzaonov R.Kh., Baeva A.A., Vityuk L.A., Kozhokov M.K., Osikina R.V. Effect of antioxidant on economically useful characteristics and digestive enzymes activity of broilers. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2018;55(4):106–110. (In Russ.). EDN: YRLMRV
11. Vorokov V.Kh., Stolbovskaya A.A., Baeva A.A., Gusova Yu.S. Economic and biological indicators of broilers when fed probiotics and antioxidants. *Proceedings of the Kuban state agrarian university*. 2011;(33):119–123. (In Russ.). EDN: OOHGPN
12. Burnatseva Z.V., Temiraev R.B., Kokaeva M.G., Baeva Z.T., Plieva Z.K., Lamarton S.F. Study of the digestibility and assimilation of nutrients in the diet of lactating cows when feeding an adsorbent and an antioxidant. *Innovations and food security*. 2019;1(23):103–108. (In Russ.). EDN: QCJCFV
13. Ovsyannikov A.I. *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* [Fundamentals of experimental work in animal husbandry]. Moscow: Kolos. 1976. 304 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Кастуева Дина Ахсаровна – аспирант 3 года обучения кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4905-0233

Тедтова Виктория Викторовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии продуктов общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», SPIN-код: 4061-5436

Баева Зарина Темболатовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии продуктов общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», SPIN-код: 3365-1476

Бобылева Лариса Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры педагогического образования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», SPIN-код: 4634-0683

Information about authors

Dina A. Kastueva – 3rd year postgraduate student of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 4905-0233

Victoria V. Tedtova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Food Technology, North Caucasus Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), SPIN-code: 4061-5436

Zarina T. Baeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Food Technology, North Caucasus Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), SPIN-code: 3365-1476

Larisa A. Bobyleva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Teacher Education, North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, SPIN-code: 4634-0683

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 20.11.2023;
одобрена после рецензирования 04.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 20.11.2023;
approved after reviewing 04.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

Научная статья

УДК 637.12.04/.07:636.084

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-53-63

Влияние препаратов антиоксидантов на физико-химические и технологические свойства молока коров при денитрификации

Марина Гурамовна Кокаева^{✉1}, Залина Казбековна Плиева²,**Рустем Борисович Темираев³, Диана Артуровна Марзоева⁴**^{1,2,3}Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), улица Николаева, 44, Владикавказ, Россия, 362025³Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040^{3,4}Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова, улица Ватутина, 46, Владикавказ, Россия, 362021^{✉1}k-marina85@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4882-1012>²zalina_plieva78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9641-0141>³temiraevev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1011-141x>⁴marzoeva.diana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9785-5985>

Аннотация. В практике кормления молочного скота в последние десять-пятнадцать лет в качестве эффективных денитрифицирующих кормовых добавок стали применять антиоксидантные препараты, которые, наряду с антиоксидантными свойствами, обладают также и детоксикационными качествами. Цель исследований – изучить эффективность использования в составе рационов лактирующих коров с субтоксической дозой нитратов в качестве денитрифицирующих кормовых добавок антиоксидантов Мультиокс и Эритокс для повышения физико-химических и технологических свойств их молока. Установлено, что для оптимизации физико-химических и технологических свойств молока в рационы лактирующих коров с субтоксической дозой нитратов целесообразно вводить совместно антиоксиданты Мультиокс в дозе 50 г/т и Эритокс в дозе 125 г/т комбикорма. При этом в образцах молока коров, получавших в составе основного рациона антиоксидант Мультиокс в дозе 50 г/т комбикорма и антиоксидант Эритокс в дозе 125 г/т комбикорма по сравнению с аналогами, получавшими основной рацион с субтоксической дозой нитратов, произошло достоверное ($P>0,95$) повышение массовой доли сухого вещества на 0,61%, жира – на 0,23%, белка – на 0,20%, концентрации казеина – на 0,34%, витамина А – на 50,6% и витамина С – на 65,5% при снижении нитратов – на 51,35% и нитритов – на 66,67%. При совместных добавках антиоксидантов в рационы в образцах осетинского сыра из молока животных, получавших в составе основного рациона антиоксидант Мультиокс в дозе 50 г/т комбикорма и антиоксидант Эритокс в дозе 125 г/т комбикорма, произошло снижение нитратов на 70,47% и нитритов – на 76,92%. Причем в составе образцов сыра из продукции животных, получавших в составе основного рациона антиоксидант Мультиокс в дозе 50 г/т комбикорма и антиоксидант Эритокс в дозе 125 г/т комбикорма, присутствие нитратов и нитритов не превышало значений предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: лактирующие коровы, нитраты, нитриты, антиоксиданты, молоко, физико-химические свойства, технологические качества, экологическая безопасность

Для цитирования. Кокаева М. Г., Плиева З. К., Темираев Р. Б., Марзоева Д. А. Влияние препаратов антиоксидантов на физико-химические и технологические свойства молока коров при денитрификации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 53–63. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-53-63

Original article

The influence of antioxidant preparations on the physicochemical and technological properties of cow's milk during denitrification

Marina G. Kokaeva^{✉1}, Zalina K. Plieva², Rustem B. Temiraev³,
Diana A. Marzoeva⁴

^{1,2,3}North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 44 Nikolaev Street, Vladikavkaz, Russia, 362025

³Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

^{3,4}North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, 46 Vatutin Street, Vladikavkaz, Russia, 362021

^{✉1}k-marina85@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4882-1012>

²zalina_plieva78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9641-0141>

³temiraev@jmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1011-141x>

⁴marzoeva.diana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9785-5985>

Abstract. In the practice of feeding dairy cattle over the past ten or fifteen years, antioxidant preparations have begun to be used as effective denitrifying feed additives, which, along with antioxidant properties, also have detoxifying properties. The purpose of the research is to study the effectiveness of using the antioxidants Multiox and Eritox in the diets of lactating cows with a subtoxic dose of nitrates as denitrifying feed additives to improve the physicochemical and technological properties of their milk. It has been established that in order to optimize the physicochemical and technological properties of milk, it is advisable to introduce jointly the antioxidants Multiox at a dose of 50 g/t and Erytox at a dose of 125 g/t of compound feed into the diets of lactating cows with a subtoxic dose of nitrates. At the same time, in milk samples from cows that received the antioxidant Multiox at a dose of 50 g/t of compound feed and the antioxidant Eritox at a dose of 125 g/t of compound feed as part of the main diet, compared with analogues that received the main diet with a subtoxic dose of nitrates, a significant ($P>0.95$) increase in the mass fraction of dry matter by 0.61%, fat – by 0.23%, protein – by 0.20%, casein concentration – by 0.34%, vitamin A – by 50.6% and vitamin C – by 65.5% with a decrease in nitrates – by 51.35% and nitrites – by 66.67%. With the combined addition of antioxidants to diets in samples of Ossetian cheese from the milk of animals that received the antioxidant Multiox at a dose of 50 g/t of feed and the antioxidant Eritox at a dose of 125 g/t of feed as part of the main diet, there was a decrease in nitrates by 70.47% and nitrites – by 76.92%. Moreover, in samples of cheese from animal products that received the antioxidant Multiox at a dose of 50 g/t of feed and the antioxidant Erytox at a dose of 125 g/t of feed as part of the main diet, the presence of nitrates and nitrites did not exceed the maximum permissible concentrations.

Keywords: lactating cows, nitrates, nitrites, antioxidants, milk, physicochemical properties, technological qualities, environmental safety

For citation. Kokaeva M.G., Plieva Z.K., Temiraev R.B., Marzoeva D.A. The influence of antioxidant preparations on the physicochemical and technological properties of cow's milk during denitrification. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):53–63. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-53-63

Введение. В современных условиях в соответствии с действующими санитарно-гигиеническими требованиями, предъявляемыми к качеству молочного сырья и продуктам ее переработки, острую опасность при

организации питания отечественного потребителя представляют токсичные соединения химической природы, прежде всего, нитраты и нитриты. Причем особенность данной проблемы при избыточном накоплении азоти-

стных веществ небелковой природы в молочном сырье заключается в том, что, с одной стороны, заметно снижается биолого-пищевая ценность и экологическая безопасность молочных продуктов питания, с другой же – нарастает их интоксикационное действие на процессы пищеварения и на общее состояние организма человека [1–4].

При попадании нитратов с кормами или с питьевой водой в организм сельскохозяйственных животных и птицы в избыточных концентрациях возникает токсическое проявление, которое особенно усиливается тогда, когда нитрат-ионы восстанавливаются под действием энзима нитратредуктазы в нитрит-ионы. Следствием этого становится преобразование части гемоглобина крови в метгемоглобин за счет превращения двухвалентного железа в трехвалентное при окислении. Это приводит к неспособности метгемоглобина в легких связывать кислород и к проявлению гипоксии. При этом угнетается деятельность рубцовой микрофлоры, ингибируется биосинтез витаминов А, Е, С, В₁ и В₂, а также подавляется синтез молочного белка и жира, что ухудшает физико-химические и технологические свойства молочной продукции [5–8].

В практике кормления молочного скота в последние десять-пятнадцать лет в качестве эффективных денитрифицирующих кормовых добавок стали применять антиоксидантные препараты, которые, наряду с антиоксидантными свойствами, обладают также и детоксикационными качествами. Они предотвращают миграцию токсичных веществ, в том числе нитратов и нитритов, из кормовых средств в организме лактирующих коров и молочную продукцию. Эти препараты связывают в пищеварительном тракте указанные токсины и выводят их из организма молочных животных. Причем рынок новых и эффективных препаратов антиоксидантов в нашей стране ежегодно растет, поэтому следует умело подбирать их с учетом сочетаемости для эффективной денитрификации [9–11].

Цель исследования – изучить эффективность использования в составе рационов лактирующих коров с субтоксической дозой нитратов в качестве денитрифицирующих кормовых добавок антиоксидантов Мультиокс и Эритрокс для повышения физико-химических и технологических свойств их молока.

Материалы, методы и объекты исследования. Для достижения поставленной цели на базе молочной фермы СПК «Весна» Дигорского района (РСО – Алаания) был поставлен научно-производственный опыт. Объектами исследований явились лактирующие коровы черно-пестрой породы. Из них сразу после отела по принципу аналогов сформировали 4 группы по 10 голов в каждой. Продолжительность эксперимента составила 305 дней лактации при схеме кормления подопытных животных, показанной в таблице 1.

Таблица 1. Схема кормления подопытных коров в ходе опыта

Table 1. Feeding scheme for experimental cows during the experiment

n=10

Группа	Особенности кормления животных
Контрольная	Основной рацион с субтоксической дозой нитратов (ОР)
1 опытная	ОР + антиоксидант Мультиокс в дозе 50 г/т комбикорма
2 опытная	ОР + антиоксидант Эритрокс в дозе 125 г/т комбикорма
3 опытная	ОР + антиоксидант Мультиокс в дозе 50 г/т комбикорма + антиоксидант Эритрокс в дозе 125 г/т комбикорма

Кормление коров сравниваемых групп осуществляли летними и зимними рационами, сбалансированными в соответствии с действующими нормами питания РАСХН, но при наличии в их составе субтоксической дозы нитратов. Для этого средние образцы кормов, отбираемых ежемесячно, подвергались химическому анализу. По их результатам содержание нитратов ни в одном образце ни разу не превысило предельно допустимых концентраций (ПДК). С учетом этого для обеспечения субтоксической дозировки нитратов в применяемых рационах подопытных коров всех групп включали нитрат натрия (NaNO₃) из расчета 0,03 г/кг живой массы животного [12].

По общепринятым методикам ежемесячно проводили индивидуальные контрольные удои подопытных коров. В соответствии с требованиями ГОСТ 31449-2013 в образцах

молока животных сравниваемых групп изучали физико-химические и технологические свойства¹.

Цифровой материал, полученный в ходе эксперимента, был статистически обработан на персональном компьютере (ПК) по критерию Стьюдента.

Результаты исследований. Были изучены основные физические показатели молока коров сравниваемых групп. Установлено, что в молоке по показателю кислотности (17,88-17,98) между коровами контрольной и опытных групп статистически достоверных ($P < 0,95$) различий не было. Самой высокой плотностью отличались образцы молока коров 3 опытной группы ($28,71^0\text{A}$), достоверно

($P > 0,95$) опередивших по данному показателю аналогов из контрольной группы ($27,70^0\text{A}$) на $1,01^0\text{A}$. При этом по параметрам кислотности и плотности образцы молока животных всех групп в соответствии с требованиями ГОСТ 13264-70 были отнесены к I сорту.

Известно, что показатель плотности молока напрямую зависит от его химического состава. Поэтому для оценки влияния испытуемых антиоксидантов Мультиокс и Эри-токс в качестве денитрификаторов на пищевую и биологическую ценность продукции изучили химический состав молока коров и распределение в нем казеина и сывороточных белков (рис. 1).

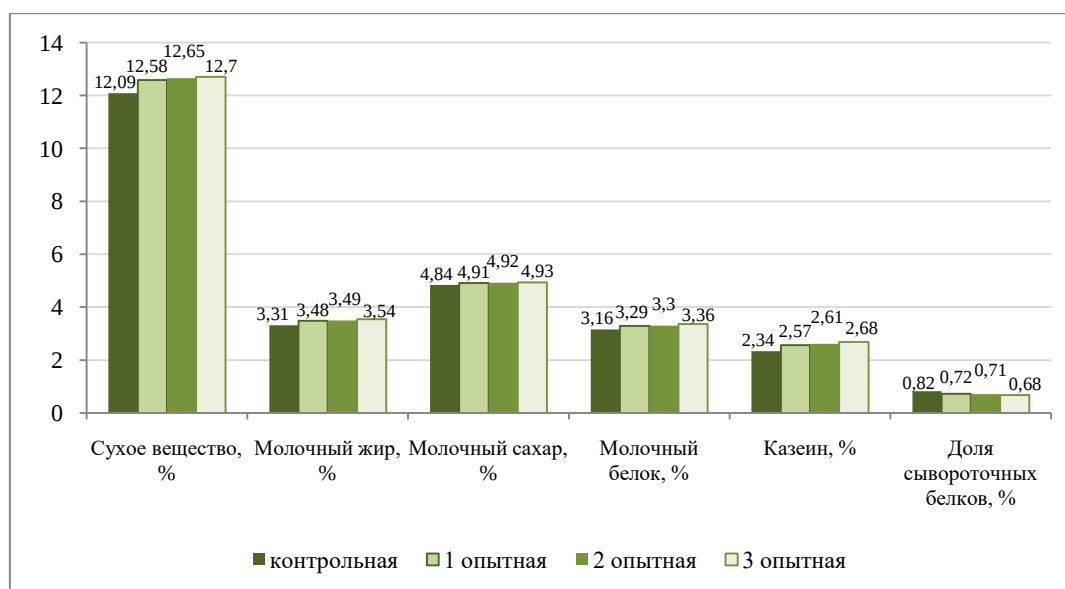


Рисунок 1. Химический состав молока коров и соотношение казеина и сывороточных белков в нем
Figure 1. Chemical composition of cow's milk and the ratio of casein and whey proteins in it

Как показано, при совместном включении в состав рационов с субтоксической дозой нитратов обоих антиоксидантов образцы молока скота 3 опытной группы по сравнению с контрольными аналогами достоверно ($P > 0,95$) обогатились массовой долей сухого вещества на 0,61%, жира – на 0,23% и белка – на 0,20% при отсутствии статистических ($P < 0,95$) различий по концентрации молочного сахара.

При оценке денитрифицирующих свойств испытуемых препаратов важно было изучить распределение молочного белка между истинным молочным белком – казеином и сывороточными белками, так как от этого зависит биологическая ценность продукции и выход сырной массы. Так, благодаря синергизму действия препаратов антиоксидантов у коров 3 опытной группы содержалось больше казеина на 0,34% ($P > 0,95$), но меньше сывороточных белков – на 0,18% ($P > 0,95$) по сравнению с животными контрольной группы. Показано, что между этими фракциями молочного белка в образцах продукции ко-

¹ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. Технические условия.

ров сравниваемых групп существовала обратная биологическая зависимость.

Следует четко обозначить, что в ходе денитрификации благодаря синергизму действия между антиоксидантами Мультиокс и Эритокс лучшими показателями пищевой и

биологической ценности отличалась молочная продукция коров 3 опытной группы. Главным подтверждением сказанного является то, как в молоке животных сравниваемых групп распределены были группы азотистых веществ небелковой природы (рис. 2).

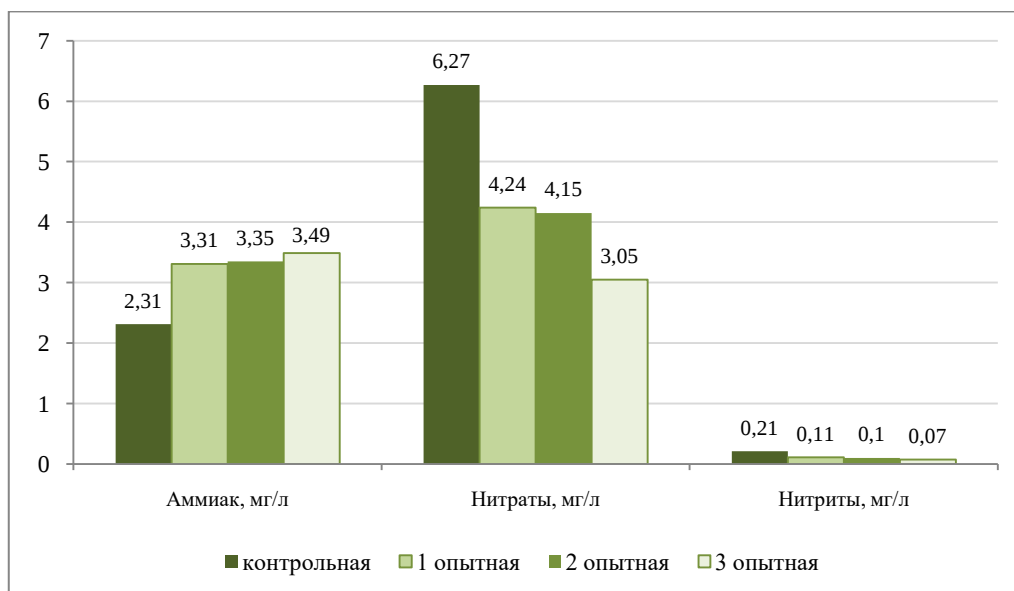


Рисунок 2. Содержание групп небелковых азотистых веществ в молоке коров
Figure 2. Content of groups of non-protein nitrogenous substances in cow's milk

Установлено, что синергизм действия испытуемых препаратов оказал влияние на состав продукции коров. В результате этого продукция коров 3 опытной группы отличалась меньшим содержанием нитратов на 51,35% ($P>0,95$) и нитритов – на 66,67% ($P>0,95$), но больше аммиака – на 51,08% ($P>0,95$) по сравнению с пробами молока коров контрольной группы. Установлена отрицательная зависимость между содержанием нитратов и нитритов в молоке и концентрацией аммиака, что обусловлено трансформацией в молоке нитратов и нитритов под денитрифицирующими свойствами испытуемых антиоксидантов в аммиак, который улетучивается, содействуя, тем самым, повышению экологической безопасности получаемой молочной продукции.

При использовании в качестве детоксикантов нитратов и нитритов двух антиоксидантов следовало изучить содержание в молоке подопытных коров витаминов А и С (рис. 3), обладающих антиоксидантными свойствами.

Установлено, что благодаря совместным добавкам препаратов антиоксидантов в рационы с субтоксической дозой нитратов у коров 3 опытной группы произошло улучшение антиоксидантных качеств молока, что относительно продукции коров контрольной группы проявилось в достоверном ($P>0,95$) увеличении массовой доли витамина А на 50,6% и витамина С – на 65,5%.

Нами было определено влияние испытуемых препаратов на сыропригодность молока (готовили образцы осетинского сыра) подопытного молочного скота (рис. 4) и диаметр мицелл казеина (рис. 5), от которого зависит выход сырной массы.

За счет лучшей денитрификации под влиянием совместного скармливания антиоксидантов лучшими технологическими свойствами отличалось молоко коров 3 опытной группы, что в сравнении с продукцией животных контрольной группы проявилось в достоверном ($P>0,95$) увеличении диаметра мицелл казеина на 98°А, массовой доли α -казеина – на 3,72% при одновременном понижении количества γ -казеина – на 3,97% ($P>0,95$).

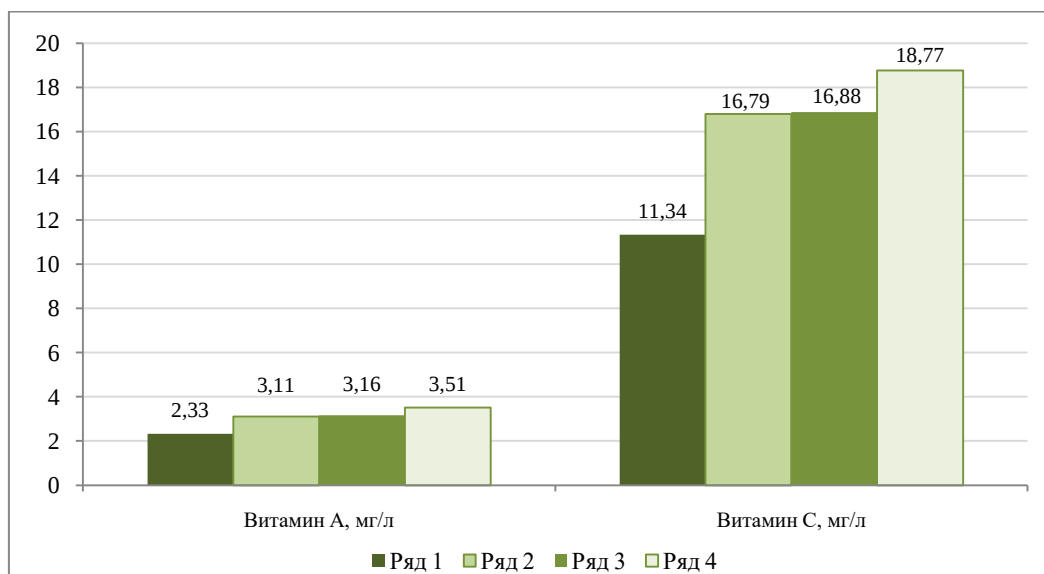


Рисунок 3. Содержание витаминов А и С в молоке подопытных коров
Figure 3. Content of vitamins A and C in the milk of experimental cows

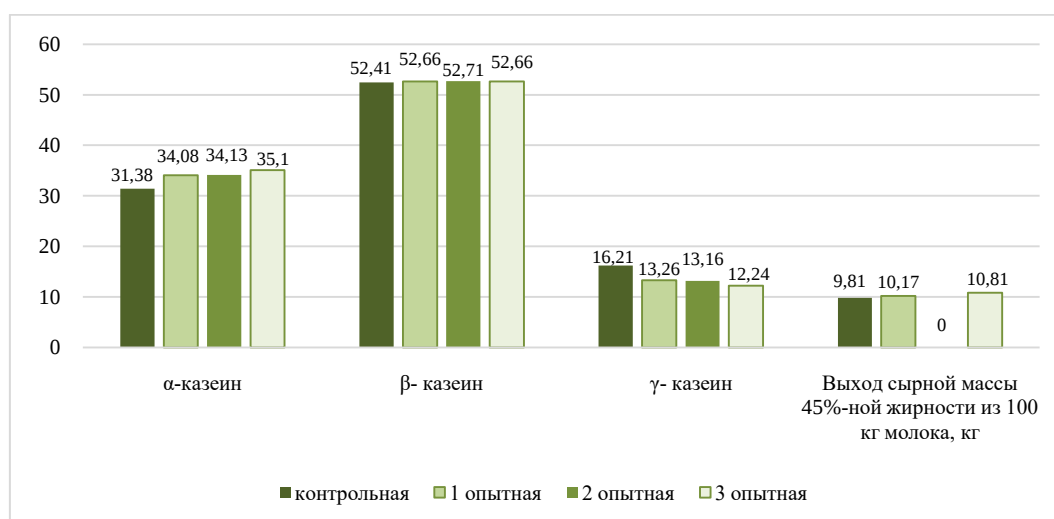


Рисунок 4. Исследования сыропригодности молока подопытных коров
Figure 4. Studies on the cheese suitability of milk from experimental cows

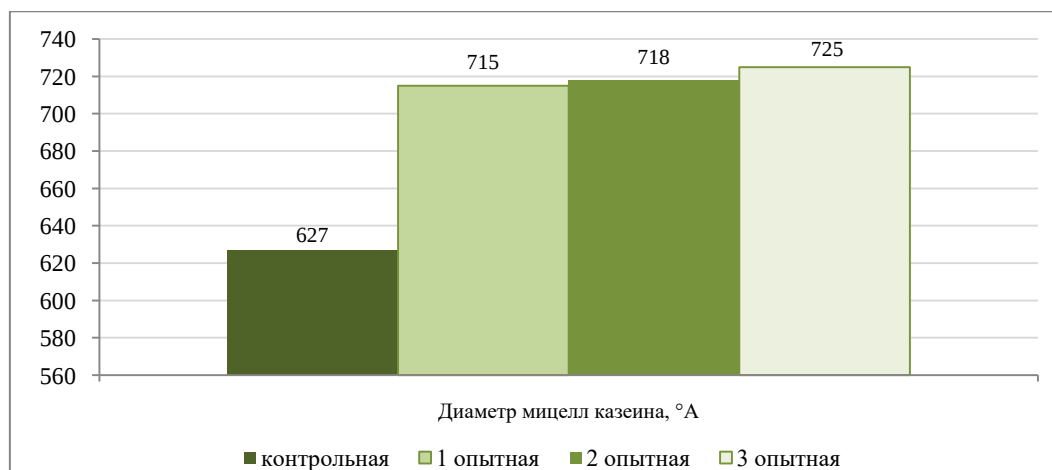


Рисунок 5. Изучение диаметра мицелл казеина молока коров
Figure 5. Study of the diameter of cow milk casein micelles

По продолжительности створаживания молочная продукция от коров всех групп была нами отнесена ко II (желательному) типу, но при этом молочное сырье животных 3 опытной группы створаживалось на 7,4 мин. быстрее, чем продукция контрольной группы коров.

С учетом указанных технологических параметров выход сырной массы из 100 кг мо-

лочного сырья самым высоким был у 3 опытной группы, достоверно ($P>0,95$) опередив по этому показателю контроль на 10,19%.

В качестве косвенного показателя технологических свойств молока подопытных коров использовали распределение фракций азота в образцах осетинского сыра (рис. 6).

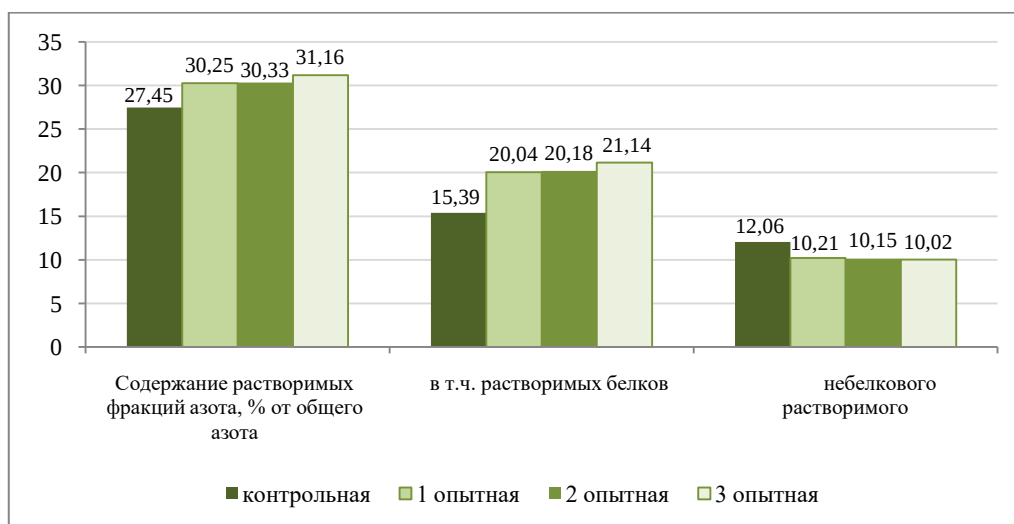


Рисунок 6. Присутствие фракций азота в образцах осетинского сыра

Figure 6. Presence of nitrogen fractions in samples of Ossetian cheese

Установлено, что благодаря совместным добавкам препаратов антиоксидантов в рационы с субтоксической дозой нитратов у коров 3 опытной группы наблюдалось лучшее распределение фракций азота в образцах готовой продукции, по сравнению с контрольной. У животных 3 опытной группы наблюдалось увеличение массовой доли общего азота на 3,71% ($P>0,95$), в том числе азота растворимых белков – на 5,75%. При

этом происходило одновременное сокращение массовой доли небелкового растворимого азота – на 2,04% ($P>0,95$).

В настоящее время в процессе созревания сыров при хранении в течение 45 суток внимание уделяется экологической безопасности, оценка которой проводится по концентрации нитратов и нитритов в образцах готовой продукции (рис. 7) из молочного сырья коров.

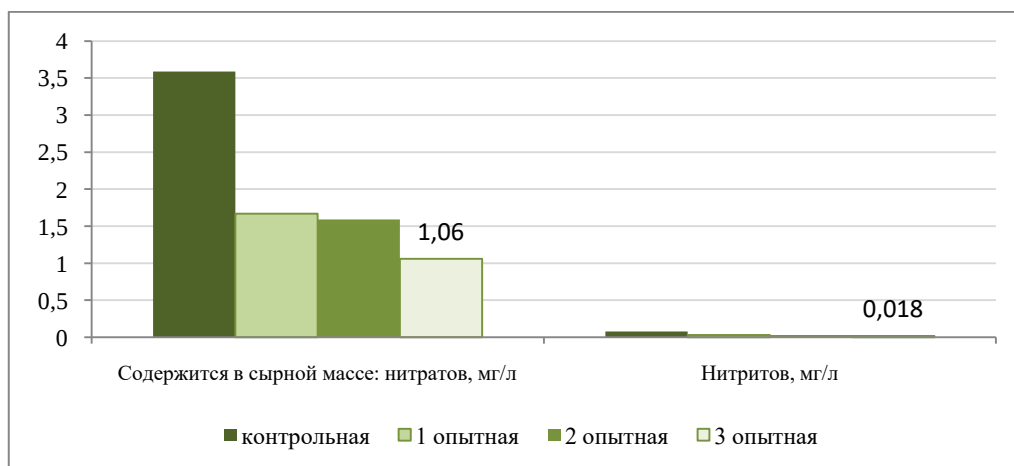


Рисунок 7. Концентрация нитратов и нитритов в образцах осетинского сыра

Figure 7. Concentration of nitrates and nitrites in samples of Ossetian cheese

Из данных рисунка 7 видно, что за счет синергизма денитрифицирующего действия при совместных добавках антиоксидантов Мультиокс и Эритокс в рационы с субтоксической дозой нитратов в образцах осетинского сыра из молока животных 3 опытной группы обеспечивается достоверное снижение фракций нитратов на 70,47% ($P>0,95$) и нитритов – на 76,92% ($P>0,95$) по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует о высоком уровне денитрифицирующего действия совместных добавок указанных препаратов антиоксидантов и способствует повышению экологической безопасности образцов осетинского сыра.

Выводы: 1. Для оптимизации физико-химических и технологических свойств молока в рационы лактирующих коров с субтоксической дозой нитратов целесообразно вводить совместно антиоксиданты Мультиокс в дозе 50 г/т и Эритокс в дозе 125 г/т комбикорма.

2. За счет синергизма денитрифицирующего действия при совместном скормливания указанных антиоксидантов в образцах молока коров 3 опытной группы по сравнению с контрольными аналогами произошло существенное повышение массовой доли сухого

вещества на 0,61% ($P>0,95$), жира – на 0,23% ($P>0,95$), белка – на 0,20% ($P>0,95$), концентрации казеина – на 0,34% ($P>0,95$), витамина А – на 50,6% и витамина С – на 65,5% при достоверном ($P>0,95$) снижении нитратов – на 51,35% и нитритов – на 66,67%.

3. За счет лучшей денитрификации под влиянием совместного скормливания антиоксидантов лучшими технологическими свойствами отличалось молоко коров 3 опытной группы, что в сравнении с продукцией животных контрольной группы выразилось в достоверном ($P>0,95$) увеличении диаметра мицелл казеина на 98°А, массовой доли α -казеина – на 3,72%, выхода сырной массы из 100 кг молочного сырья – на 10,19%.

4. При совместных добавках антиоксидантов в рационы с субтоксической дозой нитратов в образцах осетинского сыра из молока животных 3 опытной группы относительно образцов сыра из продукции коров контрольной группы произошло достоверное ($P>0,95$) снижение фракций нитратов на 70,47% и нитритов – на 76,92%. Причем в составе образцов сыра из продукции животных 3 опытной группы присутствие нитратов и нитритов не превышало значений ПДК.

Список литературы

1. Цагараева Е. Ф., Гаппоева В. С. Биологические ресурсы организма цыплят-бройлеров в условиях повышенного фона нитратов // Актуальные проблемы современной науки: материалы международного форума. Самара, 2005. С. 175–176.
2. Биолого-продуктивные ресурсы лактирующих коров при денитрификации / М. Г. Кокаева, З. К. Плиева, Р. Б. Темираев, Д. О. Гурчиева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 111. С. 1596–1608. EDN: UMAPYD
3. Буяков Н. П., Хазин Д. А. Нитраты в рационах жвачных и профилактика нитратных отравлений // Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития. Москва, 1993. № 1. С. 30–39. EDN: ZMXDPL
4. Бурнацева З. В., Гурчиева Д. О., Кокаева М. Г. Способ улучшения морфологического и биохимического состава крови коров при нитратных нагрузках на организм // Перспектива-2017: материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет. 2017. Том I. С. 229–232.
5. Влияние хелатного соединения на морфологические и биохимические показатели крови коров / Р. Б. Темираев, З. Т. Баева, А. В. Музаева, Н. Г. Тер-Терьян, И. А. Аришина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 21. С. 140–143. EDN: RDJHKX
6. Изучение переваримости и усвояемости питательных веществ рациона лактирующих коров при скормливания адсорбента и антиоксиданта / З. В. Бурнацева, Р. Б. Темираев, М. Г. Кокаева, З. Т. Баева, З. К. Плиева, С. Ф. Ламартон // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 1 (23). С. 103–108. EDN: QCJCFV
7. Влияние антиоксиданта и адсорбента на морфологические и биохимические показатели крови коров при нарушении экологии питания / Р. Б. Темираев, З. Т. Баева, М. Г. Кокаева, И. В. Кочиева, З. В. Бурнацева // Научная жизнь. 2017. № 11. С. 82–89. EDN: YROJHA

8. Кокаева М. Г., Гурчиева Д. О., Бурнацева З. В. Влияние антиоксиданта на рубцовый метаболизм коров при детоксикации нитратов // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. Краснодар, 2017. Т. 6. № 2. С. 178–183. EDN: ZDYINB
9. Влияние антиоксидантов на продуктивность и некоторые гематологические показатели коров при денитрификации / С. И. Кононенко, М. Г. Кокаева, З. Т. Баева, Р. В. Осикина, Л. В. Цалиева, Д. О. Гурчиева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 4. С. 153–157. EDN: UZBUZN
10. Действие антиоксидантов на переваримость и усвояемость питательных веществ рациона коров / Р. Б. Темираев, В. В. Тедтова, З. Т. Баева, Г. К. Василиади, М. Г. Кокаева, Д. О. Гурчиева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 4. С. 150–155. EDN: XDYYIH
11. Ярмоц Л. П., Ярмоц Г. А. Использование биологически активных веществ в рационах лактирующих коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2017. № 11. С. 39–45. EDN: ZRNM CZ
12. Технологические свойства молока коров при использовании хелатного соединения в их рационах / Р. Б. Темираев, Н. Г. Тер-Терьян, А. А. Газдаров, Л. Р. Тебloeва // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 5. С. 47–49. EDN: KZWSUJ

References

1. Tsagaraeva E.F., Gappoeva V.S. Biological resources of the body of broiler chickens under conditions of increased nitrate levels. *Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki: materialy mezhdunarodnogo foruma* [Current problems of modern science: materials of the international forum]. Samara, 2005. Pp. 175–176.
2. Kokaeva M.G., Plieva Z.K., Temiraev R.B., Gurtsieva D.O. Biological and productive resources of lactating cows during denitrification. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Nauchnyy zhurnal KubGAU]. 2015;(111):1596–1608. EDN: UMAPYD
3. Buryakov N.P., Khazin D.A. Nitrates in ruminant diets and prevention of nitrate poisoning. *Agropromyshlennoye proizvodstvo: opyt, problemy i tendentsii razvitiya*. 1993;(1):30–39. EDN: ZMXDPL
4. Burnatseva Z.V., Gurtsieva D.O., Kokaeva M.G. A method for improving the morphological and biochemical composition of the blood of cows under nitrate loads on the body. *Perspektiva-2017: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Perspective-2017: materials of the International scientific conference of students, graduate students and young scientists]. Nalchik: Kabardino-Balkarian State University, 2017. Vol. I. Pp. 229–232.
5. Temiraev R.B., Baeva Z.T., Muzaeva A.V. The influence of chelate compounds on the morphological and biochemical parameters of the blood of cows. *Proceedings of the Kuban state agrarian university*. 2009;6(21):140–144.
6. Burnatseva Z.V., Temiraev R.B., Kokaeva M.G., Baeva Z.T., Plieva Z.K., Lamarton S.F. Study of the digestibility and assimilation of nutrients in the diet of lactating cows when feeding an adsorbent and an antioxidant. *Innovations and food security*. 2019;1(23):103–108. EDN: QCJCFV
7. Temiraev R.B., Baeva Z.T., Kokaeva M.G., Kochieva I.V., Burnatseva Z.V. The influence of antioxidant and adsorbent on the morphological and biochemical parameters of the blood of cows in violation of nutritional ecology. *Nauchnaa zizn'* [Scientific Life]. 2017;(11):82–89. EDN: YROJHA
8. Kokaeva M.G., Gurtsieva D.O., Burnatseva Z.V. Antioxidant effect on the rumen metabolism in cows when detoxification of nitrates. *Nauchnyye osnovy povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: sb. nauch. tr. Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva* [Scientific basis for increasing the productivity of farm animals: a collection of scientific papers of the North Caucasus Research Institute of Animal Husbandry]. Krasnodar, 2017. Т. 6. No. 2. Pp. 178–183. EDN: ZDYINB
9. Kononenko S.I., Kokaeva M.G., Baeva Z.T., Osikina R.V., Tsaliyeva L.V., Gurtsieva D.O. The effect of antioxidants on cows' productivity and some hematological indices when denitrification. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2015;52(4):15–157. EDN: UZBUZN
10. Temiraev R.B., Tedtova V.V., Baeva Z.T., Vasiliadi G.K., Kokaeva M.G., Gurtsieva D.O. Effect of antioxidants on cows' digestibility and accessibility of their diet nutrients. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2016;53(4):150–155. EDN: XDYYIH

11. Yarmots L.P., Yarmots G.A. The use of biologically active substances in the diets of lactating cows. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2017;(11):39–45. EDN: ZRNMCZ
12. Temiraev R.B., Ter-Teryan N.G., Gazdarov A.A., Tebloeva L.R. Technological properties of milk received from the cows fed with feeds supplemented with the chelate compound. *Cheesemaking and buttermaking*. 2009;(5):47–49. EDN: KZWSUJ

Сведения об авторах

Кокаева Марина Гурамовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», SPIN-код: 2824-6006

Плиева Залина Казбековна – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», SPIN-код: 8538-0857

Темираев Рустем Борисович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; профессор кафедры технологии продуктов общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»; профессор кафедры анатомии, физиологии и ботаники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», SPIN-код: 1887-4867

Марзоева Диана Артуровна – аспирант 2 года обучения кафедры анатомии, физиологии и ботаники Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», SPIN-код: 3449-8995

Information about authors

Marina G. Kokaeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), SPIN-code: 2824-6006

Zalina K. Plieva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), SPIN-code: 8538-0857

Rustem B. Temiraev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Gorsky State Agrarian University; Professor of the Department of Technology of Public Food Products North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Botany North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, SPIN-code: 1887-4867

Diana A. Marzoeva – 2nd year postgraduate student of the Department of Anatomy, Physiology and Botany North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, SPIN-code: 3449-8995

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 27.11.2023;
одобрена после рецензирования 08.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 27.11.2023;
approved after reviewing 08.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

Научная статья

УДК 636.2:636.082.2

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-64-69

Особенности белкового обмена в организме молодняка крупного рогатого скота при двух-трехпородном скрещивании

Елена Анатольевна Никонова^{✉1}, Владимир Иванович Косилов²,
Юсупжан Артыкович Юлдашбаев³, Вячеслав Григорьевич Борулько⁴

^{1,2}Оренбургский государственный аграрный университет, ул. Челюскинцев, 18, Оренбург,
Россия, 460014

^{3,4}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127434

^{✉1}nikonovaea84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

²kosilov_vi@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

³zoo@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

⁴v.borulko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3221-3567>

Аннотация. В статье приведены данные по изучению обмена азота в организме чистопородного и помесного молодняка крупного рогатого скота, полученного при скрещивании коров молочного направления с быками разного генотипа. Объектами исследования являлись бычки, бычки-кастраты и телки следующих генотипов: I группа – чёрно-пёстрая порода, II группа – $\frac{1}{2}$ голштин $\times$ $\frac{1}{2}$ чёрно-пёстрая, III группа – $\frac{1}{2}$ симментал $\times$ $\frac{1}{4}$ голштин $\times$ $\frac{1}{4}$ чёрно-пёстрая, IV группа – $\frac{1}{2}$ лимузин $\times$ $\frac{1}{4}$ голштин. В цели и задачи исследования входило изучение особенностей белкового обмена в организме чистопородных и помесных животных по обмену азота в организме. При этом определяли количество поступившего с кормом азота, выделенного с калом и мочой, переваренного азота, количество отложенного в теле (продукции) и коэффициенты использования азота. Установлено, что помесный молодняк отличался более высоким коэффициентом использования азота от принятого и от переваренного. Чистопородные животные уступали двухпородным помесным животным голштинской породы по величине первого показателя на 0,19-0,99%, второго – на 0,12-0,71%, трёхпородным симментальским помесам чистопородные бычки уступали на 1,37-1,51% и 0,97-1,37% соответственно, трёхпородным помесам лимузинской породы соответственно – на 0,27-1,19% и 0,22-0,97%. При этом наибольшей эффективностью использования азота характеризовались трёхпородные помеси с симменталами. Установлено влияние пола на баланс азота в организме подопытных животных. Так, установлено, что бычки превосходили телок и бычков-кастратов по поступлению азота с кормом в организм на 8,7-12,7% и 3,3-5,6%, переваренному азоту – 10,5-17,5% и 2,7-6,7%, по количеству отложенного азота в теле (продукции) – на 29,6-35,2% и 10,2-17,4%. При этом телки уступали бычкам-кастратам по величине анализируемого показателя. В результате проведенных исследований было установлено, что на эффективность белкового обмена существенное влияние оказывает генетический фактор.

Ключевые слова: скотоводство, черно-пестрая порода, скрещивание, помеси с голштинами, симменталами, лимузинами, баланс азота, белковый обмен

Для цитирования. Никонова Е. А., Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Борулько В. Г. Особенности белкового обмена в организме молодняка крупного рогатого скота при двух-трехпородном скрещивании // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023 № 4(42). С. 64–69. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-64-69

Original article

Features of protein metabolism in the body of young cattle during two- or three-breed crossing

Elena A. Nikonova^{✉1}, Vladimir I. Kosilov²,
Yusupzhan A. Yuldashbaev³, Vyacheslav G. Borulko⁴

^{1,2}Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev street, Orenburg, Russia, 460014

^{3,4}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Street, Moscow, Russia, 127434

^{✉1}nikonovaea84@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

²kosilov_vi@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

³zoo@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

⁴v.borulko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3221-3567>

Abstract. The article presents data on the study of nitrogen metabolism in the body of purebred and crossbred young cattle obtained by crossing dairy cows with bulls of different genotypes. The object of the study were bulls, steers-castrates and heifers of the following genotypes: group I – black-and-white breed, group II – $\frac{1}{2}$ Holstein $\times$ $\frac{1}{2}$ x black-and-white, group III – $\frac{1}{2}$ Simmental $\times$ $\frac{1}{4}$ Holstein $\times$ $\frac{1}{4}$ black-and-white, group IV – $\frac{1}{2}$ limousine $\times$ $\frac{1}{4}$ holstein. The goals and objectives of the study included the study of the characteristics of protein metabolism in the body of purebred and crossbred animals in terms of nitrogen metabolism in the body. At the same time, the amount of nitrogen received with feed, excreted with feces and urine, digested nitrogen, the amount deposited in the body (production) and nitrogen utilization factors were determined. It was found that the crossbred young stock had a higher nitrogen utilization rate compared to the adopted and overcooked. Purebred animals were inferior to two-breed hybrid animals of the Holstein breed in terms of the value of the first indicator by 0.19-0.99%, the second – by 0.12-0.71%, purebred bull-calves were inferior to three-breed Simmental crossbreeds by 1.37-1.51% and 0.97-1.37%, respectively, to three-breed hybrids of the Limousin breed, respectively – by 0.27-1.19 and 0.22-0.97%. At the same time, three-breed crossbreeds with Simmentals were characterized by the highest efficiency of nitrogen use. The effect of sex on the nitrogen balance in the body of experimental animals was established. So it was found that bulls were superior to heifers and bulls-castrates in terms of nitrogen intake with feed into the body by 8.7-12.7% and 3.3-5.6%, digested nitrogen - 10.5-17.5% and 2.7-6.7%, by the amount of deposited nitrogen in the body (products) – by 29.6-35.2% and 10.2-17.4%. At the same time, heifers were inferior to calves-castrates in terms of the value of the analyzed indicator. As a result of the studies, it was found that the efficiency of protein metabolism is significantly influenced by the genetic factor.

Keywords: cattle breeding, black-and-white breed, crossbreeding, crossbreeds with Holsteins, Simmentals, Limousins, nitrogen balance, protein metabolism

For citation. Nikonova E.A., Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Borulko V.G. Features of protein metabolism in the body of young cattle with two- or three-breed crossing. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):64–69. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-64-69

Введение. В течение всей жизни в организме животных происходят процессы ассимиляции и диссимиляции, то есть обмен белков. Белковая фракция кормов рациона при попадании в желудочно-кишечный тракт подвергается действию ферментов и расщепляется до аминокислот и полипептидов, в дальнейшем в составе крови переносятся к органам и тканям, формируют пластический

материал и участвуют в синтезе различных биологических веществ. Обмен белков в организме животного рассчитывается по балансу азота и разности азота белков корма и выделенного с калом и мочой. У растущих животных интенсивность отложения в теле азота служит косвенным показателем прогнозирования продуктивных качеств коров. Многочисленными исследованиями уста-

новлено, что данный признак у животных наследственно обусловлен [1]. В связи с этим использование в промышленном скрещивании скота с высокой интенсивностью отложения в теле азота позволяет повысить эффективность использования белка кормового рациона и повысить производство мясной продуктивности [2–8].

Цель исследования – изучить особенности белкового обмена в организме чистопородных животных черно-пестрой породы и их двух-трёхпородных помесей с голштинами, симменталами и лимузинами.

Материал, методы и объекты исследования. Объектами исследований являлись помесный молодняк разного генотипа, на основе которых сформированы 4 группы телок и 8 групп бычков по 15 животных в каждой следующих генотипов в пределах каждой половой группы: I – чёрно-пёстрая порода, II – $\frac{1}{2}$ голштинская $\times$ $\frac{1}{2}$ $\times$ чёрно-пёстрая, III – $\frac{1}{2}$ симментальская $\times$ $\frac{1}{4}$ голштинская $\times$ $\frac{1}{4}$ чёрно-пёстрая, IV – $\frac{1}{2}$ лиму-

зинская $\times$ $\frac{1}{4}$ голштинская. Кастрация части (50%) бычков проводилась в 3-месячном возрасте.

Рационы подопытных животных составлялись в соответствии с детализированными нормами кормления, исходя из имеющихся кормов в хозяйстве, в зависимости от возраста и сезона года (Калашников А. П. и др., 2003) [9].

Переваримость питательных веществ рациона изучали на основании балансовых опытов по методике ВИЖа (А. И. Овсянников, 1976) [10].

Результаты исследования. Установлено, что группы подопытных животных характеризовались различными показателями поедаемости кормов. Так, большей поедаемостью кормов отличались помесные животные, что и обусловило большее поступление питательных веществ, в частности азота, в организм по сравнению с животными контрольной группы (табл. 1).

Таблица 1. Баланс азота у подопытных животных, г ($X \pm m_x$)
Table1. Nitrogen balance in experimental animals, g ($X \pm m_x$)

Пол	Группа	Показатель						
		поступило с кормом	выделено с калом	переварено	выделено с мочой	отложено в теле (продукция)	коэффициент использования, %	
							от принятого	от переваренного
бычки	I	183,28 $\pm$ 2,34	65,70 $\pm$ 1,43	117,58 $\pm$ 0,86	90,94 $\pm$ 1,08	26,64 $\pm$ 0,48	14,54	22,66
	II	186,34 $\pm$ 2,43	65,99 $\pm$ 1,26	120,35 $\pm$ 0,93	92,22 $\pm$ 1,14	28,13 $\pm$ 0,42	15,10	23,37
	III	201,36 $\pm$ 2,14	67,46 $\pm$ 1,29	133,90 $\pm$ 1,01	101,72 $\pm$ 1,04	32,18 $\pm$ 0,52	16,05	24,03
	IV	194,67 $\pm$ 2,26	67,82 $\pm$ 1,31	126,85 $\pm$ 0,97	96,59 $\pm$ 1,32	30,26 $\pm$ 0,48	15,54	23,85
телки	I	165,5 $\pm$ 2,24	65,4 $\pm$ 0,98	100,1 $\pm$ 2,11	80,8 $\pm$ 1,35	19,3 $\pm$ 0,32	11,66	19,28
	II	171,5 $\pm$ 2,51	62,6 $\pm$ 1,15	108,9 $\pm$ 2,22	87,2 $\pm$ 1,45	21,7 $\pm$ 0,41	12,65	19,93
	III	180,8 $\pm$ 2,54	64,2 $\pm$ 1,35	116,6 $\pm$ 1,95	92,8 $\pm$ 1,41	23,8 $\pm$ 0,46	13,16	20,41
	IV	172,7 $\pm$ 2,62	61,6 $\pm$ 1,19	111,1 $\pm$ 1,89	88,6 $\pm$ 1,40	22,5 $\pm$ 0,44	13,03	20,25
бычки-кастраты	I	175,89 $\pm$ 1,89	62,58 $\pm$ 1,25	113,31 $\pm$ 2,18	88,78 $\pm$ 1,01	24,53 $\pm$ 0,36	13,95	21,65
	II	180,45 $\pm$ 2,11	63,23 $\pm$ 1,36	117,22 $\pm$ 2,42	91,70 $\pm$ 1,11	25,52 $\pm$ 0,38	14,14	21,77
	III	190,66 $\pm$ 2,15	65,19 $\pm$ 1,11	125,47 $\pm$ 2,34	98,05 $\pm$ 0,89	27,42 $\pm$ 0,31	14,33	21,87
	IV	187,78 $\pm$ 2,09	65,65 $\pm$ 1,25	122,13 $\pm$ 2,39	95,42 $\pm$ 0,98	26,71 $\pm$ 0,29	14,22	21,85

Так, бычки черно-пёстрой породы уступали полукровным голштинским помесям по количеству поступившего азота на 3,6 г (7,7%), у телок данный показатель составил – 6,0 г (3,6%), а у бычков-кастратов – 4,56 г (2,6%). Подопытные животные черно-пестрой породы уступали трёхпородным

симментальским помесям соответственно – на 18,08 г (9,9%), 15,3 г (9,2%), 14,77 г (8,4%), а трёхпородным помесям лимузинской породы – на 11,39 г (6,2%), 7,2 г (4,4%), 11,89 г (8,8%).

При этом полукровные голштинские помеси уступали трёхпородным симменталь-

ским и лимузинским помесям по поступлению азота в организм с кормом. Различие между сравниваемыми группами составило по бычкам – 15,02 г (8,1%) и 8,3 г (4,5%), по телкам – 9,3 г (5,4%) и 1,2 г (0,7%), по бычкам-кастратам – 10,21 г (5,7%) и 7,33 г (4,1%). Среди трехпородных помесей наибольшее поступление азота с кормом выявлено у помесей симментальской породы, преимущество которых над трехпородными помесями составляло соответственно 6,69 г (3,4%), 8,1 г (4,7%), 2,88 г (1,55%).

Установлено, что у двух-трёхпородных помесей наблюдается лучшее переваривание азота по сравнению с остальными группами.

Так, полукровные голштинские помеси превосходили чистопородных сверстников черно-пёстрой породы по массе переваренного азота, которая составила по бычкам 2,77 г (2,4%), по телкам – 8,8 г (8,8%), по бычкам-кастратам – 3,91 г (3,5%). Преимущество трёхпородных помесей над животными I группы по величине переваренного азота было достоверным и составило по бычкам – 16,32 (13,9%) и 9,27 г (7,9%), по телкам – 16,5 г (16,5%) и 1,0 г (11,0%), по бычкам-кастратам – 12,6 г (10,7%) и 8,82 г (7,8%). Установлено, что полукровные голштинские помеси уступали по массе переваренного азота трёхпородным помесям симментальской и лимузинской пород соответственно на 13,32 г (11,1%) и 6,5 г (5,4%), 7,7 г (7,1%) и 2,2 г (2,0%), 8,25 г (7,0%) и 4,91 г (4,2%).

Помесные животные независимо от пола по сравнению с чистопородными животными контрольной группы характеризовались большим выделением азота с калом и мочой, что отразилось на отложении в теле (продукция) азота. Так, у полукровных голштинских помесей по отложению в теле азота на 0,49 г (1,8%), у телок различие между группами составило 1,4 г (6,9%), а у бычков-кастратов – 0,99 г (4,0%). Чистопородные животные черно-пёстрой породы уступали трехпородным симментальским помесям – на 4,54 г (16,4%), 3,5 г (17,2%), 2,89 г (11,8%) и трехпородным помесям лимузинской породы – на 2,62 г (9,5%), 2,2 г (10,8%), 2,18 г (8,9%) соответственно.

При этом трехпородные помеси превосходили двухпородных помесных сверстни-

ков по этому признаку по бычкам на 2,13-4,05 г (7,6-14,4%) по телкам – на 0,8-2,1 г (3,7-9,7%), по бычкам-кастратам – на 1,19-1,90 г (4,7-7,4%).

Установлено, что группы подопытного помесного молодняка отличались более высоким коэффициентом использования азота от принятого и от переваренного. Чистопородные черно-пестрые бычки уступали полукровным помесям голштинской породы по величине первого показателя на 0,56%, второго – на 0,71%, телки – на 0,99% и 0,65%, бычки-кастраты – на 0,19% и 0,12% соответственно, трёхпородным симментальским помесям чистопородные бычки уступали на 1,51% и 1,37%, телки – 1,5% и 1,13%, бычки-кастраты – на 1,37% и 0,97%, трёхпородным помесям лимузинской породы соответственно – на 1,0% и 1,19%, 1,37% и 0,97%, 0,27% и 0,22%. При этом наибольшей эффективностью использования азота характеризовались трехпородные помеси с симменталами. Их преимущество над трехпородными помесями с лимузинами по коэффициенту использования азота от принятого по бычкам составляло 0,51%, телкам – 0,13%, бычкам-кастратам – 0,11%, по коэффициенту использования азота от переваренного – на 1,0%, 0,16%, 0,02% соответственно.

Установлено влияние пола на баланс азота в организме подопытных животных. Так бычки превосходили телок и бычков-кастратов по поступлению азота с кормом в организм на 14,84-21,97 г (8,7-12,7%) и 5,89-10,7 г (3,3-5,6%), переваренному азоту – на 11,45-17,48 г (10,5-17,5%) и 3,13-8,43 г (2,7-6,7%), по количеству отложенного азота в теле (продукции) – на 6,43-8,38 г (29,6-35,2%) и 2,61-4,76 г (10,2-17,4%).

При этом телки уступали бычкам-кастратам по величине анализируемого показателя на 8,86-15,08 г (5,5-6,3%), 8,32-13,21 г (7,6-13,2%), 3,62-4,23 г (15,2-20,3%) соответственно.

Вывод. Промышленное скрещивание коров черно-пёстрой породы с быками лимузинской, симментальской, голштинской пород позволяет повысить обменные процессы и способствует более интенсивному отложению азота в организме помесных животных и лучшему его использованию на синтез мясной продукции.

Список литературы

1. Левахин В. И., Косилов В. И., Салихов А. А. Эффективность промышленного скрещивания в скотоводстве // Молочное и мясное скотоводство. 1992. № 1. С. 9–11. EDN: STBFAL
2. Буряков Н. П., Алешин Д. Е. Молочная продуктивность и баланс азота у коров при разном уровне зерна люпина в составе комбикормов // Зоотехния. 2018 № 1 С. 16–20. EDN: YPJZHI
3. Microbiological supplements for the metabolic rate correction in calves / I.N. Mikolaichik [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020 Т. 11, № 2. Р. 11A02S. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.39. EDN: RUBTOO
4. Переваримость питательных веществ и обмен энергии в организме бычков при использовании рационов, содержащих «защищенный» жир / В. А. Рязанов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2017 № 2 (98). С. 114–119. EDN: YTOCQT
5. Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feeding / L. Morozova [et al.] // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Т. 12 № Suppl.ry 1 Pp. 2181–2190. DOI:10.31838/ijpr/2020.SP1.319. EDN: RCHYBK
6. Influence of protein concentrate in the diet on productivity and amino acid composition of cow milk / N.P. Buryakov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 12057 DOI:10.1088/1755-1315/341/1/012057. EDN: POFPMZ
7. Харитонов Е. Л. Физиология и биохимия питания молочных коров. Боровск: Оптима Пресс, 2011. 372 с. EDN: QLCIMP
8. Харламов А. В., Мирошников А. М., Тихонов А. А. Переваримость основных питательных веществ и характер использования энергии рационов бычками красной степной, симментальской и казахской белоголовой при откорме на барде // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 1(75). С. 56–60. EDN: OZYXHL
9. 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.
10. Овсянников А. И. Основы опытного дела в животноводстве. Москва: Колос, 1976. 304 с.

Referensis

1. Levakhin V.I., Kosilov V.I., Salikhov A.A. Efficiency of industrial crossing in cattle breeding. *Dairy and meat cattle breeding*. 1992;(1): 9–11. (In Russ.). EDN: STBFAL
2. Buryakov N.P., Aleshin D.E. Milk yield and nitrogen balance in cows with different levels of lupine grain in compound feeds. *Zootekniya*. 2018;(1):16–20. (In Russ.). EDN: YPJZHI
3. Microbiological supplements for the metabolic rate correction in calves. I.N. Mikolaichik [et al.]. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2020;11(2):11A02S. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.39. EDN: RUBTOO
4. Ryazanov V.A. [et. al.]. Digestibility of nutrients and energy metabolism in body of bulls at use of diets containing "protected" fat. *Herald of beef cattle breeding*. 2017;2(98):114–119. (In Russ.). EDN: YTOCQT
5. Morozova L. [et al.] Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feeding. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020;12(Suppl.ry 1):2181–2190. DOI:10.31838/ijpr/2020.SP1.319. EDN: RCHYBK
6. Buryakov N.P. [et al.] Influence of protein concentrate in the diet on productivity and amino acid composition of cow milk. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019 P. 12057. DOI:10.1088/1755-1315/341/1/012057. EDN: POFPMZ
7. Kharitonov E.L. *Fiziologiya i biokhimiya pitaniya molochnykh korov* [Physiology and biochemistry of nutrition of dairy cows]. Borovsk: Optima Press, 2011. 372 p. (In Russ.). EDN: QLCIMP
8. Xarlamov A.V., Miroshnikov A.M., Tixonov A.A. Digestibility of main nutrients and the nature of energy use of diets by red steppe, Simmental and Kazakh white-headed bulls when fattening on stillage. *Herald of beef cattle breeding*. 2012;1(75):56–60. (In Russ.). EDN: OZYXHL
9. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoye posobiye. 3-ye izdaniye pererabotannoye i dopolnennoye* [Norms and rations for feeding farm animals. Reference manual. 3rd edition revised and expanded / Ed. A.P. Kalashnikova, V.I. Fisinina, V.V. Shcheglova, N.I. Kleimenova. Moscow, 2003 456 p. (In Russ.).
10. Ovsyannikov A.I. *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* [Fundamentals of experimental work in animal husbandry. Moscow: Kolos, 1976. 304 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Никонова Елена Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 2666-2600, Scopus ID: 57221966491

Косилов Владимир Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1802-6176, Scopus ID: 57202281770

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

Борулько Вячеслав Григорьевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», SPIN-код: 9252-5835

Information about the authors

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

Vladimir I. Kosilov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Orenburg State Agrarian University", SPIN-code: 1802-6176, Scopus ID: 57202281770

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

Vyacheslav G. Borulko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technosphere Safety, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, SPIN-code: 9252-5835

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 17.11.2023;
одобрена после рецензирования 05.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 17.11.2023;
approved after reviewing 05.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

Научная статья

УДК 636.2:636.084

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-70-76

Потери энергии корма при пищеварении у крупного рогатого скота в разных условиях кормления

Муаед Алиевич Шалов^{✉1}, Мурат Назирович Туганов², Галина Николаевна Глотова³

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

³Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, ул. Костычева, 1, Рязань, Россия, 390044

^{✉1}muaed.shalov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5889-0187>

²m.tuganov07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5261-2116>

³galka270280@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4957-3661>

Аннотация. В результате воздействия ферментных систем микроорганизмов в преджелудках жвачных происходит распад углеводов корма с образованием уксусной, пропионовой, масляной и других жирных кислот. Наряду с жирными кислотами в результате брожения углеводов в преджелудках образуется значительное количество газов. Часть газообразных продуктов – метан и водород – содержат энергию. Образование метана означает потерю энергии переваримых питательных веществ. За сутки у коров образуется 350–450 л метана, а у молодняка крупного рогатого скота образование метана постепенно возрастает, что связано со становлением преджелудочного пищеварения. Целью исследования было определение потерь энергии рационов различной структуры при ферментации у коров и молодняка крупного рогатого скота по соотношению летучих жирных кислот (ЛЖК) и по количеству и соотношению газов рубца, собранных масочным методом и в респирационной камере. Установлено, что у бычков, которым в качестве единственного корма скармливали сено тимopheевки или силос из овса с горохом, или солому ячменную, потери энергии корма при ферментации достигают 22–23,5%, а при использовании сбалансированных рационов 25% от энергии переваримых питательных веществ рациона.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, структура рациона, ферментация корма, летучие жирные кислоты, газы рубца, камера, потери энергии корма

Для цитирования. Шалов М. А., Туганов М. Н., Глотова Г. Н. Потери энергии корма при пищеварении у крупного рогатого скота в разных условиях кормления // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 70–76. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-70-76

Original article

Loss of feed energy during digestion in cattle in different conditions of feeding

Muaed A. Shalov^{✉1}, Murat N. Tuganov², Galina N. Glotova³

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

³Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva, 1 Street Kostychev, Ryazan, Russia, 390044

^{✉1}muaed.shalov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5889-0187>

²m.tuganov07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5261-2116>

³galka270280@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4957-3661>

Abstract. In the proventriculus of ruminants, as a result of the action of enzyme systems of microorganisms, the breakdown of feed carbohydrates occurs with the formation of acetic, propionic, butyric and other fatty acids. Along with fatty acids, as a result of the fermentation of carbohydrates in the forestomach, a significant amount of gases is formed. Some of the gaseous products – methane and hydrogen – contain energy. The formation of methane means a loss of energy from digestible nutrients. Cows produce 350-450 liters per day. methane, and in young cattle the formation of methane gradually increases, which is associated with the formation of pregastric digestion. The purpose of the study was to determine the energy losses of diets of various structures during fermentation in cows and young cattle by the ratio of volatile fatty acids (VFA) – and by the amount and ratio of rumen gases collected by the mask method and in the respiration chamber. It has been established that in bull calves fed timothy hay or oat and pea silage, or barley straw as the only feed, the loss of feed energy during fermentation reaches 22-23.5%, and when using balanced diets it is 25% of the energy of digestible nutrients. dietary substances.

Keywords: cattle, diet structure, feed fermentation, volatile fatty acids, rumen gases, chamber, feed energy loss

For citation. Shalov M.A., Tuganov M.N., Glotova G.N. Loss of feed energy during digestion in cattle. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):70–76. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-70-76

Введение. Преджелудочное пищеварение у жвачных отличается более глубоким распадом углеводов и протеина корма по сравнению с гидролитическим расщеплением питательных веществ у моногастричных животных [1–3].

В результате воздействия ферментных систем микроорганизмов углеводы корма (клетчатка, крахмал, сахара) распадаются с образованием уксусной, пропионовой, масляной и ряда других низкомолекулярных жирных кислот. При этом часть энергии углеводов используется микроорганизмами. Из одного моля глюкозы образуется два моля уксусной кислоты, или два моля пропионовой кислоты, или моль масляной кислоты. Следует лишь подчеркнуть, что при синтезе уксусной кислоты теряется 36%, а при синтезе масляной кислоты – 19% энергии исходного субстрата. Синтез пропионовой кислоты происходит с приращением энергии. В зависимости от структуры рациона соотношение между синтезом отдельных кислот значительно изменяется, следовательно, и суммарные потери энергии корма будут непостоянными. При расщеплении клетчатки идет преимущественный синтез уксусной кислоты и метана, при ферментации крахмала образуется значительная часть пропионовой кислоты [4].

Часть газообразных продуктов ферментации питательных веществ в преджелудках – метан и водород – содержат энергию. Образование метана означает потерю энергии пе-

реваримых питательных веществ. За сутки у коров образуется 350-450 л метана, а у молодняка крупного рогатого скота образование метана постепенно возрастает, что связано со становлением преджелудочного пищеварения [5]. Неточный учет потерь энергии корма на ферментацию искажает общую картину энергетического обмена у крупного рогатого скота.

Цель исследования – определение потерь энергии рационов различной структуры при ферментации у коров и молодняка крупного рогатого скота по соотношению летучих жирных кислот (ЛЖК) и по количеству и соотношению газов рубца, собранных масочным методом и в респираторной камере.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в условиях вивария Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания животных (ВНИИФБиП) на 6 коровах симментальской породы, 3-4 отела с живой массой 500 – 520 кг и суточным удоем 22-24 кг молока и бычках на откорме с живой массой 150-200 кг. и приростом 800-900 г/сутки. Рацион кормления коров включал в себя (кг): злаково-разнотравное сено – 6, вико-овсянный силос – 30, комбикорм К-60 – 7,5, травяной муки – 3, и содержал ЭКЕ-19,4, ОЭ-194 МДж, переваримого протеина – 2400 г, сырой клетчатки – 4353 г, кальция – 196 г, фосфора – 114 г и соответствовал нормам Федерального ис-

следовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста. Рацион бычков состоял из тех же кормов, но имел другую структуру по питательности, в зависимости от периода опыта.

Проведены исследования балансов энергии у коров и у растущих бычков. При этом валовую энергию корма, молока, кала и мочи определяли прямым методом – сжиганием проб в адиабатическом калориметре. Суточную теплопродукцию животных определяли по легочному газообмену – масочным методом. Для расчета потерь энергии корма при

ферментации предложен метод на основе определения соотношения уксусной, пропионовой и масляной кислот в рубцовой жидкости, с использованием коэффициентов потерь энергии для суммарных биохимических реакций [6].

Результаты исследования. Было установлено, что у бычков, которым в качестве единственного корма скармливали сено тимopheевки или силос из овса с горохом или солому ячменную, потери энергии корма при ферментации достигают 22-23,5% от энергии переваримых питательных веществ.

Таблица 1. Баланс энергии у бычков при низком уровне кормления, МДж
Table 1. Energy balance in bulls at a low feeding level, MJ

Показатели	Сено тимopheевки (средняя ж. м. бычков – 200 кг.)	Силос овса с горохом (средняя ж.м бычков – 156 кг.)	Солома ячменная (средняя ж.м. бычков – 158 кг.)
Валовая энергия	94,8±6,7	46,0±1,8	37,7±0,4
Потери энергии			
с калом	36,9± 2,2	22,3± 0,9	21,5 ± 1,0
с мочой	2,3± 0,1	1,9 ± 0,3	1,1 ± 0,1
при ферментации	13,4 ± 1,3	5,4 ± 0,3	4,0 ± 0,8
с теплопродукцией	37,1± 3,2	15,7 ± 1,1	10,4 ± 1,1
Энергия в приросте	5,1 ± 0,9	0,7 ± 0,5	(-1,0)

Особенностью такого типа кормления является преимущественное (90%) переваривание питательных веществ корма в преджелудках за счет ферментных систем микроорганизмов (табл. 2). При скармливании сена на синтез 73,08 моля уксусной кислоты необходимо 36,54 моля гексоз; на синтез пропионовой кислоты – 7,47 моля гексоз; на синтез масляной кислоты – 11,98 моля, или из 100 молей гексоз на синтез уксусной кислоты расходуется 64,95%; пропионовой – 13,46%; масляной – 21,59%. Следовательно, если условно все вещества, участвующие в ферментации, представить гексозами, то потери энергии на синтез ЛЖК составляют для данного примера:

$$(64,95 \times 36) + (-13,46 \times 10) + (21,59 \times 19) = 26,44\%$$

Для рациона, состоящего из силоса овса с горохом:

$$(70,44 \times 36) + (-18,85 \times 10) + (10,71 \times 19) = 25,50\%$$

Для рациона, состоящего из соломы ячменной:

$$(79,35 \times 36) + (-14,19 \times 10) + (6,46 \times 19) = 28,38\%$$

При использовании сбалансированных рационов, обеспечивающих прирост живой массы бычков свыше 1000 г в сутки, увеличивается количество потребляемого корма, изменяется распределение энергии корма: возрастает количество энергии в приросте, относительно снижаются потери энергии корма при ферментации в преджелудках (табл. 3, 4) [7–9].

В сбалансированных рационах прямые потери энергии корма при ферментации ниже, чем при использовании одних грубых кормов, кроме того они достаточно постоянны и составляют в среднем 22,45%.

Как следует из приведенных примеров, при расчете потерь энергии корма при ферментации в преджелудках по соотношению ЛЖК в рубцовой жидкости необходимо точно знать количество энергии питательных веществ, переваренных непосредственно в преджелудках. Использование для этой цели всей переваримой энергии корма приводит к ошибкам. Для сбалансированных рационов ошибки в расчетах возрастают.

Таблица 2. Соотношение ЛЖК в рубцовой жидкости у бычков и потери энергии корма при ферментации**Table 2.** The ratio of VFA in the scar fluid in bull calves and the loss of feed energy during fermentation

Корма	Соотношение ЛЖК, молярный процент			Потери при ферментации, % от энергии, переваренных в преджелудках
	C ₂ (уксусная)	C ₃ (пропионовая)	C ₄ (масляная)	
Сено тимopheевки	73,08±0,56	14,94±0,47	11,98±0,28	26,44
Силос из овса с горохом	74,49±0,48	19,85±0,30	5,66±0,32	25,50
Солома ячменная	82,00±0,93	14,66±0,37	3,34±0,30	28,38
В среднем				26,77±0,85

Таблица 3. Баланс энергии у бычков при использовании сбалансированных рационов, МДж**Table 3.** Energy balance in bulls when using balanced diets, MJ

Показатели	Структура рационов из натуральных кормов: грубые/концентраты, %			Структура рационов из гранулированных кормов: грубые/концентраты, %		
	60:40	50:50	40:60	60:40	50:50	40:60
Валовая энергия	110±3,4	113,6±4,1	118,7±1,9	120,6±4,4	136,8±6,0	140,8±4,8
Энергия кала	34,6±1,5	37,8±1,5	40,2±1,6	50,0±2,6	57,1±5,0	57,3±2,8
Энергия мочи	3,9±0,2	4,1±0,4	3,8±0,3	4,1±0,6	5,1±0,3	4,5±0,5
Потери энергии при ферментации	16,3±0,3	15,1±1,0	14,1±0,3	7,2±0,5	6,4±1,0	5,7±0,3
Теплопродукция	43,9±0,8	45,9±2,4	48,8±1,0	43,8±2,3	52,3±1,9	63,3±2,0
Энергия продукции	11,5±1,0	10,6±1,6	12,8±0,3	15,4±2,6	15,9±3,5	16,4±0,6

Таблица 4. Соотношение ЛЖК в рубцовой жидкости у бычков и потери энергии корма при ферментации**Table 4.** The ratio of VFA in the scar fluid in bull calves and the loss of feed energy during fermentation

Структура рационов, %		Соотношение ЛЖК, молярный процент			Потери при ферментации, % от энергии питательных веществ, переваренных в преджелудках
грубые	конц. корма	C ₂ (уксусная)	C ₃ (пропионовая)	C ₄ (масляная)	
60	40	65,23	21,81	12,96	23,22
50	50	62,91	22,85	14,24	22,56
50	50	61,42	21,80	16,78	22,52
40	60	58,92	26,45	14,63	21,04
Среднее		—	—	—	22,45±0,66

В связи с этим была изучена возможность прямого измерения потерь энергии при ферментации у коров путем сбора газов (CH₄ и CO₂), образующихся в желудочно-кишечном тракте. В опытах на лактирующих

коровах сбор газов, образующихся в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), проводили двумя способами: 1 – через фистулу рубца; 2 – в респираторной камере. Первый метод не позволяет полностью собрать газы пище-

варительного тракта, но он дает возможность определения соотношения между метаном и углекислым газом. В респирационной камере удастся определить абсолютное количество метана, образующегося в ЖКТ животных. Сочетание этих методов позволяет определить общее количество метана и углекислого

газа, образующегося за сутки в пищеварительном тракте животного. Зная калорийность метана и приняв энергетический эквивалент CO_2 равным 12 кДж/л, можно рассчитать фактические потери энергии корма при ферментации в пищеварительном тракте животного (табл. 5).

Таблица 5. Количество и соотношение газов в ЖКТ коров
Table 5. The amount and ratio of gases in the gastrointestinal tract of cows

Рационы по питательности, %			CH ₄ л/сутки	CO ₂ л/сутки	Соотношение CH ₂ /CO ₄ , %	Потери энергии с газами ЖКТ, МДж
сено, силос	трав. гр.-лы	конц-ты				
Сбор газов через фистулу рубца						
50	10	40	307±36	901±11	25,43/74,57	27,4±0,6
50	30	20	259±21	802±64	24,41/75,59	23,5,±0,9
Сбор газов в респирационной камере						
50	10	40	393±13	не учтено	—	29,5±0,6
50	50	—	257±10	не учтено	—	17,7 ± 0,5

При использовании методики дуоденального и илеоцекального анастомозов на этих коровах получены прямые данные по переваримости питательных веществ в различных отделах пищеварительного тракта для рационов разной структуры (табл. 6). Из данных таблицы видно, что при концентратном типе рационов в сложном желудке переварено 110,2, а при включении 30% гранул и

20% концентратов – 94,2 МДж. На безконцентратном рационе в сложном желудке переварено 53,2, а в толстом отделе кишечника – 14,5, что в сумме составляет 67,7 МДж. Таким образом, прямые потери энергии корма при ферментации достигают 24,86, 24,95 и 26,14% от переваримой энергии использованных рационов (табл. 7).

Таблица 6. Динамика энергии корма в ЖКТ коров, МДж
Table 6. Dynamics of feed energy in the gastrointestinal tract of cows, MJ

Показатели	Структура рационов, % по питательности		
	грубые, сочные – 50 конц. – 40 тр. мука – 10	грубые, сочные – 50 конц. – 20 тр. мука – 30	грубые, сочные – 50 тр. мука – 50
Валовая энергия корма (ВЭ)	224,7±10,2	224,2±10,0	218,1±7,7
Поступило в тонкий кишечник	114,5±4,4	130,0±4,3	165±7,8
Поступило в толстый кишечник	75,8±2,9	79,2±2,8	102,7±5,3
Выделено с калом	76,3±2,5	80,1±5,6	88,2±6,7
Переварено:			
В сложном желудке	110,2±4,4	94,2±6,1	53,2±5,1
В тонком кишечнике	38,7±6,1	50,8±3,4	62,2±2,5
В толстом кишечнике	(-0,5)	(-0,9)	14,5±1,4

Таблица 7. Прямые затраты корма при ферментации
Table 7. Direct feed costs during fermentation

Структура рационов, %			Переварено, МДж			Прямые потери энергии корма при ферментации	
грубые, сочные	трав. гранулы	конц-ты	в сложном желудке	в толстом кишечнике	всего	МДж	% прямых потерь
50	10	40	110,2±4,4	–	110,2±4,4	27,4±0,6	24,86
50	30	20	94,2±6,1	–	94,2±6,1	23,5±0,9	24,95
50	50	–	53,2±5,1	14,5±1,4	67,7±3,7	17,7±0,5	26,14
В среднем			–	–	–	–	25,3±0,4

Выводы. При кормлении крупного рогатого скота монокормами потери при ферментации, определенные расчетным способом, составили 22-23,5%, при использовании гранул – 21,7%, а при сбалансированных рационах – 22,45% от энергии переваримых пита-

тельных веществ. При определении прямых потерь с использованием методики анастомозов было установлено, что потери при ферментации составляют 25% от переваримой энергии рациона.

Список литературы

1. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебник. Санкт-Петербург: «Лань», 2015. 640 с.
2. Катбертсон Д., Смит Д. Потребность жвачных животных в питательных веществах и энергии / Перевод с англ. канд. с.-х. наук А. А. Яковлева; Под ред. и с предисл. акад. проф. А. П. Дмитроченко. Москва: Колос, 1968. 415 с.
3. Мак-Дональд П. и др. Питание животных / перевод с англ. канд. с.-х. наук А. А. Яковлева. Москва: Колос, 1970. 503 с.
4. Агафонов В. И. Физиологические потребности в энергетических и пластических субстратах и нормирование питания молочных коров с учётом доступности питательных веществ (справочное руководство) / В. И. Агафонов, Б. Д. Кальницкий, А. В. Лысов и др. Боровск: ВНИИФБ и П с.-х. животных, 2007. 124 с.
5. Шалов М. А. Газоэнергетический обмен у дойных коров при использовании рационов с различным соотношением кормов и уровнем кормления: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Боровск, 1996. 21 с.
6. Надальяк Е. А., Агафонов В. И. и др. Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных: методические указания, ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. Боровск, 1986. 56 с.
7. Буряков Н. П. Кормление высокопродуктивного молочного скота. Москва: Проспект, 2009. 416 с.
8. Кердяшов Н. Н. Биологические основы полноценного кормления высокопродуктивного молочного скота: монография. Пенза, 2009. 192 с.
9. Харитонов Е. Л., Агафонов В. И., Харитонов Л. В. Организация научно обоснованного кормления высокопродуктивного молочного скота: практические рекомендации. Боровск: ВНИИФБ и П с.-х. животных, 2008. 105 с.

References

1. Ryadchikov V.G. *Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhi-votnykh* [Basics of nutrition and feeding of agricultural animals]: *uchebnik*. Saint- Petersburg: «Lan'», 2015. 640 p. (In Russ.)
2. Cuthbertson D., Smith D. *Potrebnost' zhvachnykh zhivotnykh v pitatel'nykh veshchestvakh i energii* [Nutrient and energy requirements of ruminants]. Translation from English. Ph.D. agricultural Sciences A. A. Yakovleva; Ed. and with a preface. acad. prof. A. P. Dmitrochenko. Moscow: Kolos, 1968. 415 p. (In Russ.)
3. MacDonald P. [et al.]. *Pitaniye zhivotnykh*. [Animal nutrition]. Translation from English Ph.D. agricultural Sciences A.A. Yakovleva. Moscow: Kolos, 1970. 503 p. (In Russ.)
4. Agafonov V.I. [et al.]. *Fiziologicheskiye potrebnosti v energeticheskikh i plasticheskikh substratakh i normirovaniye pitaniya molochnykh korov s uchotom dostupnosti pitatel'nykh veshchestv (spravochnoye rukovodstvo)* [Physiological needs for energy and plastic substrates and rationing of nutrition of dairy cows

taking into account the availability of nutrients (reference guide)]. Borovsk: *Borovsk: VNIIFB i P s.-kh. zhivotnykh*, 2007. 124 p. (In Russ.)

5. Shalov M.A. *Gazoenergeticheskiy obmen u doynykh korov pri ispol'zova-nii ratsionov s razlichnym sootnosheniyem kormov i urovnem kormleniya* [Gas-energy metabolism in dairy cows when using diets with different feed ratios and feeding levels]: *avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*. Borovsk, 1996. 21 p. (In Russ.)

6. Nadalyak E.A., Agafonov V.I. [et al.]. *Izucheniye obmena energii i energeti-cheskogo pitaniya u sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Study of energy metabolism and energy nutrition in farm animals]: *metodicheskiye ukazaniya*, VNII fiziologii, biokhimii i pitaniya s.-kh. zhivotnykh. Borovsk, 1986. 56 p. (In Russ.)

7. Buryakov N.P. *Kormleniye vysokoproduktivnogo molochnogo skota* [Feeding highly productive dairy cattle]. Moscow: Prospekt, 2009. 416 p.

8. Kerdyashov N.N. *Biologicheskiye osnovy polnotsennogo kormleniya vysoko-produktivnogo molochnogo skota* [Biological foundations of adequate feeding of highly productive dairy cattle]: *monografiya*. Penza, 2009. 192 p. (In Russ.)

9. Kharitonov E.L., Agafonov V.I., Kharitonov L.V. *Organizatsiya nauchno obosnovannogo kormleniya vysokoproduktivnogo molochnogo skota* [Organization of scientifically based feeding of highly productive dairy cattle]: *prakticheskiye rekomendatsii*. Borovsk: VNIIFB i P s.-kh. zhivotnykh, 2008. 105 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Шалов Муаед Алиевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Туганов Мурат Назирович – кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Глотова Галина Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», SPIN-код: 4540-0239, Scopus ID: 57218251949

Information about the authors

Muayed A. Shalov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Murat N. Tuganov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Galina N. Glotova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostychev, SPIN-code: 4540-0239, Scopus ID: 57218251949

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 24.11.2023;
одобрена после рецензирования 08.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.

The article was submitted 24.11.2023;
approved after reviewing 08.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Научная статья

УДК 636.2:636.082

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-77-86

**Влияние типа подбора на молочную продуктивность и морфологию
вымени коров племенного ядра****Заурбек Магометович Айсанов^{✉1}, Тимур Тазретович Тарчоков², Ауес Хусенович Пилов³,
Мадина Гамовна Тлейншева⁴, Магомед Русланович Тангиев⁵**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030^{✉1}zaurbek.1965@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2829-2848>²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7434-1700>³pilov@mail.ru⁴tleinsheva.madina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9239-8591>⁵tangiev@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований, проведенных в 2019-2022 годах в племенном репродукторе голштинского черно-пестрого скота ООО «Агро-Союз» (Кабардино-Балкарская Республика) на основе ретроспективного анализа данных племенного и зоотехнического учета. Цель исследования – изучение влияния трех разных типов племенного подбора быков-производителей к маточному поголовью (однородный подбор, умеренно-разнородный подбор, разнородный подбор) на показатели молочной продуктивности и морфологию вымени их дочерей, вошедших в племенное ядро стада. В результате проведенных исследований установили, что наибольшим удоем характеризовались животные группы умеренно-разнородного подбора, у которых этот показатель был больше на 2,8-5,3% (первая лактация), 3,6-8,9% (вторая лактация) и 3,7-8,3% (третья лактация), чем у животных групп однородного и разнородного подбора. Аналогичная тенденция наблюдалась по количеству молочных жира и белка, произведенных за первые три лактации, когда превосходство коров группы умеренно-разнородного подбора над коровами других опытных групп составило, соответственно, 4,2-10,8 и 3,4-9,3%. Наряду с этим, в группе коров племенного ядра, полученных на основе умеренно-разнородного подбора, удельный вес животных с желательной чашеобразной формой вымени был выше, чем в других опытных группах, в первую лактацию на 2,5-3,7 абс.%, в третью лактацию – на 2,6-5,4 абс.%.

Ключевые слова: голштинская порода, корова, племенное ядро, тип подбора, молочная продуктивность, форма вымени

Для цитирования. Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Пилов А. Х., Тлейншева М. Г., Тангиев М. Р. Влияние типа подбора на молочную продуктивность и морфологию вымени коров племенного ядра // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 77–86. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-77-86

Original article

The influence of the type of selection on the milk productivity and morphology of the udder of cows of the breeding core

Zaurbek M. Aisanov^{✉1}, Timur T. Tarchokov², Ayes Kh. Pilov³,
Madina G. Tleynsheva⁴, Magomed R. Tangiev⁵

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>

³pilov@mail.ru

⁴tleinsheva.madina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9239-8591>

⁵tangiev@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies conducted in 2019-2022 in the breeding reproducer of Holstein black-and-white cattle of Agro-Soyuz LLC (Kabardino-Balkarian Republic) based on a retrospective analysis of data from breeding and zootechnical accounting. The aim of the study is to study the influence of three different types of breeding selection of breeding bulls to the breeding stock (homogeneous selection, moderately heterogeneous selection, heterogeneous selection) on the indicators of milk productivity and the morphology of the udder of their daughters who entered the breeding core of the herd. As a result of the conducted studies, it was found that the highest milk yield was characterized by animals of the moderately heterogeneous selection group, in which this indicator was 2,8-5,3% higher (first lactation), 3,6-8,9% (second lactation) and 3,7-8,3% (third lactation) than in animals of the homogeneous and heterogeneous selection groups. A similar trend was observed in the amount of milk fat and protein produced during the first three lactation, when the superiority of cows of the moderately heterogeneous selection group over cows of other experimental groups was, respectively, 4,2-10,8 and 3,4-9,3%. Besides, in the group of breeding core cows obtained on the basis of moderately heterogeneous selection, the proportion of animals with a desirable cup-shaped udder was higher than in other experimental groups, in the first lactation by 2,5-3,7 abs.%, in the third lactation – by 2,6-5,4 abs.%.

Keywords: Holstein breed, cow, breeding core, type of selection, milk productivity, udder shape

For citation. Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Pilov A.Kh., Tleynsheva M.G., Tangiev M.R. The influence of the type of selection on the milk productivity and morphology of the udder of cows of the breeding core. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):77–86. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-77-86

Введение. Правильно организованный методический отбор с последующим целенаправленным подбором повышает эффективность селекционно-племенной работы в животноводстве [1].

Изучение результативности разных типов подбора сельскохозяйственных животных, включая и крупный рогатый скот молочного направления продуктивности, в связи с продуктивными качествами получаемого при этом потомства, является актуальным и играет важную роль для повышения экономи-

ческой эффективности производства различных видов животноводческой продукции.

В большинстве регионов Российской Федерации молочное скотоводство является ведущей отраслью животноводства и поэтому селекционно-племенной работе со специализированными молочными породами, такими как голштинская, черно-пестрая, красно-пестрая, холмогорская следует уделять большое внимание.

Общеизвестно, что в племенном животноводстве выделяют два типа подбора роди-

тельских пар – однородный, или гомогенный, и разнородный, или гетерогенный.

Целевое назначение однородного (гомогенного) подбора заключается в закреплении у потомства селекционного признака на определенном, достигнутом в результате проводимого отбора, уровне. В то же время разнородный (гетерогенный) подбор применяют для прогрессивного сдвига величины селекционного признака в сторону «лучшего» из родителей, которым, как правило, является племенной производитель.

Следует отметить, что «однородность» и «разнородность» племенного подбора, то есть степень различия производителей и маточного поголовья по величине селекционного признака, – понятие условное. Приоритетность использования того или иного типа подбора для улучшения селекционного признака с низкой наследуемостью, к каковым относится величина удоя, сильно зависит от влияния паратипических факторов, на что указывают результаты исследований, проведенных рядом авторов [2–7].

Цель исследования – изучение влияния трех разных типов племенного подбора быков-производителей к маточному поголовью на показатели молочной продуктивности

и морфологию вымени их дочерей, вошедших в племенное ядро стада.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в племенном репродукторе голштинского чернопестрого скота ООО «Агро-Союз» (Кабардино-Балкарская Республика) на основе ретроспективного анализа данных племенного и зоотехнического учета за период 2019–2022 гг.

Объектами исследований были коровы племенного ядра, полученные на основе применения трех типов племенного подбора – однородного, умеренно-разнородного и разнородного.

При однородном подборе разница между родительским индексом быка (РИБ) и продуктивностью подобранной к нему коровы не превышает одного стандартного отклонения, при умеренно-разнородном подборе составляет от одного до двух стандартных отклонений, при разнородном подборе превышает два стандартных отклонения [8].

Опытные группы коров племенного ядра, полученных на основе разных типов племенного подбора, были сформированы по схеме, приводимой в таблице 1.

Таблица 1. Схема формирования опытных групп коров племенного ядра
Table 1. Scheme of formation of experimental groups of breeding core cows

Номер группы	Разница продуктивности родителей коровы, δ	Тип подбора родителей коровы	Количество коров племенного ядра, гол
1	Менее 1,0	Однородный	37
2	1,0–2,0	Умеренно-разнородный	80
3	Более 2,0	Разнородный	46

Изучаемые показатели:

1. Удой в первую, вторую и третью лактации.
2. Массовая доля жира в молоке и выход молочного жира в первую, вторую и третью лактации.
3. Массовая доля белка в молоке и выход молочного белка в первую, вторую и третью лактации.
4. Форма вымени коров в первую и третью лактации.

Учет удоя у подопытных коров проводился ежедневно, учет массовой доли жира

(МДЖ) и массовой доли белка (МДБ) в молоке – один раз в месяц с помощью анализатора качества молока «Клевер-2».

Форму вымени у животных определяли визуальным методом.

Биометрическую обработку полученного в ходе исследований материала проводили методом вариационной статистики [9].

Результаты исследования. В каждом молочном стаде зоотехник-селекционер выделяет селекционное ядро, в которое входит 50–70% наиболее высокопродуктивных коров, от которых получают ремонтный молодняк.

Величина удоя коров племенного ядра, разделенных согласно методике исследований на три группы, приводится в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, в первую лактацию наибольшим удоом отличались коровы, полученные при использовании умеренно-

разнородного подбора (вторая группа), у которых этот показатель был выше, чем у животных из других опытных групп, на 233-437 кг (2,8-5,3%). Установленные различия оказались статистически недостоверными ($p < 0,95$).

Таблица 2. Удой за лактацию коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора, кг

Table 2. Milk yield for lactation of breeding core cows obtained with different types of selection, kg

Тип подбора	n	Лактация					
		1		2		3	
		$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$
Однородный (1 группа)	37	8385±221	16,1	8720±219	15,3	8972±214	14,5
Умеренно-разнородный (2 группа)	80	8618±147	15,3	9035±148	14,7	9307±137	13,2
Разнородный (3 группа)	46	8181±202	16,8	8344±198	16,1	8593±189	14,9

Во вторую лактацию преимущество по удою также было у коров из второй группы, превосходство которых над животными первой и третьей группы составило, соответственно, 315 кг (3,6%, $p < 0,95$) и 691 кг (8,3%, $p > 0,99$).

В третью лактацию наивысшим удоом характеризовались коровы второй группы (умеренно-разнородный подбор), у которых этот показатель был больше, чем у коров

первой группы (однородный подбор), на 335 кг (3,7%, $p < 0,95$), и больше, чем у коров третьей группы (разнородный подбор), на 714 кг (8,3%, $p > 0,99$).

О жирномолочности коров племенного ядра, полученных в результате применения разных типов племенного подбора, можно судить по данным таблицы 3.

Таблица 3. Массовая доля жира в молоке коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора, %

Table 3. The mass fraction of fat in the milk of cows of the breeding core obtained with different types of selection, %

Тип подбора	n	Лактация					
		1		2		3	
		$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$
Однородный (1 группа)	37	3,67±0,03	4,3	3,75±0,02	4,0	3,81±0,02	3,8
Умеренно-разнородный (2 группа)	80	3,72±0,02	3,9	3,82±0,01	3,7	3,93±0,01	3,4
Разнородный (3 группа)	46	3,70±0,02	4,1	3,77±0,02	3,9	3,84±0,02	3,6

Из таблицы 3 видно, что в первую лактацию наибольшей массовой долей жира в молоке характеризовались коровы второй группы (умеренно-разнородный подбор), у которых этот показатель был больше, чем

у коров первой группы (однородный подбор), на 0,05 абс.% ($p < 0,95$), и больше, чем у коров третьей группы (разнородный подбор), на 0,02 абс.% ($p < 0,95$).

Во вторую лактацию массовая доля жира в молоке коров второй группы (умеренно-разнородный подбор) была самой высокой, составив 3,82%, что больше, чем у коров первой группы (однородный подбор), на 0,07 абс.% ($p < 0,95$), и больше, чем у коров третьей группы (разнородный подбор), на 0,05 абс.% ($p < 0,95$).

В третью лактацию жирномолочность коров племенного ядра, полученных при использовании умеренно-разнородного подбора (вторая группа), оказалась также самой

высокой и превысила данный показатель у коров из групп однородного (первая группа) и разнородного (третья группа) подбора, соответственно, на 0,12 абс.% ($p > 0,999$) и на 0,09 абс.% ($p > 0,999$).

Для проведения сравнительной оценки молочной продуктивности коров разных групп необходимо использовать показатель, учитывающий одновременно величину удоя за лактацию и массовую долю жира в молоке. Таким показателем является выход молочного жира за лактацию (табл. 4).

Таблица 4. Выход молочного жира за лактацию коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора, кг

Table 4. Milk fat yield for lactation of breeding core cows obtained with different types of selection, kg

Тип подбора	n	Лактация					
		1		2		3	
		$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$
Однородный (1 группа)	37	307,7 $\pm$ 8,3	16,4	327,0 $\pm$ 8,5	15,8	341,8 $\pm$ 8,3	14,8
Умеренно-разнородный (2 группа)	80	320,6 $\pm$ 5,6	15,7	345,1 $\pm$ 5,5	14,2	365,8 $\pm$ 5,5	13,5
Разнородный (3 группа)	46	302,7 $\pm$ 7,2	16,1	314,6 $\pm$ 7,2	15,5	330,0 $\pm$ 6,9	14,1

Анализ отраженных в таблице 4 данных показал, что в первую лактацию наибольшее количество молочного жира было получено от коров второй группы (умеренно-разнородный подбор) – 320,6 кг, что выше, чем у коров первой группы (однородный подбор), на 12,9 кг (4,2%, $p < 0,95$) и выше, чем у коров третьей группы (разнородный подбор), на 17,9 кг (5,9%, $p > 0,95$).

Во вторую лактацию больше молочного жира произвели коровы второй группы (умеренно-разнородный подбор), у которых этот показатель был выше, чем у животных первой и третьей группы, соответственно, на 18,1 кг (5,5%, $p < 0,95$) и 30,5 кг (9,7%, $p > 0,999$).

В третью лактацию коровы племенного ядра, полученные в результате применения умеренно-разнородного подбора (вторая группа), превосходили по выходу молочного жира коров племенного ядра, полученных на основе однородного (первая группа) и разнородного (третья группа) подбора, соответственно, на 24,0 кг (7,0%, $p > 0,95$) и 35,8 кг (10,8%, $p > 0,999$).

Кроме величины удоя и жирномолочности к важным селекционным признакам молочного скота относится белкомолочность (массовая доля белка в молоке).

В результате изучения массовой доли белка в молоке коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора, установили наличие межгрупповых различий (табл. 5).

Как видно из таблицы 5, в первую лактацию у животных второй (умеренно-разнородный подбор) и третьей (разнородный подбор) групп белкомолочность была одинаковой и составила 3,14%, что выше, чем у животных первой группы (однородный подбор), на 0,02 абс.% ($p < 0,95$).

Во вторую лактацию наибольшая массовая доля белка в молоке была у коров второй группы (умеренно-разнородный подбор) – 3,21%, что выше, чем у животных первой группы (однородный подбор), на 0,03 абс. % ($p < 0,95$), и выше, чем у коров третьей группы (разнородный подбор), на 0,01 абс.% ($p < 0,95$).

Таблица 5. Массовая доля белка в молоке коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора, %
Table 5. The mass fraction of protein in the milk of cows of the breeding core obtained with different types of selection, %

Тип подбора	n	Лактация					
		1		2		3	
		$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$
Однородный (1 группа)	37	3,12±0,02	4,1	3,18 ±0,02	3,8	3,20 ±0,02	4,2
Умеренно-разнородный (2 группа)	80	3,14±0,01	3,7	3,21±0,01	4,0	3,27±0,01	3,9
Разнородный (3 группа)	46	3,14±0,02	3,9	3,20±0,02	3,6	3,24±0,02	4,0

В третью лактацию самым высоким показателем массовой доли белка в молоке характеризовались животные второй группы (умеренно-разнородный подбор), превосходство которых над коровами первой группы (однородный подбор) составило 0,07 абс.%

($p > 0,99$), над коровами третьей группы (разнородный подбор) – 0,03 абс.% ($p < 0,95$).

О количестве молочного белка, произведенного подопытными коровами за лактацию, можно судить по данным таблицы 6.

Таблица 6. Выход молочного белка за лактацию коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора, кг
Table 6. Milk protein yield for lactation of breeding core cows obtained with different types of selection, kg

Тип подбора	n	Лактация					
		1		2		3	
		$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m\bar{x}$	$C_v, \%$
Однородный (1 группа)	37	261,6±7,2	16,7	277,3 ±7,3	16,0	287,1 ±7,0	14,9
Умеренно-разнородный (2 группа)	80	270,6 ±4,8	16,1	290,0 ±4,9	15,1	304,3 ±4,7	13,7
Разнородный (3 группа)	46	256,9 ±6,0	15,8	267,0 ±6,1	15,5	278,4 ±5,9	14,4

Из таблицы 6 видно, что в первую лактацию наибольший выход молочного белка был у коров второй группы (умеренно-разнородный подбор) – 270,6 кг, превышающий аналогичный показатель коров первой (однородный подбор) и третьей (разнородный подбор) групп, соответственно, на 9,0 кг (3,4, $p < 0,95$) и 13,7 кг (5,3%, $p < 0,95$).

Во вторую лактацию больше всего молочного белка было получено от животных второй группы (умеренно-разнородный подбор), превосходивших по этому показателю животных первой группы (однородный подбор) на 12,7 кг (4,6%, $p < 0,95$), и животных

третьей группы (разнородный подбор) – на 23,0 кг (8,6%, $p > 0,99$).

В третью лактацию также наибольшее количество молочного белка было получено от животных второй группы (умеренно-разнородный подбор), у которых данный показатель был выше, чем у животных первой (однородный подбор) и третьей (разнородный подбор) групп, соответственно, на 17,2 кг (6,0%, $p > 0,95$) и 25,9 кг (9,3%, $p > 0,999$).

Общеизвестно, что в молочном скотоводстве форма вымени является косвенным признаком, по которому с высокой долей вероятности можно отбирать относительно обиль-

номолочных коров. С учетом этого при отборе коров наибольшее предпочтение отдается животным, обладающим чашеобразным и ваннообразным выменем, а менее желательными являются коровы с округлым выменем. Наряду с этим, чашеобразное и ваннообраз-

ное вымя лучше приспособлено к технологии машинного доения, чем округлое.

Процентное соотношение животных с разной формой вымени в пределах каждой опытной группы показано в таблице 7.

Таблица 7. Форма вымени у коров племенного ядра, полученных при разных типах подбора
Table 7. Udder shape in breeding core cows obtained with different types of selection

Тип подбора	Отёл	Форма вымени			
		чащеобразная		округлая	
		гол.	%	гол.	%
Однородный (1 группа)	1	31	83,8	6	16,2
	3	30	81,1	7	18,9
Умеренно-разнородный (2 группа)	1	69	86,3	11	13,7
	3	67	83,7	13	16,3
Разнородный (3 группа)	1	38	82,6	8	17,4
	3	36	78,3	10	21,7

Отраженные в таблице 7 данные показывают, что в первую лактацию наибольший удельный вес животных с желательной чашеобразной формой вымени был у коров второй группы (умеренно-разнородный подбор) – 86,3%, что выше, чем у коров первой группы (однородный подбор), на 2,5 абс.%, и выше, чем у животных третьей группы (разнородный подбор), на 3,7 абс.%.

В третью лактацию наибольший удельный вес коров с желательной чашеобразной формой вымени был также у животных второй группы (умеренно-разнородный подбор) – 83,7%, что больше, чем у животных первой (однородный подбор) и третьей (разнородный подбор), групп, соответственно, на 2,6 и 5,4 абс.%.

Выводы. Проанализировав результаты сравнительного анализа трех групп коров племенного ядра, полученных при использовании разных типов племенного подбора, сформулировали следующие выводы:

1. Наибольшей величиной удоя характеризовались животные группы умеренно-разнородного подбора, у которых этот пока-

затель был больше на 2,8-5,3% (первая лактация), 3,6-8,9% (вторая лактация) и 3,7-8,3% (третья лактация), чем у животных групп однородного и разнородного подбора.

2. В первую, вторую и третью лактации наибольшее количество молочного жира было получено от коров группы умеренно-разнородного подбора, превосходивших по данному показателю животных других опытных групп, соответственно, на 4,2-5,9; 5,5-9,7 и 7,0-10,8%.

3. По количеству произведенного за лактацию молочного белка превосходство коров группы умеренно-разнородного подбора над коровами других опытных групп составило в первую, вторую и третью лактации, соответственно, 3,4-5,3; 4,6-8,6 и 6,0-9,3%.

4. В группе коров племенного ядра, полученных на основе умеренно-разнородного подбора, удельный вес животных с желательной чашеобразной формой вымени был выше, чем в других опытных группах, в первую лактацию на 2,5-3,7 абс.%, в третью лактацию – на 2,6-5,4 абс.%.

Список литературы

1. Абдулхаликов Р. З., Тарчоков Т. Т., Айсанов З. М., Тлейншева М. Г., Хасанова З. С. Продуктивные особенности голштинских коров при внутрилинейном подборе и реципрокном кроссе линий // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 45–57. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-45-57. EDN: VDIQEU

2. Кузякина Л. И. Эффективность разнородного подбора в стаде крупного рогатого скота черно-пестрой породы // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 1(3). С. 6. EDN: BOUIJE
3. Ефимова Л. В., Зазнобина Т. В., Иванова О. В., Иванов Е. А. Взаимосвязь экстерьера и молочной продуктивности коров красно-пестрой породы в зависимости от вариантов подбора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2018. № 4(40). С. 11–18. EDN: YSAQRF
4. Саскевич С. И., Долина Д. С., Ладымцев Т. А. Влияние типа подбора на уровень молочной продуктивности коров // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы XXII международной научно-практической конференции. Белорусская ГСХА. 2019. С. 55–59. EDN: KURRNN
5. Игнатьева Н. Л., Воронова И. В., Немцева Е. Ю. Влияние разных типов подбора на молочную продуктивность коров // Современное состояние и перспективы развития ветеринарной и зоотехнической науки: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары. 2020. С. 580–586. EDN: OXEIHP
6. Мартынова Е. Н., Спиридонова Н. А., Нагорная О. М. Молочная продуктивность коров, полученных при разных типах подбора // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы международной научно-практической конференции. Ижевск. 2021. С. 56–59. EDN: VAGAAS
7. Костомахин Н. М., Габедава М. А., Воронкова О. А. Эффективность использования различных типов подбора в повышении молочной продуктивности коров // Главный зоотехник. 2019. № 1. С. 19–24. EDN: YTNXPX
8. Баев М. М., Бибикова Э. И., Колышкина Н. С. Селекция симментальского скота по молочной продуктивности. Москва: Агропромиздат, 1987. 174 с.
9. Петухов В. Л., Короткевич О. С., Стамбеков С. Ж. Генетика. Новосибирск: Наука, 2007. 628 с. EDN: SBRRRJ

References

1. Abdulkhalikov R.Z., Tarchokov T.T., Aisanov Z.M., Tleynsheva M.G., Khasanova Z.S. Produktivnye osobennosti golshhtinskih korov pri vnutilinejnom podbore i retsiproknom krosse linij [Productive features of Holstein cows with intra-linear selection and reciprocal cross of lines]. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;3(37):45–57. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-45-57. EDN: VDIQEU
2. Kuzyakina L.I. The effectiveness of heterogeneous selection in a herd of black-and-white cattle *Vestnik Vyatskoj GSKhA*. 2020;1(3):6. (In Russ.) EDN: BOUIJE
3. Efimova L.V., Zaznobina T.V., Ivanova O.V., Ivanov E.A. Relationship exterior and dairy productivity of cows of red-motley breed depending on the variant selection. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2018;4(40):11–18. (In Russ.) EDN: YSAQRF
4. Saskevich S.I., Dolina D.S., Ladymtsev T.A. The influence of the type of selection on the level of milk productivity of cows. *Aktual'nyye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: materialy XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Belorusskaya GSKHA* [Current problems of intensive development of livestock breeding: materials of the XXII international scientific and practical conference. Belarusian State Agricultural Academy]. 2019. Pp. 55–59. EDN: KURRNN
5. Ignatieva N.L., Voronova I.V., Nemtseva E.Yu. Influence of different types of selection on dairy productivity of cows. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya veterinarnoy i zootekhnicheskoy nauki: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Current state and prospects for the development of veterinary and zootechnical science: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Cheboksary, 2020. Pp. 580–586. (In Russ.) EDN: OXEIHP
6. Martynova E. N., Spiridonova N. A., Nagornaya O. M. Milk productivity of cows obtained through different types of selection. *Tekhnologicheskiye trendy ustoychivogo funktsionirovaniya i razvitiya APK: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Technological trends in the sustainable functioning and development of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference]. Izhevsk, 2021. Pp. 56–59. (In Russ.). EDN: VAGAAS
7. Kostomakhin N.M., Gabadava M.A., Voronkova O.A. The effectiveness of different types of mating to increase milk productivity of cows. *Glavnyi zootekhnik* [Head of animal breeding]. 2019;(1):19–24. (In Russ.) EDN: YTNXPX

8. Baev M.M., Bibikova E.I., Kolyshkina N.S. *Selektsiya simmental'skogo skota po molochnoj produktivnosti* [Selection of Simmental cattle by dairy productivity]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 174 p. (In Russ.)
9. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Stambekov S.J. *Genetika* [Genetics]. Novosibirsk: Nauka, 2007. 628 p. (In Russ.) EDN: SBRRRJ

Сведения об авторах

Айсанов Заурбек Магомедович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7672-6909, Scopus ID: 57962781800, Researcher ID: AAB-9728-2020

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

Пилов Аues Хусенович – доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9472-0334, Scopus ID: 408571, Researcher ID: AAB-9723-2020

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

Тангиев Магомед Русланович – магистрант кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, направление подготовки 36.04.02 «Зоотехния», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

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, Scopus ID: 57962781800, Researcher ID: AAB-9728-2020

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

Aues Kh. Pilov – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov, SPIN-code: 9472-0334, Scopus ID: 408571, Researcher ID: AAV-9723-2020

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

Magomed R. Tangiev – Master's student of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, training direction 36.04.02 «Animal Science», Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

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 09.10.2023;
одобрена после рецензирования 27.10.2023;
принята к публикации 06.11.2023.*

*The article was submitted 09.10.2023;
approved after reviewing 27.10.2023;
accepted for publication 06.11.2023.*

Обзорная статья

УДК 636.2:636.082

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-87-102

Генотипирование как фактор совершенствования племенных и продуктивных качеств скота

Орест Антипович Басонов^{✉1}, Рубен Варданович Гинойан²,
Алиса Сергеевна Козминская³, Артем Александрович Асадчий⁴

Нижегородский государственный агротехнологический университет, проспект Гагарина, 97,
Нижний Новгород, Россия, 603107

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

²r.ginojan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1501-1821>

³alisa0588@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-0410-0511>

⁴asadchiy.nightdragon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4456-4735>

Аннотация. Для наращивания поголовья крупного рогатого скота мясных пород и дальнейшего совершенствования его породных качеств необходима селекция, опирающаяся на достоверную информацию о происхождении животных и наиболее значимых генах-маркерах продуктивных и воспроизводительных качеств. В статье приведен обзор литературных данных по достижениям современной генетики, которые используются для определения геномного статуса и происхождения животных, а также для выявления полиморфизма значимых генов-маркеров мясной продуктивности. Данное исследование является актуальным и направлено на разработку новых селекционных форм животных, которые объединяют в себе высокую мясную продуктивность с использованием современных селекционно-генетических методов и морфологической оценки качества продукции. Использование генетических маркеров в полногеномной селекции мясного скотоводства, в сочетании с основополагающими зоотехническими методами и методами морфологического контроля, значительно ускорит процесс создания стад с высоким генетическим потенциалом продуктивности. Главная задача для создания высокопродуктивных стад герефордского скота с помощью генотипирования заключается в определении генетических особенностей животных с целью выбора лучших родителей для разведения. В перспективе это даст возможность создания собственных линий и регионального породного типа.

Ключевые слова: генотипирование, герефордская порода, геномная селекция, маркеры мясной продуктивности, ДНК-чипы, полиморфизм, селекция мясного скота

Для цитирования. Басонов О. А., Гинойан Р. В., Козминская А. С., Асадчий А. А. Генотипирование как фактор совершенствования племенных и продуктивных качеств скота // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 87–102.
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-87-102

Review Article

Genotyping as a factor in improving breeding and productive qualities of cattle

Orest A. Basonov^{✉1}, Ruben V. Ginojan²,
Alice S. Kozminskaya³, Artem A. Asadchy⁴

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

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

²r.ginojan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1501-1821>

³alisa0588@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-0410-0511>

⁴asadchiy.nightdragon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4456-4735>

Abstract. In order to increase the number of beef cattle and further improve their breed qualities, breeding based on reliable information about the origin of animals and the most significant genes-markers of productive and reproductive qualities is necessary. The article provides an overview of the literature data on the achievements of modern genetics, which are used to determine the genomic status and origin of animals, as well as to identify polymorphism of significant genes-markers of meat productivity. This study is relevant and is aimed at developing new breeding forms of animals that combine high meat productivity using modern breeding and genetic methods and morphological assessment of product quality. The use of genetic markers in the full genomic breeding of beef cattle breeding, in combination with basic zootechnical methods and methods of morphological control, will significantly accelerate the process of creating herds with a high genetic potential of productivity. The main task for creating highly productive herds of Hereford cattle with the help of genotyping is to determine the genetic characteristics of animals in order to choose the best parents for breeding. In future, this makes it possible to build their own lines and regional breed type.

Keywords: Genotyping, Hereford breed, genomic selection, markers of meat productivity, DNA chips, polymorphism, breeding of beef cattle

For citation. Basonov O.A., Ginoyan R.V., Kozminskaya A.S., Asadchy A.A. Genotyping as a factor in improving breeding and productive qualities of cattle. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):87–102. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-87-102

Введение. В настоящее время приоритетными задачами развития животноводства являются вопросы совершенствования племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных. В сложившейся ситуации стремление обеспечить продовольственную безопасность и наложение санкций недружественными государствами создали благоприятные условия для развития сельскохозяйственного сектора. С другой стороны, долгое время отечественное сельское хозяйство ориентировалось на запад, как в плане технологий, так и в плане импорта племенного материала, а также всей селекционной политики в целом. Полное импортозамещение возможно только через увеличение поголовья и улучшение продуктивных качеств животных.

В сфере сельского хозяйства всегда было важно искать пути повышения продуктивности скота. Одним из наиболее перспективных подходов является геномная селекция – методика, основанная на использовании информации о геноме животного для прогнозирования его будущей продуктивности. Генотипирование мясного скота породы герефорд имеет как научную, так и практическую значимость. Этот метод является важным инструментом для изучения генетической структуры этой породы, а также для определения генетических маркеров, связанных с желаемыми характеристиками.

Цель исследования – обобщить имеющиеся литературные данные об основах технологии генотипирования и применении ее при производстве продукции животноводства.

Научная ценность заключается в возможности проведения глубокого анализа генетической изменчивости у представителей породы герефорд. Генотипирование позволяет исследователям определить полиморфизмы в генах, ответственных за различные физиологические и экономически важные признаки у животных. Такие данные помогают лучше понять особенности этих животных и выявить потенциально ценные гены или мутации, которые могут быть использованы для улучшения породы.

Практическая значимость заключается в применимости результатов генотипирования в животноводстве. Зная генетический профиль каждого животного, можно принять более обоснованные решения о выборе пар для дальнейшего разведения. Такой подход позволяет улучшить качество потомства, увеличить производительность животноводства и сократить риск возникновения генетических заболеваний или дефектов. Генотипирование также помогает определить степень родства между животными, что особенно важно в случае элитных особей породы герефорд. Это позволяет сократить вероятность скрещивания близкородственных особей и уменьшить риск возникновения наследственных заболе-

ваний. Кроме того, результаты генотипирования могут использоваться при выборе животных для программы искусственного оплодотворения или для формирования новых линий породы. Зная гены, ответственные за желаемые характеристики, можно отбирать самцов и самок с высоким потенциалом передачи этих признаков потомству.

Материалы, методы и объекты исследования. Проведен литературный обзор научных трудов за последние 20 лет, используя ресурсы поисковых систем eLibrary и CyberLeninka по вышеуказанным ключевым словам. Для данного методического анализа мы использовали статьи, содержащие доказательную и экспериментальную базу, вопросам исследования касающиеся технологии генотипирования скота мясных пород.

Результаты исследования. Для повышения эффективности мясного скотоводства и улучшения качества продукции животных необходимо усовершенствование селекционно-племенной работы. В этом контексте геномная селекция является особо эффективным и надежным методом оценки племенных и продуктивных качеств животных, превосходящим традиционные подходы. В настоящее время она – наиболее актуальное и экономически выгодное средство в агропромышленном комплексе. Геномная селекция основана на тесной связи между генотипом и фенотипом животного, а также экстерьера и продуктивных качеств [1–3].

При ведении селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве необходимо учитывать уровень продуктивности, адаптированность пород животных к конкретным условиям разведения, приспособленность к промышленной технологии производства продукции и устойчивость к различным заболеваниям. Однако имеющиеся технологии производства продукции и используемые генотипы не в полной мере обеспечивают достаточную рентабельность производства и требуют значительных затрат времени. Одно из решений приведенных вопросов – оценка по происхождению, результаты оценки производителей по качеству потомства, а также анализ вариабельности количественных признаков, которые являются составляющими селекционных индексов, позволяющие прогнозировать племенную ценность животных

и ускорить эффективность отбора. Результативность оценки по количественным признакам у высокоспециализированных заводских пород обусловлена влиянием паратипических факторов. Особенно это проявляется при импорте скота в новые условия содержания, когда наблюдается снижение продуктивности и репродуктивной функции, которые возможно оптимизировать улучшением условий кормления, содержания и воспроизводства стада, а также направленным подбором родительских пар и комбинативной изменчивости [4–6].

При разведении животных в новых условиях особое значение имеет генотипирование по различным системам, т. к. часть генотипа может быть потеряна. В программе разведения крупного рогатого скота применяется метод геномной селекции, который использует геномную информацию для оценки ценности племенных особей и формирования высокопродуктивных стад. Геномная селекция играет ключевую роль в современных селекционных программах, значительно способствуя генетическому прогрессу по различным экономически важным характеристикам скота.

Использование молекулярно-генетических методов в животноводстве и разработка метода полимеразной цепной реакции (ПЦР), позволяющих изучить определенные локусы молекулы ДНК и полиморфные системы у разных особей, повлияли на возможности генотипирования животных, поиска маркерных генов, полиморфизм которых является основой проявления изменчивости хозяйственно-полезных признаков и материалом для дальнейшего отбора [5, 7–9].

Геномная селекция представляет собой эффективный метод отбора, превосходящий традиционные подходы в нескольких аспектах. Во-первых, она обладает более короткими интервалами между поколениями, что позволяет ускорить процесс селекции. Во-вторых, она обеспечивает более интенсивный и точный отбор, не ограниченный полом животных. Более того, геномная селекция может быть применена к любому признаку, который регистрируется в изучаемой популяции [9–11].

В частности, геномная селекция имеет большой потенциал для улучшения генети-

ческого прироста мясного скота. Ведь воспроизводство, здоровье, скорость роста, качество мяса и эффективность кормления – все эти факторы являются ключевыми для рентабельности отрасли. Однако следует отметить, что точность геномной селекции в оценке экономической ценности этих признаков может варьироваться от низкой до умеренной [3, 12, 13].

Геномная оценка основывается на обширных базах данных, содержащих информацию о значимых характеристиках для селекционеров. Благодаря геномной оценке можно определить племенную ценность животного с учетом генетической информации. Эта процедура может быть выполнена непосредственно после рождения животного, что позволяет принять решение о его будущем: продаже, использовании в разведении или исключении из племенного стада. Геномная селекция широко применяется в Западной Европе и США [14–16].

Секвенирование – процесс чтения геномных последовательностей целиком. Оно может быть полногеномным, когда читают весь текст генома, и выборочным, когда смотрят какую-то часть или даже отдельные гены.

При генотипировании смотрят отдельные точки. Их может быть много: 3 тысячи, 10 тысяч, 300 тысяч и даже больше. Стоит отметить, что генотипирование можно проводить и методом секвенирования. Мы читаем какие-то фрагменты, но интересоваться нас будут все равно отдельные точки. Если мы возьмем геном коровы, его длина составит 3 млрд букв, такая информация для селекционера избыточна, обычно ему хватает 50 тысяч отдельных точек [2, 3, 8, 17].

Помимо этого, возможно также определить наследственную обусловленность характера реализации хозяйственно-полезных признаков, частоту проявления ценных аллелей в генотипах, что позволяет проводить отбор животных желательного типа с высокими показателями селекционных признаков. В настоящее время исследования селекционеров и зоотехников направлены на поиск методов и способов оценки продуктивных качеств животных, а геномные технологии способствуют повышению точности оценки племенной ценности скота уже на начальных этапах постэмбрионального развития [3, 10, 18, 19].

Генотипирование является эффективным инструментом для анализа различных характеристик, таких как продуктивные качества, наличие вредных мутаций или подтверждение родословных животных. Геномные технологии применяются не только в мясном и молочном животноводстве, где они уже получили широкое распространение, но и в селекции лошадей, свиней, мелкого рогатого скота и домашних питомцев.

Постепенно сельское хозяйство переходит от использования точечного генотипирования с небольшим количеством генетических маркеров, например, с помощью метода ПЦР, к массовому генотипированию. В этом случае применяются более производительные технологии, такие как ДНК-чипы и генотипирование с использованием секвенирования.

В России и СНГ наблюдается недостаточное генотипирование животных по сравнению с западными странами. В основном племенные хозяйства проводят генотипирование только быков, в то время как технологии генотипирования материнского поголовья пока менее распространены.

Известно, что по многим хозяйственно-полезным признакам проявляется полиморфность, то есть контролируются множеством генов и их различными вариациями. Поэтому показатели продуктивности животных имеют полигенный характер наследования, каждый из которых выполняет свою определенную роль в геноме. При этом важно учитывать, что более полная реализация продуктивных качеств и генетического потенциала животных возможна только при оптимальных условиях окружающей среды, а также при правильном кормлении и содержании [20, 21].

Функционирование продуктивных способностей сельскохозяйственных животных подвержено влиянию аллельного состояния специфических локусов в генах, что обеспечивает постоянство и прямую зависимость от окружающей среды. Эти гены, известные как гены количественных признаков (QTL), играют важную роль в определении характеристик продуктивности. Кроме того, высокая информативность одиночных нуклеотидных полиморфизмов в геноме (SNP) также была подтверждена. Эти молекулярно-генетические метки связаны с желательными комбинациями хозяйственно ценных признаков [1, 11, 12, 22].

ДНК-маркеры, регулирующие качественные и количественные показатели продуктивности животных, могут быть использованы при оценке генетического потенциала, результатов комбинативной изменчивости и контролировать мясную продуктивность. При этом использование молекулярно-генетических методов на уровне ДНК позволяет выявить различия между группами животных по генетическим вариантам, которые непосредственно влияют на проявление количественных признаков, картографировать их в геноме и проводить отбор животных по происхождению [20, 23].

Приоритетным направлением исследований является оптимизация генетического потенциала сельскохозяйственных животных, который составляет основу селекционной работы и ветеринарной генетики. Между тем при применении указанного метода возникает ряд вопросов, относящихся к принципам функционирования генома и особенностям проявления наследственно обусловленных признаков. Результаты полногеномного анализа отражены в селекционно-племенной работе, хотя оценку племенной ценности и продуктивности проводят на основе фенотипических данных.

В последние годы изучению особенностей разведения и проявления признаков, в т. ч. генотипированию герефордской породы мясного скота, уделяется особое внимание, что является важным звеном в области селекционно-племенной работы, как в России, так и за рубежом.

Учеными-генетиками выявлены несколько важных генетических вариантов, существенно влияющих на формирование мясной продуктивности у крупного рогатого скота [2, 24–27]. В настоящее время изучение полиморфных систем генов и характера взаимосвязи между показателями мясной продуктивности и полиморфными системами, контролирующими мясную продуктивность, нашло практическое применение в мясном скотоводстве. Одной из наиболее распространенных специализированных пород мясного скота в России является порода герефорд.

Герефорд – мясная порода скота, которая получила признание во всем мире благодаря своим отличительным чертам, таким как высокая продуктивность, хорошая адаптация к

различным климатическим условиям и превосходное мраморное мясо. Изучение его генома может помочь нам понять, как эти уникальные черты передаются от поколения к поколению и как мы можем использовать эти знания для улучшения породы.

Генетические исследования герефордского скота получили широкое распространение на мировой арене благодаря активному внедрению геномной селекции. При этом ключевую роль играют ученые-генетики из разных стран, которые целеустремленно работают над изучением генома этой породы.

Один из значимых проектов в данном направлении начался в США. В 2009 году группой ученых, возглавляемых Национальными институтами здравоохранения и Министерством сельского хозяйства США, была проведена первая крупная работа по секвенированию полного генома коровы герефордской породы. Результаты этого исследования стали отправной точкой для дальнейших научных изысканий и выявления закономерностей между определенными генами и продуктивностью животных. Этот проект был осуществлен Консорциумом по секвенированию и анализу генома крупного рогатого скота (BGSAC) и представляет собой один из наиболее масштабных проектов по секвенированию геномов в истории [3, 28, 29].

В Великобритании было запущено отдельное направление по изучению устойчивости герефордского скота к болезням. Благодаря результатам этих работ ученым удалось выделить несколько ключевых генов, ответствующих за иммунитет животных к определенным инфекциям. Это открытие позволило повысить здоровье стад герефорда и увеличить их продуктивность [28, 30].

Сотрудники австралийского научного центра по изучению генома животных провели ряд исследований, направленных на выявление связей между отдельными генами и качеством мяса. Их работа позволила определить наборы генов, ответственных за мраморность, сочность и вкусовые качества мяса. Эти данные стали основой для создания новых селекционных программ, направленных на улучшение качества продукции [11, 25, 29, 31–33].

Учёные из Канады разрабатывают программы по изучению генетической предрас-

положенности скота к адаптации в различных климатических условиях. Они обнаружили несколько ключевых генов, играющих роль в процессе адаптации организма животного к холоду или жаре [3, 13, 15, 34].

В ходе исследований отечественных ученых было обнаружено, что герефорды на территории России имеют значительные отличия на генетическом уровне по сравнению со своими «собратьями» из Северной Америки. Это объясняется естественным отбором в условиях другого климата и питания, а также давлением инфекционных агентов. Однако, несмотря на эти различия, были выявлены ключевые гены, которые определяют высокую продуктивность этого вида скота: способность быстро набирать массу, высокая мясная продуктивность и адаптивность к трудным климатическим условиям. Именно эти маркеры стали основой для создания новых направлений селекции.

Геномная селекция герефордского скота в России находится на этапе активной разработки и внедрения. Несмотря на то, что методы геномного анализа требуют значительных финансовых затрат и высококвалифицированных специалистов, перспективы этого направления очевидны – это путь к созданию новых линий высокопродуктивных животных, приспособленных к конкретным условиям содержания.

Таким образом, благодаря скоординированным усилиям учёных со всего мира удалось значительно продвинуться в понимании структуры генома герефордского скота. Полученные результаты активно используются при разработке селекционных программ, позволяющих улучшить здоровье животных, их продуктивность и качество получаемой продукции. Отметим, что геномная селекция становится все более важным инструментом в руках современных специалистов по разведению скота.

Современный период развития животноводства характеризуется широким применением технологии имплантации микрочипов животным, позволяющей связывать фенотипические признаки с наличием или отсутствием конкретных маркеров в геноме, ответственных за проявление продуктивных характеристик. Таким образом, создается и дополняется база данных, позволяющая оце-

нить важность каждого из исследуемых маркеров для фенотипа.

Комбинация расшифрованного генома с использованием высокоплотного ДНК-чипа может существенно ускорить выявление новых генетических полиморфизмов, которые повлияют на оценку и прогнозирование племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных. К настоящему времени выявлены генетические маркеры, связанные с количественными и качественными показателями мясной продуктивности, такими как вкусовые и качественные показатели говядины, включающие сочность, нежность и мраморность [35–37].

Однако важно отметить, что использование генов-маркеров в селекции требует точного знания о том, какие именно гены и каким образом влияют на интересующие нас черты. Это связано с тем, что большинство признаков являются полигенными – контролируются несколькими генами. Из-за этого одна и та же мутация может иметь различные эффекты в зависимости от других генов и окружающей среды. Гены-маркеры используются для определения потенциала животных по различным параметрам, включая рост, способность набирать мышечную массу и другие характеристики, связанные с производством мяса.

Например, ген IGF2 (инсулиноподобный фактор роста 2) является одним из таких маркеров. Этот ген активно участвует в процессе роста и развития мышц животного. Однако следует отметить, что данный гормон является косвенным показателем количества гормона роста (GH), вырабатываемого организмом. IGF2 и GH – это полипептидные гормоны, то есть небольшие белковые молекулы, которые необходимы для нормального роста и развития костей и тканей организма. Маркерный ген IGF2 производится печенью и скелетными мышцами, а также другими тканями в ответ на их стимуляцию гормоном роста. IGF2 способствует осуществлению многих функций соматотропного гормона, стимулируя рост костей и других тканей [14, 31, 32, 37].

Другой важный ген-маркер – MSTN (миостатин). Его функцией является контроль над ростом мышечных клеток через ингибирование их деления и дифференцировки.

Мутации в этом гене часто приводят к увеличению мышечной массы, что делает его ценным для селекции герефордского скота на мясную продуктивность [6, 25, 34, 38].

Учеными разных уголков мира было доказано, что нежность мяса связана с взаимодействием нескольких различных генов: калпаин-калпастатинового комплекса (CAPN) и кальпастатина (CAST), гормона роста-соматотропина (GH) и гена липидного обмена – лептина (LEP). Также необходимо отметить значимость для мясного скота гена миостатина (MSTN). Большинство исследователей сходятся во мнении, что данные гены-кандидаты являются ключевыми факторами для определения качества мясной продукции [11, 13, 22, 35, 39, 40].

Калпаин-калпастатиновая система (CAPN) играет важную роль в автолизе белков и представляет собой перспективный генетический подход к созданию мяса с нежной текстурой. Ген, кодирующий CAST, находится на хромосоме 7 у крупного рогатого скота. Известны два аллельных варианта этого гена – С и G. Носители генотипа СС имеют более нежное мясо и высокое содержание жира по сравнению с носителями генотипа GG [8, 21, 41–43].

Необходимо отметить, что у специализированных мясных пород крупного рогатого скота выявлена более высокая частота встречаемости аллеля С (62-73%), которые отличаются высоким качеством мяса, что несколько отличается от пород крупного рогатого скота двойного направления продуктивности (36%) [12, 27], что указывает на то, что полиморфизм по кальпастатину связан с формированием мясной продуктивности у специализированных пород крупного рогатого скота.

Кальпаины, которые являются внутриклеточными кальций-зависимыми цистеин-протеазами, принимают участие в росте и развитии мышц у млекопитающих. Кальпаины – проэнзимы, которые регулируются при связывании кальция и частичном аутопротеолизе. Ген, ответственный за специфический вариант кальпаина для скелетных мышц (CAPN3 или p94), в последние годы активно исследуется. Этот белок играет важную роль в формировании гигантских филаментов, которые необходимы для структуры и роста миофибрилл.

Экспрессия данного гена имеет существенное значение для регенерации мышц. Установлено, что у разных пород овец существуют статистически значимые связи между наличием аллеля А в фрагменте ДНК 11-12 экзонов этого гена и массой при рождении (с доминантным эффектом) [10, 22, 42, 43].

Ген CAPN1 является ключевым регулятором цитолитических реакций после убоя в скелетной мускулатуре крупного рогатого скота. Этот ген определяет скорость разрушения Z-дисков и ослабление связей между мышечными волокнами, что оказывает влияние на нежность мяса и его качественные характеристики. Таким образом, полиморфизм гена CAPN1 может быть использован в качестве маркера для определения веса и высокого качества мясной продукции у крупного рогатого скота [8, 42–45].

Соматотропин (GH) – гормон, вырабатываемый передней долей гипофиза, который является ключевым регулятором роста животных и оказывает влияние на углеводно-жировой обмен. Исследования полиморфизмов в генах-белках соматотропинового каскада могут привести к улучшению количественных характеристик, в том числе увеличению прироста живой массы у крупного рогатого скота. Кроме этого, гены Соматотропного каскада (GH) или гормоны роста представляют большой интерес для увеличения мясной продуктивности крупного рогатого скота. Гены соматотропина были клонированы и используются в практике разведения скота для улучшения его продуктивности. Несмотря на то, что использование данного гормона вызывает противоречивые отзывы из-за возможных негативных последствий для здоровья животных и потребителей продукции, нет сомнений в его значении как биологического маркера при геномной селекции [11, 17, 27, 36, 46–48].

Гены, кодирующие белки гормоны, такие как соматотропный гормон, играют важную роль в системном регулировании организма. Исследования связи полиморфизма соматотропного гормона с различными характеристиками роста живой массы проводились в различных сельскохозяйственных видах животных [19, 42, 43]. Было показано, что носители определенных мутаций в экзонах и интронах этого гена, а также их гаплотипы,

связаны с изменчивостью мясной продуктивности [8, 42, 43].

Также исследователями были обнаружены связи между скоростью роста живого веса и стоимостью корма с генетическим разнообразием структурного гена, отвечающего за регуляцию транскрипции соматотропного гормона, Pit-I [17, 47, 48].

Лептин (LEP) – гормон, синтезируемый клетками жировой ткани, играет важную роль в метаболизме, особенно в процессе накопления жира в организме. Этот гормон регулирует энергетический баланс организма путем подавления аппетита. В контексте разведения скота он интересен тем, что его уровень коррелирует с содержанием жира в теле животного. Это делает лептин еще одним ценным инструментом для геномной селекции, направленной на управление уровнем жирности мяса [15, 30].

В мясном скотоводстве полиморфизм генотипа LEP является значимым генетическим фактором, влияющим на выход мясной продукции и ее качество. Кроме того, лептин влияет на продолжительность функционального использования коров и уровень рентабельности производства. Он также регулирует пищевое поведение и оказывает влияние на иммунную систему и репродуктивную функцию. Ген лептина и его многофункциональность изучаются преимущественно в контексте энергообмена у мясного скота, но также рассматривается его связь с молочностью у телок [7, 8, 20, 23]. Ген лептина играет роль в регуляции жирового обмена у млекопитающих [1, 42, 43, 47], представляет собой гормон, синтезируемый в адипоцитах, который играет ключевую роль в регуляции массы тела, жировых отложений и потребления пищи.

В результате указанные гены и их продукты стали объектом многочисленных исследований, служат маркерами хозяйственно-полезных признаков у сельскохозяйственных животных [1, 39, 42, 43].

В исследованиях были рассмотрены различные сайты, на которых наблюдался мононуклеотидный полиморфизм (SNP) в 2-м экзоне этого гена. Результаты показали, что выявленный полиморфизм имеет статистически значимую связь с такими характеристиками, как убойный выход и нежность мяса.

Были выявлены наиболее распространенные гаплотипы в 2-м экзоне лептина у мясных пород – TCAC, CCAT, TTAC. По сравнению с этими гаплотипами гаплотип CСТТ оказывает более существенное влияние на общее количество жира и общую упитанность, а гаплотип ТТТТ – на нежность мяса. Также было выявлено, что полиморфизм в промоторной области лептина связан с общим количеством внутреннего жира [2, 6, 37, 39, 42, 43].

Миостатин – это белок, контролирующий рост мышц. Различия в этом гене приводят к изменениям в физической форме животного. Образуется в мышцах животных, затем выделяется в кровь, оказывая своё действие на мышцы за счёт связывания с рецепторами ACVR2B. Исследования на животных показывают, что блокирование действия миостатина приводит к значительному увеличению сухой мышечной массы с практически полным отсутствием жировой ткани.

В различных исследованиях были рассмотрены мутации генов, которые влияют на развитие мышечной массы и тесно связаны с ее приростом. Особый интерес вызывает мутация миостатина, которая обнаружена у крупного рогатого скота и приводит к феномену «двойной мускулатуры», который наиболее распространен у бельгийской голубой породы. Миостатин является одним из регуляторов развития скелетной мускулатуры и относится к семейству трансформирующих факторов роста (TGFb). Его главная функция заключается в торможении роста мышечной массы. У некоторых пород крупного рогатого скота была обнаружена делеция в 11-м паре нуклеотидов в 3-м экзоне гена миостатина, что приводит к появлению дополнительного стоп-кодона, преждевременному завершению процесса трансляции и образованию неактивной формы белка [31, 38, 41, 43].

Открыта новая мутация, которая получила название nt821(delll), и она связана с развитием мышечной гипертрофии у крупного рогатого скота. Эта гипертрофия основана на увеличенном количестве мышечных волокон. У некоторых мясных пород (например, бельгийская мясная порода и пьемонтезы) частота встречаемости носителей этой мутации в гомо- и гетерозиготном состоянии достигает почти 100%. Кроме того, известны и

другие мутации гена миостатина, такие как делеции, инсерции и точечные мутации, которые также приводят к значительному увеличению мышечной ткани и проявлению двойной мускулатуры [14, 25, 43, 48–51]. Для герефордов такая мутация не характерна, однако знание о её существовании позволяет создать программы по селекции скота, направленные на улучшение мясных качеств без потерь в здоровье и жизнеспособности животных. В этом контексте миостатин является ключевым генетическим маркером.

Для изучения полиморфизма генов-маркеров, связанных с мясной продуктивностью скота, применяется широко распространенный классический метод полимеразной цепной реакции с последующим рестрикционным анализом продуктов амплификации (ПЦР-ПДРФ). Полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ) является стандартной молекулярно-генетической процедурой, которая используется для определения аллельного полиморфизма. При помощи этой процедуры мы можем сделать выводы о наличии или отсутствии точечной SNP мутации, а также о гомозиготности или гетерозиготности исследуемого индивидуума, основываясь на длине образующихся фрагментов (рестриков) [30, 32]. Однако для более точного определения действия генотипов необходимо проводить микроструктурный анализ качества мяса.

Исследование и анализ процессов изменения мышечной ткани у скота различных пород представляют большой интерес, поскольку позволяют рассмотреть взаимосвязь между признаками мясной продуктивности и различными факторами [39]. В селекционно-племенной работе для формирования популяций высокопродуктивных стад активно применяется скрининг различных вариантов генов, определяющих хозяйственно-значимые признаки, включая уровень и тип продуктивности [7, 20, 22, 35].

Другим подходом к поиску генов-кандидатов для контроля хозяйственно ценных признаков является исследование генов, продукты которых обладают полиморфизмом и могут критически влиять на проявление отдельных элементарных признаков, формирующих более сложные и хозяйственно ценные характеристики. В мясном ското-

водстве данный подход успешно применяется для сохранения и конструирования генотипов, обладающих высокой вероятностью проявления желательных хозяйственно ценных признаков.

Гены, которые влияют на мясные характеристики, можно разделить на две категории: гены, отвечающие за конкретные признаки, и гены, чьи продукты регулируют системные процессы. Современные молекулярно-генетические исследования сельскохозяйственных видов показывают, что генотипирование с использованием ДНК-маркеров структурных генов может помочь полнее использовать и сохранить генетический потенциал для высокой мясной продуктивности. Важно отметить, что методы ДНК-технологий уже прошли лабораторную стадию разработки и начинают применяться в практической селекционной работе в большом масштабе.

В целом вышеприведенные исследования направлены на разработку новых селекционных форм животных, которые сочетают в себе высокую мясную продуктивность, качество мяса, скороспелость и приспособленность, формируются с использованием современных селекционно-генетических методов. Результаты приведенных исследований свидетельствуют о том, что использование генетических маркеров в полногеномной селекции мясного скотоводства, в сочетании с основополагающими зоотехническими методами и методами морфологического контроля, значительно ускорит процесс создания стад с высоким генетическим потенциалом продуктивности.

При этом основной целью исследований является создание высокопродуктивных стад герефордского скота с помощью генотипирования, определение генетических особенностей животных с целью выбора лучших родителей для разведения. Анализ приведенного обзора позволяет выделить основные пути генотипирования как фактора совершенствования племенных и продуктивных качеств скота:

1. Сбор образцов ДНК: для проведения генотипирования необходимы образцы ДНК от каждого животного из стада. Образцы могут быть получены из крови, волос или других биологических материалов животного.

2. Изоляция ДНК: после сбора образцов необходимо провести процедуру изоляции ДНК. Это позволит получить чистую и высококачественную ДНК для последующего анализа.

3. Генотипирование: главная задача исследования – определение генетического статуса животных породы герефорд. Существует несколько методов генотипирования, таких как полимеразная цепная реакция (ПЦР), микросателлитный анализ (SNP) и секвенирование генома. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, поэтому выбор метода должен основываться на конкретных целях исследования.

4. Анализ результатов: после проведения генотипирования необходимо проанализировать полученные данные. Важно учесть различия в генах, отвечающих за мясные качества, рост скорости набора веса и адаптацию к климатическим условиям. Также следует учитывать наличие возможных заболеваний или генетических дефектов.

5. Выбор лучших родителей: на основе результатов генотипирования можно определить животных с наилучшими генетическими характеристиками и использовать их

в качестве родителей для разведения новых поколений. Такой подход позволит повысить продуктивность стада и улучшить мясные качества потомства.

Заключение. Селекционно-племенная работа с породой основывается на принципах отбора животных желательного типа и подбора родительских пар. При этом одним из составляющих эффективности селекции служит интервал между поколениями, который обусловлен, наряду с наследственными особенностями, паратипическими факторами. Ускорению темпов селекционно-племенной работы в скотоводстве способствуют современные технологии геномной селекции, дающие возможность проведения косвенного отбора, которые в сочетании с основополагающими зоотехническими и биологическими методами позволят создавать стада животных желательного типа. Проведение генотипирования при создании высокопродуктивных стад герефордского скота преследует цель выявления генетических особенностей животных, проведение отбора животных и подбора родителей для разведения, что в перспективе даст возможность создания отродья или заводского типа.

Список литературы

1. Глазко В. И., Глазко Г. В. Введение в генетику, биоинформатика, ДНК-технология, геновая терапия, ДНК-экология, протеомика, метаболика. Москва: Курс, 2018.
2. Dunner S., Charlier C., Fanir, F., Brouwers B., Canon J. et al. Mamm. Genome. 1997;8(6):430–435. <https://doi.org/10.1007/s003359900462>.
3. Embrapa Geneplus Program for Senepol Breed (Geneplus Senepol), The Brazilian Senepol Genomic Evaluation – year 2021. Available at: <https://geneplus.com.br/sumario-senepol-2021/>. Fiems, L. O. Animals, 2(3):472–506. <https://doi.org/10.3390/ani2030472>.
4. Басонов О. А., Воробьева Н. В., Шкилев Н. П. Молоко коров черно-пестрой породы отечественной и голландской селекции // Молочная промышленность. 2006. № 8. С. 21.
5. Басонов О. А., Воробьева Н. В., Тайгунов М. Е., Басонова С. С. Молочная продуктивность голштинизированного черно-пестрого скота // Зоотехния. 2010. № 7. С. 15–17. EDN: MSRJUD
6. Casas E., Bennett G.L., Smith T.P., Cundi L.V. J. Anim. Sci. 2004;82(10):2913–2918. <https://doi.org/10.2527/2004.82102913x>.
7. Сравнительная характеристика живой массы и экстерьерных особенностей коров различной линейной принадлежности в племязаводе «Пушкинское» / О. А. Басонов, Н. В. Воробьева, М. Е. Тайгунов, С. С. Басонова // Зоотехния. 2010. № 7. С. 14–15.
8. Оценка ассоциации парных сочетаний полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада BPIT-1, BGN, BGHR и BIGF с мясной продуктивностью крупного рогатого скота аулиекольской породы казахстанской селекции / И. С. Бейшова, Е. В. Белая, В. П. Терлецкий, В. В. Траисов, В.И. Кошилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1(69). С. 160–164. EDN: YSHSCO
9. Бейшова И. С. Полиморфизмы генов соматотропинового каскада, ассоциированные с мясной продуктивностью коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 58–62. EDN: UQLCZQ

10. Гладырь Е. А., Державина Г. П., Кунаева Е. К. Методы маркер-зависимой селекции // Животноводство России. 2006. № 3. С. 29–31. EDN: SFLMQH
11. Kolpakov V.I., Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. The association of polymorphism of bovine growth differentiation factor-5 gene with development of body measurements. FEBS Open Bio. 2019; 9(S1):97.
12. Использование метода ПЦР для генотипирования крупного рогатого скота по гену CAPN1 с использованием генетических маркеров / Д. Б. Косян, Л. Г. Сурундаева, Л. А. Маевская, Е. А. Русакова, О. В. Кван // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6(142). С. 26–30. EDN: PDQVTZ
13. Silva S.L., Tarouco J.U., Ferraz J.B.S., Gomes R.C., Leme P.R. et al. Braz. J. Anim. Sci. 2012; 41(9):2025–2031.
14. Полиморфизм гена соматотропного гормона в связи с качеством туш мясного скота / Т. А. Седых, Р. С. Гизатуллин, И. Ю. Долматова, И. В. Гусев, Л. А. Калашникова // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 2. С. 53–57. DOI: 10.31857/S2500-2627-2020-2-53-57. EDN: KLUYDL
15. Grobet L., Poncelet D., Royo L.J., Brouwers B., Pirottin C. [et al.]. Mamm. Genome. 1998;9(3):210–213. <https://doi.org/10.1007/s003359900727>.
16. McPherron A.C., Lee S.J. Proc. of PNAS. 1997;94(23):12457–12461. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.23.12457>.
17. Басонов О. А., Павлова О. Е. Динамика молочной продуктивности и долголетия коров в зависимости от кровности по голштинской породе // Зоотехния. 2018. № 11. С. 11–12. EDN: YMCCRN
18. Дмитрик И. И., Христенко С. А. Мясные качества молодняка герефордской породы // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2011. Т. 1. № 4-1. С. 102–104. EDN: OOLWQR
19. Дубовскова М. П. Генотипирование скота герефордской породы по генам GHR, IGF-1 и GDF5 // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 46–55. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-47. EDN: MZEQQC
20. Молочная продуктивность первотелок голштинской породы разной селекции. / О. А. Басонов, Н. П. Шкилев, А. О. Басонова, Н. И. Иванова, С. Г. Арутюнян // Зоотехния. 2019. № 10. С. 6–9. DOI: 10.25708/ZT.2019.76.50.002. EDN: VAMCKS
21. Новиков А. А., Семак М. С., Калашникова Л. А. Необходимость совершенствования системы генетической экспертизы племенной продукции в Российской Федерации // Зоотехния. 2021. № 6. С. 2–6. DOI: 10.25708/ZT.2021.17.85.001. EDN: MQDMGM
22. Подбор родительских пар герефордов с учётом антигенного спектра и ДНК маркеров / М. П. Дубовскова, М. И. Селионова, Л. Н. Чигова, В. И. Колпаков // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 4(96). С. 46–53. EDN: XILXSL
23. Басонов О. А., Клипова А. В., Шкилев Н. П. Экстерьерно-конституциональные особенности коров черно-пестрой породы разных генотипов // Зоотехния. 2018. № 11. С. 5–8. EDN: PHOIEB
24. Басонов О. А., Колесникова А. В. Влияние генотипа голштинских быков-производителей различной селекции на продуктивные показатели черно-пестрого скота // Зоотехния. 2016. № 5. С. 2–3. EDN: VWVSYX
25. Menezes G.R.O., Souza C.B., Lima A.L.R. [et al.] Effect of one copy of nt821 mutation in myostatin gene on ultrasound carcass traits in Senepol cattle. Proceedings of the Conference: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 2023. DOI: 10.3920/978-90-8686-940-4_629
26. Allais S., Levéziel H., Payet-Duprat N., Hocquette J.F., Lepetit J. et al. J. Anim. Sci. 2010;88(2):446–454. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2385>.
27. Liu Y., Jiao Y., Zan L., Xin Y., Li L., Tian W. Molecular characterization, polymorphism of growth differentiation factor 5 gene and association with ultrasound measurement traits in native Chinese cattle breeds. African Journal of Biotechnology. 2010;9(33):5269–5273.
28. Особенности полиморфизма генов гормона роста (GH), кальпаина (CAPN1) быков производителей мясных пород / М. И. Селионова, Л. Н. Чигова, М. П. Дубовскова, Е. С. Суржикова, Л. В. Кононова, Г. Н. Шарко // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2(98). С. 65–70. EDN: YTOCOB
29. Селионова М. И., Чигова Л. Н., Суржикова Е. С. Полиморфизм генов мясной продуктивности в селекции крупного рогатого скота // Цифровые технологии в сельском хозяйстве: текущее состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. по материалам I Международной научно-практической конференции. 2018. С. 223–229. EDN: YZWIMH
30. Глазко Т. Т., Комаров А.Б., Борзаковская Е. В. ДНК-технологии для повышения мясной продуктивности // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2008. № 8. С. 75–80. EDN: ISDLTF

31. Перспективные генетические маркеры крупного рогатого скота / М. И. Селионова, Л. Н. Чижова, Г. Т. Бобрышова, Е. С. Суржикова, А. К. Михайленко // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 3(31). С. 44–51. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51. EDN: YLQXKX
32. Столповский Ю. А., Свищева Г. Р., Пискунов А. К. Геномная селекция. Перспективные направления // Генетика. 2020. Т. 56. № 10. С. 1107–1114. DOI: 10.31857/S0016675820100124. EDN: GOFNCM
33. Curi R.A., Oliveira H.N., Silveira A.C., Lopes C.R. Effects of polymorphic microsatellites in the regulatory region of IGF1 and GHR on growth and carcass traits in beef cattle. Anim Genet. 2005;36(1):58–62. doi: 10.1111/j.1365-2052.2004.01226.x.
34. Bhati M., Kadri K.N., Crysnanto D., Pausch H. Assessing genomic diversity and signatures of selection in Original Braunvieh cattle using whole-genome sequencing data. BMC Genomics. 2020 Jan 8;21(1):27. doi: 10.1186/s12864-020-6446-y.
35. Шарипов А. А., Шакиров Ш. К., Юльметьева Л. И., Гафурова Ю. Р. Молекулярно-генетические аспекты селекции мясного скота по мраморности мяса // Вестник мясного скотоводства. 2014. Т. 2(85). С. 59–64. EDN: SFEWEB
36. Колесникова А. В., Басонов О. А. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции // Зоотехния. 2017. № 1. С. 10–12. EDN: XWVGGV
37. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И. М. Дунин, С. Е. Тяпугин, Р. К. Мещеров, В. П. Ходыков, В. К. Аджибеков, Е. Е. Тяпугин, А. В. Дюльдина // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2–7. DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001. EDN: TPIWMS
38. Племяшов К. Геномная селекция – будущее животноводства // Животноводство России. 2014. № 5. С. 2–4. EDN: TAZUUZ
39. Эрнст Л. К., Зиновьева Н. А. Биологические проблемы животноводства в XXI веке. Москва, 2008. 508 с. EDN: SFCRWP
40. Логинова Т. П., Басонов О. А. Продуктивность черно-пестрых коров различной селекции // Зоотехния. 2005. № 7. С. 18–20. EDN: JXDGEJ
41. Селионова М. И., Плахтюкова В. Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам CAPN1 и GH // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9–13. DOI: 10.33943/MMS.2020.96.35.003. EDN: PSUUWU
42. Дубовскова М. П., Герасимов Н. П. Характеристика генетической структуры стада племенных бычков герефордской породы по полиморфизму генов GH (C. 2141C>G) и TG5 (C. 422C>T) в динамике поколений // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 47–56. DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-47. EDN: CHOYEQ
43. Tyulebaev S.D., Kadyshcheva M.D., Kosilov V.I., Gabidulin V.M. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat Simmentals. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness 4-5 July 2020, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation, Bristol, England: IOP Publishing. 2021;624:012045.
44. Юлдашбаев Ю. А., Бейшова М. С., Ковальчук А. М. Влияние полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада bGH, bGHR и bIGF-1 на признаки мясной продуктивности у крупного рогатого скота мясного направления казахстанской селекции // Доклады ТСХА: сб. ст. Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. Вып. 292. Ч. IV. С. 613–617. EDN: NSFFAM
45. Aguilar I., Misztal I., Johnson D. L., Legarra A., Tsuruta S. et al. J. Dairy. Sci. 2010;93(2):743–752. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2730>.
46. Басонов О. А., Павлова О. Е. Продолжительность хозяйственного использования коров от уровня их молочной продуктивности // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4(40). С. 103–107. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-103-107. EDN: YKHMDC
47. Сравнительная характеристика живой массы и экстерьерных особенностей коров различной линейной принадлежности в племязаводе «Пушкинское» / О. А. Басонов, Н. В. Воробьева, М. Е. Тайгунов, С. С. Басонова // Зоотехния. 2010. № 7. С. 14–15. EDN: MSRJTT
48. Руденко О. В., Комарова Г. Д., Басонов О. А. Руководство по увеличению продуктивного долголетия скота молочного направления продуктивности в условиях Нижегородской области: методические рекомендации. Нижний Новгород, 2015. 47 с. EDN: TULFQD
49. Прахов А. Л., Басонов О. А. Молочная продуктивность и селекционно-генетические параметры чёрно-пёстрых коров отечественной и датской селекций // Аграрная наука. 2005. № 3. С. 22–24. EDN: PKSZGF
50. Руденко О. В., Басонов О. А. Молочная продуктивность голштинизированных чёрно-пёстрых коров как фактор их продуктивного долголетия // Пути продления продуктивной жизни молочных ко-

ров на основе оптимизации разведения, технологий содержания и кормления животных: материалы международной научно-практической конференции. 2015. С. 108–110. EDN: XVRZKX

51. Качество туш мясного скота различных генотипов по гену тиреоглобулина (TG5) / Т. А. Седых, Л. А. Калашникова, Р. С. Гизатуллин, В. И. Косилов // Зоотехния. 2020. № 7. С. 4–8. DOI: 10.25708/ZT.2020.98.58.002. EDN: ETZLQU

References

1. Glazko V.I., Glazko G.V. *Vvedeniye v genetiku, bioinformatika, DNK-tehnologiya, gennaya terapiya, DNK-ekologiya, proteomika, metabolika* [Introduction to genetics, bioinformatics, DNA technology, gene therapy, DNA ecology, proteomics, metabolic]. Moscow: Kurs, 2018. (In Russ.)
2. Dunner S., Charlier C., Fanir, F., Brouwers B., Canon J. et al. *Mamm. Genome*. 1997;8(6):430–435. <https://doi.org/10.1007/s003359900462>.
3. Embrapa Geneplus Program for Senepol Breed (Geneplus Senepol), The Brazilian Senepol Genomic Evaluation – year 2021. Available at: <https://geneplus.com.br/sumario-senepol-2021> / .Fiems, L. O. *Animals*, 2(3):472–506. <https://doi.org/10.3390/ani2030472>.
4. Basonov O.A., Vorobyova N.V., Shkilev N.P. Milk from black-and-white cows of domestic and Dutch selection. *Dairy industry*. 2006;(8):21. (In Russ.)
5. Basonov O.A., Vorobyova N.V., Taigunov M.E., Basonova S.S. Milk productivity of holsteinized black-and-white cows in depends on lactation and linear feature. *Zootechnia*. 2010;(7):15–17. (In Russ.). EDN: MSRJUD
6. Casas E., Bennett G.L., Smith T.P., Cundi L.V. *J. Anim. Sci.* 2004;82(10):2913–2918. <https://doi.org/10.2527/2004.82102913x>.
7. Basonov O.A., Vorobyova N.V., Taigunov M.E., Basonova S.S.. Comparative characteristics of live weight and exterior features of cows of various linear affiliation in the "Pushkinskoe" breeding farm. *Zootechniya*. 2010;(7):14–15. (In Russ.)
8. Beishova I.S., Belaya E.V., Terletsky V.P., Traisov V.V., Kosilov V.I. Evaluation of the association of paired combinations of polymorphic variants of the genes of the somatotropin cascade BPIT-1, BGH, BGHR and BIGF with meat productivity of cattle of the Auliekolskaya breed of Kazakh breeding. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;1(69):160–164. (In Russ.). EDN: YSHSCO
9. Beishova, I.S. Polymorphisms of the genes of the somatotropin cascade associated with the meat productivity of cows of the Kazakh white-headed breed. *Bulletin Samara state agricultural academy*. 2018;(1):58–62. (In Russ.). EDN: UQLCZQ
10. Gladyr E.A., Derzhavina G.P., Kunaeva E.K. Methods of marker-dependent selection. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2006;(3):29–31. (In Russ.). EDN:SFLMQH
11. Kolpakov V.I., Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. The association of polymorphism of bovine growth differentiation factor-5 gene with development of body measurements. *FEBS Open Bio*. 2019; 9(S1):97.
12. Kosyan D.B., Surundaeva L.G., Mayevskaya L.A., Rusakova E.A., Kvan O.V. Using the PCR method for genotyping cattle by the CAPN1 gene using genetic markers. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2012;6(142):26–30. (In Russ.). EDN: PDQVTZ
13. Silva S.L., Tarouco J.U., Ferraz J.B.S., Gomes R.C., Leme P.R. et al. *Braz. J. Anim. Sci.* 2012; 41(9):2025–2031.
14. Sedykh T.A. [et al.]. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. *Russian agricultural science*. 2020;(2):53–57. (In Russ.). DOI: 10.31857/S2500-2627-2020-2-53-57. EDN: KLUYDL
15. Grobet L., Poncelet D., Royo L.J., Brouwers B., Pirottin C. [et al.]. *Mamm. Genome*. 1998;9(3):210–213. <https://doi.org/10.1007/s003359900727>.
16. McPherron A.C., Lee S.J. *Proc. of PNAS*. 1997;94(23):12457–12461. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.23.12457>.
17. Basonov O.A., Pavlova O.E. Dynamics of dairy productivity and longevity of Holstein dairy cows. *Zootechnia*. 2018;(11):11–12. (In Russ.). EDN: YMCCRN
18. Dmitrik I.I., Khristenko S.A. Meat qualities of young Hereford breed. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and feed production]. 2011;1(4-1):102–104. (In Russ.). EDN: OOLWQR

19. Dubovskova M.P. Genotyping of Hereford cattle by genes GHR, IGF-1 and GDF5. *Animal husbandry and fodder production*. 2022;105(3): C. 46–55. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-47. EDN: MZEQQC
20. Basonov O.A., Shkilev N.P., Basonova A.O., Ivanova N.I., Harutyunyan S. G. Dairy productivity of Holstein breed cows-heifers of different selection. *Zootechniya*. 2019;(10):6–9. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2019.76.50.002. EDN: VAMCKS
21. Novikov, A.A., Semak, M.S., Kalashnikova, L.A. The need to improve the system of genetic expertise of breeding products in the Russian Federation *Zootechniya*. 2021;(6):2–6. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2021.17.85.001. EDN: MQDMGM
22. Dubovskova M.P., Selionova M.I., Chizhova L.N., Kolpakov V.I. Selection of parent pairs of herefords taking into account the antigenic spectrum and DNA markers. *Herald of beef cattle breeding*. 2016;4(96):46–53. (In Russ.). EDN: XILXSL
23. Basonov O.A., Klipova A.V., Shkilev N.P. Exterior and constitutional features of black-and-white cows of different genotypes. *Zootechniya*. 2018;(11):5–8. (In Russ.). EDN: PHOIEB
24. Basonov O.A., Kolesnikova A.V. Effect of genotype of Holstein stud bulls of various selection on productive performance of black-and-white cattle. *Zootechniya*. 2016;(5):2-3. (In Russ.). EDN: VWVSX
25. Menezes G.R.O., Souza C.B., Lima A.L.R. [et al.] Effect of one copy of nt821 mutation in myostatin gene on ultrasound carcass traits in Senepol cattle. *Proceedings of the Conference: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. 2023. DOI: 10.3920/978-90-8686-940-4_629
26. Allais S., Levéziel H., Payet-Duprat N., Hocquette J.F., Lepetit J. et al. *J. Anim. Sci.* 2010;88(2):446–454. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2385>.
27. Liu Y., Jiao Y., Zan L., Xin Y., Li L., Tian W. Molecular characterization, polymorphism of growth differentiation factor 5 gene and association with ultrasound measurement traits in native Chinese cattle breeds. *African Journal of Biotechnology*. 2010;9(33):5269-5273.
28. Selionova, M.I. [et al.]. Polymorphism peculiarities of growth hormone (GH), calpain (CAPN1) genes of beef sires. *Herald of beef cattle breeding*. 2017;2(98):65–70. (In Russ.). EDN: YTOCOB
29. Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S. Polymorphism of meat productivity genes in cattle breeding. *Tsifrovyye tekhnologii v sel'skom khozyaystve: tekushcheye sostoyaniye i perspektivy razvitiya: sb. nauch. tr. po materialam I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Digital technologies in agriculture: current status and development prospects: collection. scientific tr. based on materials from the I International Scientific and Practical Conference] 2018. Pp. 223–229. (In Russ.). EDN: YZWIMH
30. Glazko T.T., Komarov A.B., Borzakovskaya E.V. DNA-technologies for meat productivity increasing. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. 2008;(8):75–80. (In Russ.). EDN: ISDLTF
31. Selionova M.I., Chizhova L.N., Bobryshova G.T., Surzhikova E.S., Mikhaylenko A.K. Perspective genetic markers of horned cattle. *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2018;3(31):44–51. (In Russ.). DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51. EDN: YLQXX
32. Stolpovsky Y.A., Svishcheva G.R., Piskunov A.K. Genomic selection. II. Latest trends and future trajectories. *Russian Journal of Genetics* [Genetika]. 2020;56(10):1107–1114. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0016675820100124. EDN: GOFENM
33. Curi R.A., Oliveira H.N., Silveira A.C., Lopes C.R. Effects of polymorphic microsatellites in the regulatory region of IGF1 and GHR on growth and carcass traits in beef cattle. *Anim Genet*. 2005;36(1):58–62. doi: 10.1111/j.1365-2052.2004.01226.x.
34. Bhati M., Kadri K.N., Crysnanto D., Pausch H. Assessing genomic diversity and signatures of selection in Original Braunvieh cattle using whole-genome sequencing data. *BMC Genomics*. 2020 Jan 8;21(1):27. doi: 10.1186/s12864-020-6446-y.
35. Sharipov A.A., Shakirov Sh.K., Yulmetyeva L.I., Gafurova Yu.R. Molecular genetic aspects of breeding beef cattle by marbling meat. *Herald of beef cattle breeding*. 2014;2(85):59–64. (In Russ.). EDN: SFEWEB
36. Kolesnikova A.V., Basonov O.A. The genetic potential of various selection Holstein sires. *Zootechniya*. 2017;(1):10–12. (In Russ.). EDN: XWVGGV
37. Dunin I.M. [et al.]. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Dairy and beef cattle farming*. 2020. No. 2. C. 2–7. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001. EDN: TPIWMS
38. Plemyashov K. Genomic selection: the future of livestock production. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2014;(5):2–4. (In Russ.). EDN: TAZUUZ
39. Ernst L.K., Zinovieva N.A. *Biologicheskiye problemy zhivotnovodstva v XXI veke* [Biological problems of livestock farming in the 21st century]. Moscow, 2008. 508 p. (In Russ.). EDN: SFCRWP

40. Loginova T.P., Basonov O.A. Productivity of black-and-white cows different selection. *Zootechniya*. 2005;(7):18–20. (In Russ.). EDN: JXDGEJ
41. Selionova, M.I., Plakhtyukova, V.R. Meat productivity of Kazakh white-headed bulls of different genotypes according to CAPN1 and GH genes. *Dairy and beef cattle farming*. 2020. № 4. С. 9–13. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.96.35.003. EDN: PSUUWU
42. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Characteristics of the genetic structure of a herd of breeding Hereford bulls by polymorphism of the genes GH (C. 2141CG) and TG5 (C. - 422CT) in the dynamics of generations. *Animal husbandry and fodder production*. 2021;104(4):47–56. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-47. EDN: CHOYEQ
43. Tyulebaev S.D., Kadyshcheva M.D., Kosilov V.I., Gabidulin V.M. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat Simmentals. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness 4-5 July 2020, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation, Bristol, England: IOP Publishing. 2021;624:012045.
44. Yuldashbayev Yu.A., Beishova M.S., Kovalchuk A.M. Influence of polymorphic variants of the genes of the somatotropin cascade bGH, bGHR and bigF-1 on signs of meat productivity in cattle of the meat direction of Kazakh breeding. *Doklady TSKHA: sb. st. [Reports of the TSHA: collection. Art.]*. Moscow: Izd-vo RGAU-MSKHA, 2020. Vol. 292. Part IV. Pp. 613–617. (In Russ.). EDN: NSFFAM
45. Aguilar I., Misztal I., Johnson D. L., Legarra A., Tsuruta S. et al. *J. Dairy. Sci.* 2010;93(2):743–752. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2730>.
46. Basonov O.A., Pavlova O.E. Duration of economic use of cows depending on their milk productivity level. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2017;4(40):103–107. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-103-107. EDN: YKHMD
47. Basonov O.A., Vorobyova N.V., Taigunov M.E., Basonova S.S. Comparative characteristics of live body weight and exterior peculiarities of cows of different lines in herd plant "pushkinskoe". *Zootechniya*. 2010;(7):14-15. (In Russ.). EDN: MSRJTT
48. Rudenko O.V., Komarova G.D., Basonov O.A. *Rukovodstvo po uvelicheniyu produktivnogo dolgoletiya skota molochnogo napravleniya produktivnosti v usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti. Metodicheskiye rekomendatsii* [A guide to boosting the productive longevity of dairy cattle productivity in the Nizhny Novgorod region. Methodological recommendations]. Nizhny Novgorod, 2015. 47 p. EDN: TULFQD
49. Prakhov A.L., Basonov O.A. Milk productivity and selection-genetic parameters of black-spotted cows of the local and Danish selection. *Agrarian Science*. 2005;(3):22–24. EDN: PKSZGF
50. Rudenko O.V., Basonov O.A. Milk yield of holsteinized black and white cows as factor for their productive longevity. *Puti prodleniya produktivnoy zhizni molochnykh korov na osnove optimizatsii razvedeniya, tekhnologii soderzhaniya i kormleniya zhivotnykh: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Ways to extend the productive life of dairy cows based on optimization of breeding, technologies for keeping and feeding animals: materials of the international scientific and practical conference]. 2015. Pp. 108–110. EDN: XVRZKX
51. Sedykh T.A., Kalashnikova L.A., Gizatullin R.S., Kosilov V.I. The quality of carcasses of beef cattle of various genotypes according to the thyroglobulin (TG5) gene. *Zootechniya*. 2020;(7):4–8. DOI: 10.25708/ZT.2020.98.58.002. EDN: ETZLQU

Сведения об авторах

Басонов Орест Антипович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, проректор по научной и инновационной работе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет», SPIN-код: 7355-6560

Гиноян Рубен Варданович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет», SPIN-код: 5660-9030

Козминская Алиса Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет», SPIN-код: 7572-6289

Асадчий Артем Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет», SPIN-код: 8295-7161

Information about the authors

Orest A. Basonov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department "Private Animal Science and Breeding of Agricultural Sciences", Vice-Rector for Scientific and Innovative Work, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, SPIN-code: 7355-6560

Ruben V. Ginoyan – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department "Commodity Science and Processing of livestock Products", Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, SPIN-code: 5660-9030

Alisa S. Kozminskaya – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Science and Breeding of Farm Animals, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, SPIN-code: 7572-6289

Artem A. Asadchy – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Private Animal Science and Breeding of Farm Animals, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, SPIN-code: 8295-7161

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 24.11.2023;
одобрена после рецензирования 06.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 24.11.2023;
approved after reviewing 06.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

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 620.178

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-103-109

**Исследование процессов трения и износа конструкционных
материалов сельскохозяйственного назначения****Владимир Закиевич Алоев¹, Заира Муссавна Жирикова²,****Кантемир Владимирович Алоев³**^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030³Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ул. Миклухо-Маклая, 6,
Москва, Россия, 117198¹aloev56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5080-4133>²✉ zaira.dumaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5268-5545>³kantemir.aloev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0765-9790>

Аннотация. В связи с широким применением полимеров в качестве конструкционных материалов проблема повышения надежности и долговечности конструкции является актуальной. Эта проблема может быть решена использованием полимерных композитов, наполненных короткими углеродными волокнами. Наполнение полимеров твердыми волокнами обеспечивает стабильную работу узлов трения. Исследованы структурные особенности фрикционного износа углепластиков на основе фенилона, наполненного углеродным волокном. Показано, что трибологические свойства полимерных композитов фенилон/углеродное волокно, а именно коэффициент трения и фрикционный износ, полностью определяются тремя факторами: фрикционными характеристиками матричного полимера (фенилона), его структурой и режимом испытаний. Отмечено, что структура аморфного состояния матричного полимера представляет собой области локального порядка (кластеры), состоящие из нескольких коллинеарных плотноупакованных сегментов разных макромолекул. Обнаружена взаимосвязь кластерной структуры аморфного состояния полимеров с температурой в зоне трения, увеличение которого приведет к их частичному распаду, и, как следствие, повышению относительной доли рыхлоупакованной матрицы. Получены корреляционные зависимости между коэффициентом трения, линейным износом и относительной доли рыхлоупакованной матрицы. Результаты работы позволяют предложить методику прогнозирования параметров процессов трения и износа, а также выбора материала для использования в узлах трения сельскохозяйственных машин. Предложенная методика прогнозирования позволяет целенаправленно изменять трибологические характеристики рассматриваемых полимерных композитов.

Ключевые слова: углепластик, фенилон, углеродное волокно, интенсивность износа, коэффициент трения, температура контакта, кластерная модель, температура стеклования

Для цитирования. Алоев В. З., Жирикова З. М., Алоев К. В. Исследование процессов трения и износа конструкционных материалов сельскохозяйственного назначения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 103–109.
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-103-109

Original article

Investigation of the processes of friction and wear of structural materials for agricultural purposes

Vladimir Z. Alov¹, Zaira M. Zhirikova^{✉2}, Kantemir V. Alov³

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

³Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklay Street, Moscow, Russia, 117198

¹aloev56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5080-4133>

^{✉2}zaira.dumaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5268-5545>

³kantemir.aloev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0765-9790>

Abstract. Due to the widespread use of polymers as structural materials, the problem of increasing the reliability and durability of the structure is relevant. This problem can be solved by using polymer composites filled with short carbon fibers. Filling polymers with hard fibers ensures stable operation of friction units. Structural features of frictional wear of carbon fiber-based phenylene filled carbon fiber are investigated. It is shown that the tribological characteristics of phenylon/carbon fiber polymer composites, namely the coefficient of friction and friction wear, are completely determined by three factors: tribological characteristics of the matrix polymer (phenylon), its structure and test mode. It is noted that the structure of the amorphous state of the matrix polymer is a region of local order (clusters) consisting of several collinear densely packed segments of different macromolecules. The relationship of the cluster structure of the amorphous state of polymers with the temperature in the friction zone, an increase in which will lead to their partial decay, and as a consequence, an increase in the relative proportion of the loosely packed matrix, is found. Correlations between the coefficient of friction, linear wear and the relative fraction of the loosely packed matrix are obtained. The results obtained allow us to propose a methodology for predicting the parameters of friction and wear processes, as well as the choice of material for use in friction units of agricultural machines. The proposed forecasting technique makes it possible to change purposefully the tribological characteristics of the polymer composites under consideration.

Keywords: composites, ultimate strength, ultrahigh molecular weight polyethylene, degree of extraction, interfacial strength, Leidner-Woodhams equation, microplasticity

For citation. Alov V.Z., Zhirikova Z.M., Alov K.V. Investigation of the processes of friction and wear of structural materials for agricultural purposes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):103–109. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-103-109

Введение. В настоящее время одной из актуальных проблем сельскохозяйственного машиностроения является повышение надежности и долговечности конструкций. Эффективный способ решения этой проблемы – использование полимерных материалов для замены традиционных конструкционных и антифрикционных [1]. Перспективными материалами для этих целей

являются полимерные композиты, наполненные короткими волокнами. Наполнение полимеров твердыми волокнами придает этим материалам ряд желательных свойств: повышает жесткость, сопротивляемость текучести, прочность, огнестойкость, вязкость разрушению, трибологическую износостойкость, снижает коэффициент теплового расширения и трения [2].

Однако отсутствие качественной структурной модели для полимерных композитов до недавнего времени являлось препятствием для аналитического описания трения и фрикционного износа этих материалов. Имеющиеся экспериментальные данные [3] однозначно указывают на важную роль полимерной матрицы в указанных процессах. Эта роль заметно повышается при более жёстких режимах (удельной нагрузки P и скорости скольжения v) трения из-за повышения температуры в зоне контакта. Появление кластерной модели структуры аморфного состояния полимеров [4, 5] позволило выявить основные структурные аспекты процессов трения и фрикционного износа. Авторы [6] рассмотрели этот вопрос на примере углепластиков на основе фенилона.

Рассмотрим имеющиеся основания взаимосвязи структуры полимерной матрицы композита и основных параметров трения и фрикционного износа. Во-первых, как показали результаты работы [2], при повышении температуры в зоне контакта T_k от 327 до 452K, т. е. на 125K, наблюдается резкое увеличение интенсивности линейного износа I – примерно в 4,5 раза. Такое поведение характерно для полимеров при приближении температуры испытаний к температуре стеклования T_g , но не для углеродных волокон, чья термостойкость существенно выше. Во-вторых, с увеличением жёсткости условий испытания, в частности при повышении удельной нагрузки P наблюдается ориентация волокон по направлению трения, происходит нарушение их равномерного распределения, на испытываемом материале появляются в большом количестве длинные волокна, не изломанные в процессе изнашивания, а выдернутые из матрицы, что служит доказательством её размягчения на пятнах контакта [3]. Наличие продуктов износа указывает на износ именно полимерной матрицы композита.

Цель исследования – выяснение структурных особенностей в полимерных композитах, наполненных короткими волокнами, определяющими величину массового фрикционного износа и коэффициента трения.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве матричного полимера использован ароматический полиамид-

фенилон С-2 (ТУ 6-05-226-72), имеющий температуру стеклования 553K, в виде мелкодисперсного порошка с насыпной плотностью 330 кг/м³ [7].

В качестве наполнителя использовали высокомодульное углеродное волокно (УВ) марки «Урал 15», имеющий диаметр 7-9 мкм, длину 3 мм, плотность 1320 кг/м³. Массовое содержание УВ в исследуемых образцах составляло 15%, что соответствует объемному наполнению $\phi_n \approx 0,115$.

Композит готовили «сухим» способом, включающим смешение композитов во вращающемся электромагнитном поле. Для этого в реактор загружали порошкообразный полимер, УВ и неравновесные ферромагнитные частицы длиной 40 мм. Далее реактор помещали в расточку генератора электромагнитного аппарата. Под воздействием вращающегося электромагнитного поля ферромагнитные частицы начинают вращаться, сталкиваясь между собой, в результате чего УВ равномерно (хаотически) распределяются в полимерной матрице. В результате соударений частицы истираются, и продукты износа попадают в композицию. Для удаления ферромагнитных частиц после смешивания использовали два метода: магнитной и механической сепарацией [6].

Трибологические свойства композитов С-2/УВ изучали на дисковой машине трения по методике, описанной в работе [8]. В качестве материала контртела использовали сталь 45 (ГОСТ 1050-74), термообработанную до твердости 45-48 HRC, которая имеет шероховатость поверхности $Ra = 0,16-0,32$ мкм. Точность измерения силы трения и линейного износа образца составляет $\pm 5\%$ [8]. Перед испытаниями проводилась приработка диска трением по образцу в течение 20 секунд, после чего диск промывался бензином. Износ образцов определяли весовым методом на аналитических весах ВЛР-200 (ГОСТ 21104-80) с точностью $\pm 0,1$ мг. Интенсивность линейного изнашивания рассчитывали согласно методике, описанной в работе [8].

Результаты исследования. На рисунке 1 приведена зависимость температуры в зоне контакта T_k от величины $(P \cdot v)$ для углепластика на основе фенилона. Как можно видеть, наблюдается монотонное увеличение T_k по мере роста $(P \cdot v)$. Характерно снижение

скорости повышения T_k при увеличении $(P \cdot v)$, что является типичным признаком протекания процесса с участием фрактального объекта [9]. Этого следовало ожидать, поскольку структура полимерной матрицы является фракталом [10]. Важно отметить эквивалентность параметров P и v в интенсификации нагрева поверхности композита. Линеаризировать зависимость $T_k(P \cdot v)$ можно использованием корня квадратного для аргумента и тогда приведенную на рисунке 1 зависимость аналитически можно записать так [6]:

$$T_k = 293 + 72(P \cdot v)^{1/2}, \text{ К}, \quad (1)$$

где:

P дается в МПа, а v – в м/с.

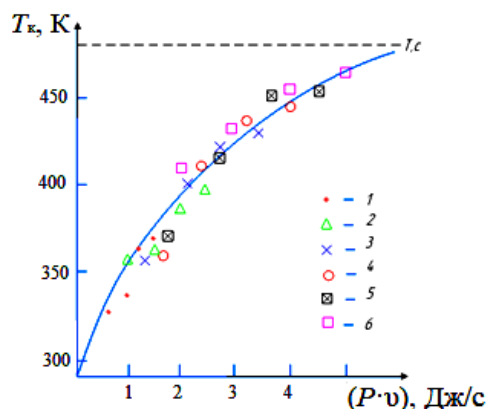


Рисунок 1. Зависимость температуры в зоне контакта T_k от величины $(P \cdot v)$ для углепластика на основе фенилона при удельных нагрузках P : 0,6(1), 1,0(2), 1,4(3), 1,6(4), 1,8(5) и 2,0(6) МПа

Figure 1. Dependence of the temperature in the T_k contact zone on the value $(P \cdot v)$ for carbon fiber based on phenylene at specific loads P : 0,6(1), 1,0(2), 1,4(3), 1,6(4), 1,8(5) and 2,0(6) МПа

Кластерная модель [4, 5] предполагает, что структура аморфного состояния полимеров представляет собой области локального порядка (кластеры), состоящие из нескольких коллинеарных плотноупакованных сегментов разных макромолекул (аморфный аналог кристаллита с вытянутыми цепями) и окруженные упакованной матрицей. Поскольку кластеры имеют термофлуктуационную природу, то увеличение T_k в зоне трения должно вызвать их частичный распад и, как следствие, снижение их относительной доли $\phi_{кл}$ при соответствующем повышении относительной доли рыхлоупакованной мат-

рицы $\phi_{р.м.}$, поскольку величины $\phi_{кл}$ и $\phi_{р.м.}$ связаны между собой соотношением [4]:

$$\phi_{р.м.} = 1 - \phi_{кл}. \quad (2)$$

Величину $\phi_{кл}$ как функцию температуры T_k в поверхностном слое композита можно определить согласно перколлекционному соотношению [11]:

$$\phi_{кл} \approx 0,03(T_c - T)^{0,55}, \quad (3)$$

где:

$T = T_k$ – температура испытаний.

Полагая, что для фенилона $T_c = 523 \text{ К}$ [6], можно из уравнения (3) определить величину $\phi_{кл}$, а затем из уравнения (2) рассчитать $\phi_{р.м.}$. Ранее было показано [1], что увеличение $(P \cdot v)$ и, следовательно, T_k приводит к уменьшению коэффициента трения f от 0,17 до 0,07. Это предполагает возможную взаимосвязь структурных характеристик, например, $\phi_{р.м.}$ и f . На рисунке 2 показана зависимость f от обратной величины $\phi_{р.м.}$. Как следует из данных этого рисунка, несмотря на существенный разброс, наблюдается тенденция линейного увеличения f по мере роста $\phi_{р.м.}^{-1}$ или уменьшения $\phi_{р.м.}$. Аналитически эта корреляция может быть описана так [6]:

$$f = 0,05 + 0,138(\phi_{р.м.}^{-1} - 1) \quad (4)$$

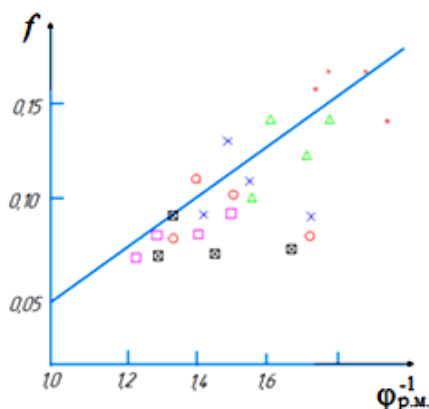


Рисунок 2. Зависимость коэффициента трения f от обратной величины относительной доли рыхлоупакованной матрицы $\phi_{р.м.}$ для углепластиков на основе фенилона.

Обозначения те же, что и на рисунке 1
Figure 2. The dependence of the coefficient of friction f on the inverse value of the relative fraction of the loosely packed matrix $\phi_{р.м.}$ for carbon fiber based on phenylene.

The designations are the same as in Figure 1

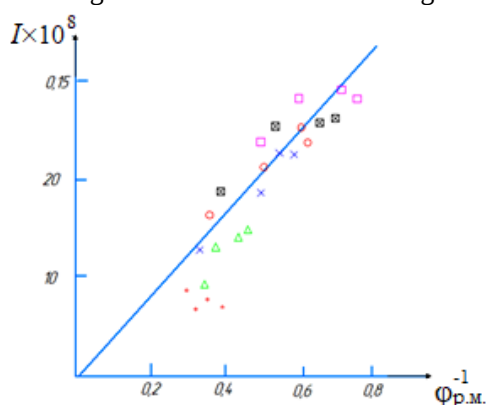


Рисунок 3. Зависимость интенсивности линейного износа I от квадрата относительной доли рыхлоупакованной матрицы $\varphi_{р.м.}$ для углепластиков на основе фенилона. Обозначения те же, что и на рисунке 1

Figure 3. The dependence of the intensity of linear wear I on the square of the relative fraction of the loosely packed matrix $\varphi_{р.м.}$ for carbon fiber based on phenylene. The designations are the same as in Figure 1

Как показали данные работы [2], увеличение температуры в зоне контакта приводит к повышению линейного износа I образцов композитов. Поскольку повышение T_k также определяет рост $\varphi_{р.м.}$, то следует ожидать корреляции между I и $\varphi_{р.м.}$. Как показали данные рисунка 3, такая корреляция действительно существует и аналитически выражается следующим образом [6]:

$$I = 10^{-6} \cdot \varphi_{р.м.}^2, \text{ м} \quad (5)$$

Квадратичная форма корреляции между I и $\varphi_{р.м.}$ подтверждает сильное влияние последнего параметра и линейный износ композитов.

Выводы. Таким образом, полученные в настоящей работе результаты предполагают, что основные трибологические характеристики углепластиков фенилон/углеродное волокно, а именно коэффициент трения и фрикционный износ, полностью определена тремя факторами: трибологическими характеристиками матричного полимера (фенилона), его структурой и режимом испытаний. С практической точки зрения полученные результаты позволяют предположить следующую методику прогнозирования параметров процессов трения и износа, а также выбора материала для использования в узлах трения. Эта методика заключается в использовании в качестве исходного параметра произведение $(p \cdot v)$, по которому согласно уравнению (1) рассчитывается температура в зоне контакта, далее по уравнениям (2) и (3) оценивается относительная доля рыхлоупакованной матрицы. $\varphi_{р.м.}$, и наконец согласно аналитическим соотношениям (4) и (5) определяются эксплуатационные характеристики (коэффициент трения f и фрикционный износ I) композитного материала. Предложенная методика позволяет целенаправленно изменять трибологические характеристики рассматриваемых полимерных композитов.

Список литературы

1. Ричардсон М. (Ред.). Промышленные полимерные композиционные материалы / Пер. с англ.; под ред. П. Г. Бабаевского. Москва: Химия, 1980. 472 с.
2. Буря А. И., Леви А. Г., Бедин А. С., Левин Р. М., Райкин В. Г. Влияние модуля упругости углеродных волокон на трение и износ углепластиков на основе ароматического полиамида // Трение и износ. 1984. Т. 5. № 5. С. 932–935.
3. Буря А. И., Молчанов Б. И. Трение и износ полиамида-6 и углепластиков на его основе // Трение и износ. 1992. Т. 13. № 5. С. 900–904.
4. Козлов Г. В., Новиков В. У. Кластерная модель аморфного состояния полимеров // Успехи физических наук. 2001. Т. 171. № 7. С. 717–764.
5. Kozlov G.V., Zaikov G.E. Structure of the polymer amorphous. Leiden-Boston, Brill Academic Publishers, 2004. 465 p.
6. Козлов Г. В., Буря А. И., Алоев В. З., Яновский Ю. Г. Структурный аспект межфазной адгезии в углепластиках // Физическая мезомеханика. 2005. Т. 8. № 2. С. 35–38. EDN: ILFYCT
7. Соколов Л. Б., Кузнецов Г. А., Герасимов В. Д. Фенилон – термостойкий ароматический полиамид // Пластические массы. 1967. № 9. С. 21–23.

8. Методика расчетной оценки износостойкости поверхностей трения деталей машин / ВНИИ по нормализации в машиностроении; [Исполн. А. В. Блюмен, М. В. Семенова, А. О. Шейвехман, Д. Г. Эфрос]. Москва: Изд-во стандартов, 1979. 100 с.
9. Мейланов Р. П., Свешникова Д. А., Шабанов О. М. Кинетика сорбции в системах с фрактальной структурой // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2001. № 1. С. 63–66.
10. Козлов Г. В., Новиков В. У. Синергетика и фрактальный анализ сетчатых полимеров. Москва: Классика, 1998. 112 с.
11. Козлов Г. В., Газаев М. А., Новиков В. У., Микитаев А. К. Моделирование структуры аморфных полимеров как перколяционного кластера // Письма в ЖТФ. 1996. Т. 22. № 6. С. 31–38.

References

1. Richardson M.O. W., ed. *Promyshlennyye polimernyye kompozitsionnyye materialy. Per. s angl.; pod red. P.G. Babayevskogo* [Polymer engineering composites. Per. from English edited by P.G. Babaevsky]. Moscow: Khimiya, 1980. 472 p. (In Russ.)
2. Burya A.I., Levi A.G., Bedin A.S., Levin R.M., Raikin V.G. Influence of the modulus of elasticity of carbon fibers on friction and wear of carbon fiber based on aromatic polyamide. *Friction and wear*. 1984;5(5):932-935. (In Russ.)
3. Burya A.I., Molchanov B.I. Friction and wear of polyamide-6 and carbon fiber plastics based on it. *Friction and wear*. 1992;13(5):900-904. (In Russ.)
4. Kozlov G.V., Novikov V.U. A cluster model for the polymer amorphous state. *Uspekhi fizicheskikh nauk*. 2001;171(7):717-764. (In Russ.)
5. Kozlov G.V., Zaikov G.E. Structure of the polymer amorphous. Leiden-Boston, Brill Academic Publishers, 2004. 465 p.
6. Kozlov G.V., Burya A.I., Aloev V.Z., Yanovsky Yu.G. The structural aspect of interfacial adhesion in carbon plastics. *Physical mesomechanics*. 2005;8(2):35–38. (In Russ.). EDN: ILFYCT
7. Sokolov L.B., Kuznetsov G.A., Gerasimov V.D. Phenylon – heat-resistant aromatic polyamide. *Plasticheskiye massy*. 1967;(9):21–23. (In Russ.)
8. *Metodika raschetnoy otsenki iznosostoykosti poverkhnostey treniya detaley mashin. VNII po normalizatsii v mashinostroyenii. Ispoln. A. V. Blyumen, M. V. Semenova, A. O. Sheyvekhman, D. G. Efros* [Methodology for calculating the wear resistance of friction surfaces of machine parts. All-Russian research institute for normalization in mechanical engineering. Executive. A.V. Blumen, M.V. Semenova, A.O. Sheivehman, D.G. Efros]. Moscow: Izd-vo standartov, 1979. 100 p. (In Russ.)
9. Meilanov R.P., Svешnikova D.A., Shabanov O.M. Sorption kinetics in systems with fractal structure. *University News. North-Caucasian region. Technical sciences* [Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii region. Technical science]. 2001;(1):63–66. (In Russ.)
10. Kozlov G.V., Novikov V.U. *Sinergetika i fraktal'nyy analiz setchatykh polimerov* [Synergetics and fractal analysis of network polymers]. Moscow: Classika, 1998. 112 p. (In Russ.)
11. Kozlov G.V., Gazaev M.A., Novikov V.U., Mikitaev A.K. Modeling of the structure of amorphous polymers as a percolation cluster. *Technical Physics Letters*. 1996;22(6):31–38. (In Russ.)

Сведения об авторах

Алоев Владимир Закиевич – доктор химических наук, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4533-8035, Scopus ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Жирикова Заира Муссавна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4378-8131, Scopus ID: 55558043600, Researcher ID: AAF-3690-2022

Алоев Кантемир Владимирович – аспирант кафедры теории права и государства, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», SPIN-код: 6392-4344, Researcher ID: JNS-4428-2023

Information about the authors

Vladimir Z. Aloev – Doctor of Chemical Sciences, professor in the chair of Technical mechanics and physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4533-8035, Scopus ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Zaira M. Zhirikova – Candidate of physic-mathematical sciences associate professor at the department of technical mechanics and physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4378-8131, Scopus ID: 55558043600 Researcher ID: AAF-3690-2022

Kantemir V. Aloev – postgraduate student of the Department of Theory of Law and State, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia», SPIN-code: 6392-4344, Researcher ID: JNS-4428-2023

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 09.11.2023;
одобрена после рецензирования 22.11.2023;
принята к публикации 01.12.2023.*

*The article was submitted 09.11.2023;
approved after reviewing 22.11.2023;
accepted for publication 01.12.2023.*

Научная статья

УДК 631.311:004.94

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-110-117

Математическое моделирование процесса обработки почвы почвообрабатывающими рабочими органами

Расул Алимович Апажев

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030, apazhev97@mail.ru

Аннотация. Обработка почвы – важнейшее звено в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. В настоящее время на обработку почвы в среднем приходится 35-40% энергетических затрат всего объема полевых работ и до 20% энергии, потребляемой в сельском хозяйстве. Обработка почвы позволяет регулировать водно-воздушный режим, интенсивность биологических процессов и поддерживать необходимое фитосанитарное состояние почвы и посевов. Энергоемкость и качество обработки почвы зависят от степени совершенства технических средств. Математическое моделирование процесса обработки почвы различными почвообрабатывающими рабочими органами является актуальной задачей, поскольку позволяет разработать более совершенные энергоэффективные технические средства. Анализ рабочего процесса выполнялся с применением аналитических основ земледельческой механики и теоретических основ упруго-вязко-пластического разрушения почвенной среды с учетом его напряженно-деформированного состояния, методов имитационного и физического моделирования. Полученные данные обработаны методами математического анализа и вероятностно-статистическими методами. В результате циклических колебаний консоли, которой оборудован наконечник, за счет распространения волн деформации впереди образуется сжатая зона почвы. В математической модели, описывающей процесс разрушения почвы наконечником с консолью, сочетается статическое разрушение почвы и разрушение на основе распространения волн деформации консолью. Установлено, что общее сопротивление разрыхлению возрастает прямо пропорционально при увеличении глубины разрыхления, по параболической зависимости с увеличением ширины наконечника, спадающего ускоренно при уменьшении толщины консоли, приобретает наименьшее значение, когда длина консоли приобретает значение ширины наконечника. Таким образом, при проектировании почвообрабатывающих машин для снижения энергоемкости процесса резания почвы: необходимо учитывать положительные качества комбинированного резания почвы; оборудовать зубцы рабочих органов консольными пластинами, устанавливая их на лобной поверхности.

Ключевые слова: почва, обработка, резание, рабочий орган, энергоемкость, сопротивление, моделирование

Для цитирования. Апажев Р. А. Математическое моделирование процесса обработки почвы почвообрабатывающими рабочими органами // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 110–117. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-110-117

Original article

Mathematical modeling of the process of soil cultivation using tillage working bodies

Rasul A. Apazhev

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030, apazhev97@mail.ru

Abstract. Tillage is the most important link in the technology of cultivating agricultural crops. Currently, soil cultivation accounts for on average 35-40% of the energy costs of the total volume of field work and up to 20% of the energy consumed in agriculture. Soil cultivation allows you to regulate the water-air regime, the intensity of biological processes and maintain the necessary phytosanitary condition of the soil and crops. The energy intensity and quality of tillage depend on the degree of sophistication of technical means. Mathematical modeling of the process of soil cultivation with various soil-cultivating working bodies is an urgent task, since it allows the development of more advanced energy-efficient technical means. The analysis of the work process was carried out using the analytical foundations of agricultural mechanics and the theoretical foundations of elastic-visco-plastic destruction of the soil environment, taking into account its stress-strain state, simulation and physical modeling methods. The obtained data was processed by methods of mathematical analysis and probabilistic-statistical methods. As a result of cyclic vibrations of the console with which the tip is equipped, due to the propagation of deformation waves, a compressed soil zone is formed in front. The mathematical model describing the process of soil destruction by a tip with a cantilever combines static destruction of the soil and destruction based on the propagation of deformation waves by the cantilever. It has been established that the overall resistance to loosening increases in direct proportion to the depth of loosening, according to a parabolic dependence with increasing tip width, which decreases rapidly as the thickness of the cantilever decreases, and acquires its smallest value when the length of the cantilever becomes equal to the width of the tip. Thus, when designing tillage machines to reduce the energy intensity of the soil cutting process: it is necessary to take into account the positive qualities of combined soil cutting; equip the teeth of the working bodies with cantilever plates, installing them on the frontal surface.

Keywords: soil, processing, cutting, working body, energy intensity, resistance, modeling

For citation. Apazhev R.A. Mathematical modeling of the process of soil cultivation with soil-cultivating working bodies. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):110–117. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-110-117

Введение. В последнее время в сельскохозяйственном производстве резко возрос интерес к поиску и разработке новых методов и способов, обеспечивающих снижение энергоемкости и повышение качества технологических процессов обработки почвы.

На агротехнические показатели и тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин значительное влияние оказывают физико-механические свойства почвы (удельное сопротивление, влажность и твердость почвы, коэффициент трения почвы о сталь, абразивные свойства почвы), изменяющиеся в зависимости от погодных условий, севооборота культур, внесения в почву минеральных и органических удобрений и т. д. Эти вопросы достаточно широко изучены в работах многих авторов [1–4].

Значительное количество результатов теоретических и экспериментальных исследований ученых посвящено раскрытию новых закономерностей процессов обработки почвы различными рабочими органами и машинами [5–8]. При внедрении почвообрабатывающей техники в производство разра-

батываются методы оценки эффективности функционирования в различных зонах с учетом ее работоспособности и надежности в процессе эксплуатации [9–12].

При этом обоснование конструктивных параметров новых способов обработки почвы и типов рабочих органов, принципиально отличающихся от традиционных приемов, применяемых на практике, невозможно без раскрытия теоретических основ их взаимодействия с почвой с учетом ее изменяющихся свойств. Для этого необходима разработка модели процесса взаимодействия рабочих органов с почвой, обеспечивающей возможность определения и анализа агротехнических и энергетических показателей процесса обработки почвы и обоснования их конструктивно-технологических параметров.

Цель исследования – аналитически исследовать образование сжатой зоны почвы упругой консолью за счет распространения волн деформации и разработать математическую модель, описывающую взаимодействие почвы и наконечника, оборудованного консолью, где лобовая поверхность консоли параллельна

лобовой поверхности ножа; установить, как меняется общее сопротивление резанию почвы при изменении глубины резания, ширины наконечника, толщины и длины консоли.

Материалы, методы и объекты исследования. Анализ рабочего процесса выполнялся с применением аналитических основ земледельческой механики и теоретических основ упруго-вязко-пластического разрушения почвенной среды с учетом её напряженно-деформированного состояния, методов имитационного и физического моделирования. Полученные данные обработаны методами математического анализа и вероятностно-статистическими методами.

Результаты исследования. Консольно-установленная режущая кромка (КРК) на наконечнике во время резания почвы обеспечивает приложение нагрузки с большой скоростью. Такое действие следует рассматривать на основе принципов теории распространения волны деформации [13]:

$$P = \frac{uk_A S}{2vk_\alpha}, \quad (1)$$

где:

$$u = \sqrt{\frac{E_A(1-\mu)}{I_A(1+\mu)(1-2\mu)}} - \text{скорость волны}$$

деформации, м/с;

μ – угол трения почвы о нож, рад.;

E_A – момент инерции почвы, кг·м²;

$k_A = I_A V_{KPK}^2 + \sigma_A \varepsilon_A$ – удельное динамическое сопротивление почвы, кг/(м·с²);

I_A – массовая плотность почвы, кг/м³;

$v = V_{KPK}$, V_{KPK} – скорость КРК, м/с;

σ_A – предел прочности почвы при статическом сжатии [14], кг/(м·с²);

ε_A – динамическая деформация почвы;

$S = L_K b_K$ – площадь лобной поверхности консоли, м²;

L_K – длина консоли, м;

b_K – ширина наконечника, м;

k_α – коэффициент, учитывающий угол заострения рабочего органа.

С учетом выражения (1) запишем выражение для расчета силы резания в области консоли и КРК:

$$P_K = \frac{uk_A S}{2V_{KPK} k_\alpha}. \quad (2)$$

Таким образом, под действием силы P_K КРК подвергается упругой деформации и при возвращении в исходное положение резко действует на элемент почвы (ударяет).

Поэтому определим энергию единичного удара КРК о почву:

$$E_{уд} = \frac{J_K \omega_P}{2}, \quad (3)$$

где:

$$J_K = \frac{G_K L_K^2}{2g} - \text{момент инерции консоли,}$$

кг·м²;

$$G_K = M_K g - \text{вес консоли, кг·м}^2;$$

$$\omega_P = \frac{V_{KPK}}{L_K} - \text{угловая скорость КРК при}$$

разгибании консоли, с⁻¹;

M_K – масса консоли, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Зная энергию единичного удара, определим глубину внедрения КРК в почву за один удар δ_K и длительность ударного импульса $t_{уд}$:

$$\delta_K = \frac{2E_{уд} V_{KPK} k_\alpha}{uk_D F_{КП}}, \quad (4)$$

где:

$$F_{КП} = \frac{2}{3} F_K - \text{полезная площадь поверх-}$$

ности консоли (поскольку упругая линия консоли является параболой третьего порядка [15], то первая ее треть от защемления незначительно удаляется от начального положения, следовательно, перемещение этого участка при сгибании и скорость при разгибании будет достаточно мала), м²:

$$t_{уд} = \frac{2E_{уд} k_\alpha}{F_{КП} (u - V_{KPK}) k_D}. \quad (5)$$

Отсюда определим длину сжатой зоны почвы в результате нагрузки в зоне КРК:

$$\ell_\partial = (u - V_{KPK}) t_{уд}. \quad (6)$$

Сжатая зона 4 почвы 3 (рис. 1), образовавшаяся вследствие динамического действия

консоли 1 по линии 2, находится над консолю и ограничивается сверху кривой, являющейся параболой третьего порядка. Согласно закону Кулона, распространяющегося и на сложное напряженное состояние почвы, кроме главного нормального напряжения σ в почве, направление которого совпадает с распространением волны деформации, возникает еще главное действующее в направлении бокового напряжения $\bar{\sigma}$, перпендикулярное направлению распространения волны и образующее сжатую зону почвы 5 [14].

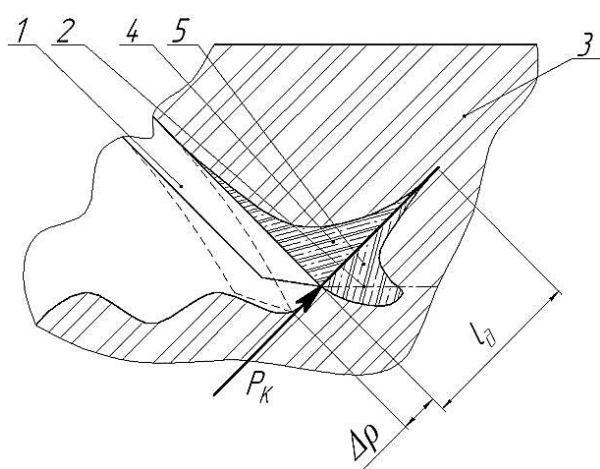


Рисунок 1. Схема распространения напряжения в почве при действии консоли с КРК
Figure 1. Scheme of stress propagation in the soil under the action of a console with a CCE

Коэффициент бокового давления $k_{\sigma} = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma}$

для глинистых почв находится в пределах 0,11-0,82, для жестких почв 0,25-0,37 [14].

По теореме об изменении кинетической энергии работа A в исследуемой системе равна изменению кинетической энергии:

$$A = \Delta U_{Ck} = U_{Ck2} - U_{Ck1}, \quad (7)$$

где:

ΔU_{Ck} – изменение кинетической энергии, $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$;

U_{Ck2} – конечная кинетическая энергия, $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$;

U_{Ck1} – начальная кинетическая энергия, $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$.

Чтобы выполнить скол элемента почвы от массива простым острым ножом, необходи-

мо выполнить работу A , для выполнения скола такого же элемента почвы от массива ножом с консолю необходимо выполнить такую же работу A .

Следовательно, в первом случае работа A равна работе силы для преодоления сопротивления почвы резанию P_{3AG} (сила резания):

$$A = A_{P_{3AG}} = P_{3AG} \ell_{CK} \cos \beta, \quad (8)$$

где:

$\ell_{CK} = V_H T_C$ – путь пройден ножом от начала контакта с массивом до полного скола элемента почвы, м;

V_H – скорость внедрения наконечника в почву, м/с;

T_C – время скола почвы, с;

β – угол резания (рис. 2, а), град.

Во втором случае работа A равна сумме работ статической силы для преодоления сопротивления почвы резанию P_{CT} , изгибающей силы $P_3 = -P_{CT}$ и динамической силы, действующей в области консоли P_K (рис. 2, б):

$$A = A_{P_{CT}} + A_{P_K} = P_{CT} \ell_{CK} \cos \beta - P_C \Delta \rho + P_K \ell_K. \quad (9)$$

Приравняем выражения (8) и (9):

$$P_{3AG} \ell_{CK} \cos \beta = P_{CT} \ell_{CK} \cos \beta - P_C \Delta \rho + P_K \ell_K. \quad (10)$$

Откуда найдем P_{CT} :

$$P_{CT} = \frac{P_C \Delta \rho}{\ell_{CK} \cos \beta} - \frac{P_K \ell_K}{\ell_{CK} \cos \beta} - P_{3AG}. \quad (10)$$

Установлено, что общее сопротивление резанию P_{CT} :

- возрастает прямо пропорционально при увеличении глубины разрыхления H (рис. 3);
- растет по параболической зависимости с увеличением ширины наконечника b_K (рис. 4);
- спадает ускоренно при изменении толщины консоли C_K (рис. 5);
- приобретает наименьшее значение при значениях длины консоли L_K от 0,03 м до 0,05 м (рис. 6).

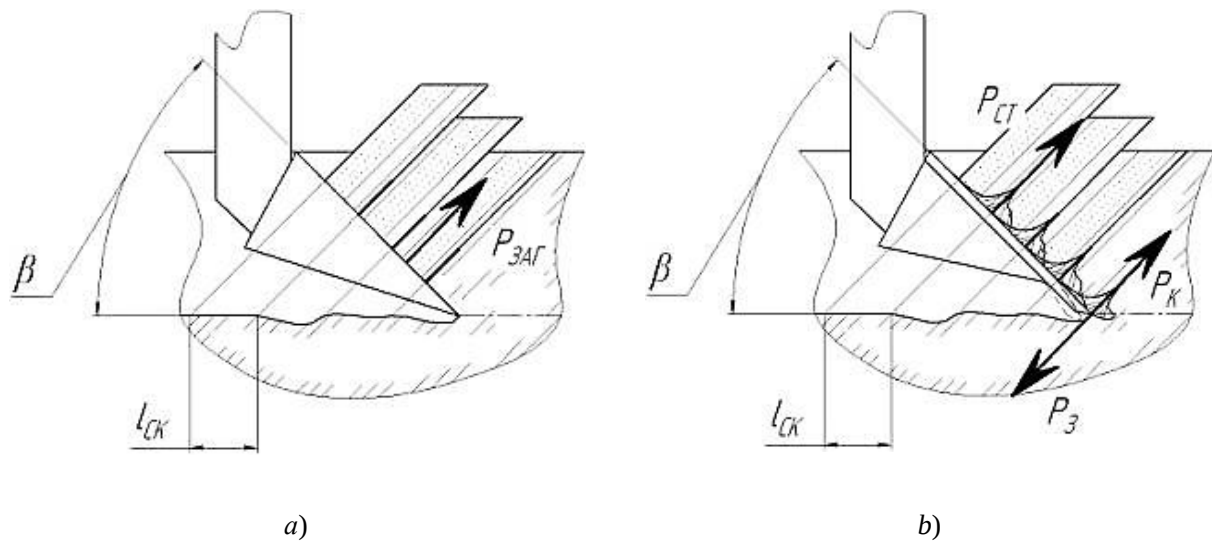


Рисунок 2. Схемы для определения работы сил при резании почвы:
а) простым острым ножом; б) ножом с КРК
Figure 2. Schemes for determining the work of forces when cutting soil:
а) with a simple sharp knife; б) a knife with a CCE

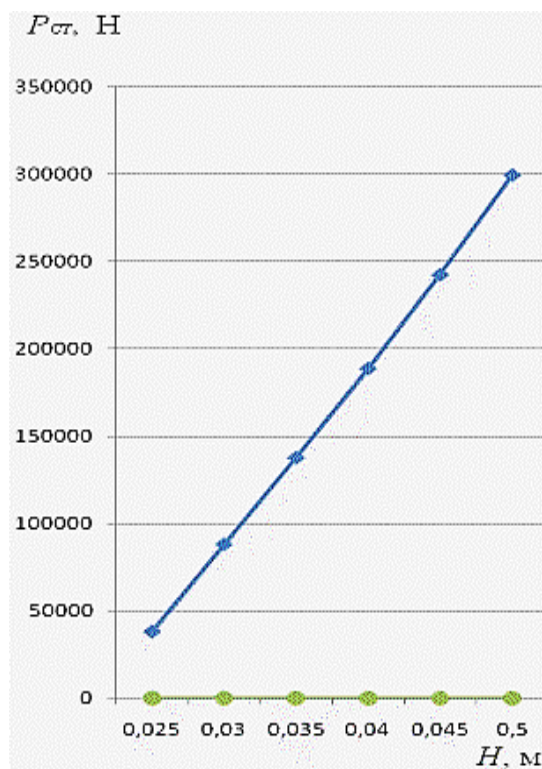


Рисунок 3. Закономерности смены сопротивления почвы разрыхлению P_{CT} в зависимости от глубины разрыхления H
Figure 3. Patterns of changes in soil resistance to loosening depending P_{CT} on the depth of loosening H

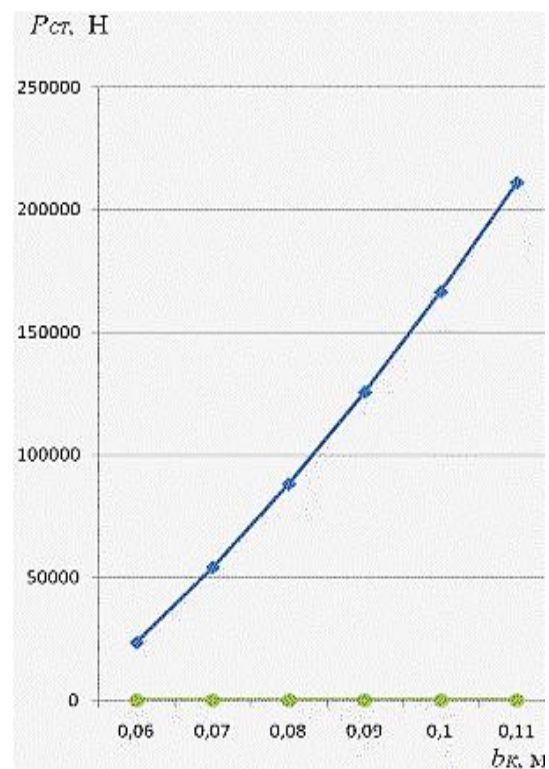


Рисунок 4. Закономерности изменения сопротивления почвы разрыхлению P_{CT} в зависимости от ширины наконечника b_K
Figure 4. Patterns of changes in soil resistance to loosening depending P_{CT} on the width of the tip b_K



Рисунок 5. Закономерности смены сопротивления почвы разрыхлению $P_{СТ}$ в зависимости от толщины консоли $С_K$
Figure 5. Patterns of changes in soil resistance to loosening depending $P_{СТ}$ on the thickness of the cantilever $С_K$

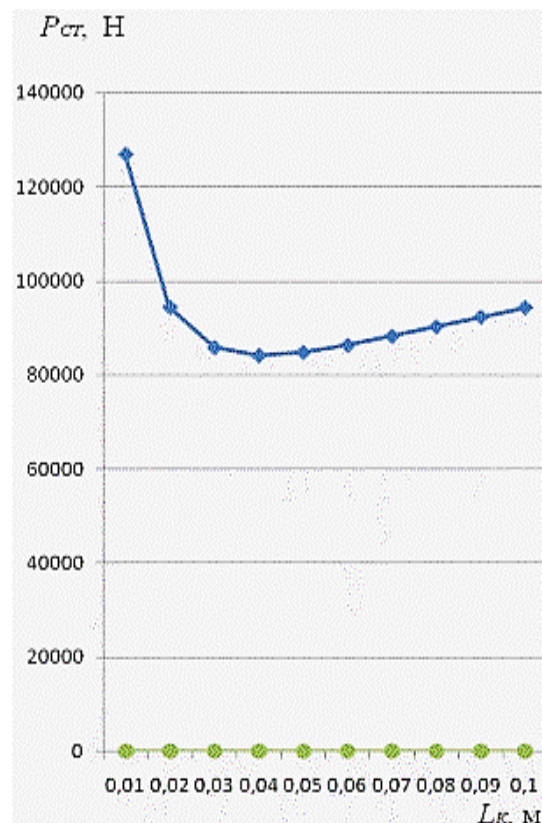


Рисунок 6. Закономерности изменения сопротивления почвы разрыхлению $P_{СТ}$ в зависимости от длины консоли L_K
Figure 6. Patterns of changes in soil resistance to loosening depending $P_{СТ}$ on the length of the cantilever L_K

Вывод. В результате циклических колебаний консоли, которой оборудован наконечник, за счет распространения волн деформации впереди образуется сжатая зона почвы. В математической модели, описывающей процесс разрушения почвы наконечником с консолью, сочетается статическое разрушение почвы и разрушение на основе распространения волн деформации консолью. Установлено, что общее сопротивление разрыхлению возрастает прямо пропорционально при увеличении глубины разрыхления по параболической зависимости с увеличением ширины наконечника.

Общее сопротивление разрыхлению минимальна в случае, когда длина консоли равна ширине наконечника.

Таким образом, при проектировании почвообрабатывающих машин для снижения энергоемкости процесса резания почвы:

- необходимо учитывать положительные качества комбинированного резания почвы;
- оборудовать зубцы рабочих органов консольными пластинами, устанавливая их на лобной поверхности.

Список литературы

1. Apazhev A., Egozhev A., Misirov M., Polishchuk E., Egozhev A. Mathematical model for calculating the parameters of machines for processing near-trunk strips in a terrace // E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. С. 01019. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201019

2. Апажев А. К., Егожев А. А., Егожев А. М., Дзуганов В. Б., Пазова Т. Х. Вертикальная фреза для обработки приствольных полос интенсивного сада // Сельский механизатор. 2023. № 5. С. 20-21. DOI: 10.47336/0131-7393-2023-5-20-21. EDN: DWEMNV
3. Апажев А. К., Егожев А. А., Егожев А. М., Полищук Е. А. Двухроторная фреза для террасного садоводства // Сельский механизатор. 2022. № 4. С. 10-11. EDN: RQRCKA
4. Егожев А. М., Апажев А. К., Полищук Е. А., Егожев А. А. Фреза для горного и предгорного садоводства // Сельский механизатор. 2021. № 12. С. 10. EDN: ONPXGF
5. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М., Егожев А. М., Балкаров Р. А., Фиашшев А. Г. Ротационная косилка для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасах // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70. № 1(50). С. 87–93. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-1-87-93. EDN FRWYFN
6. Апажев А. К., Егожев А. М., Егожев А. А. Обоснование конструктивно-технологических параметров рабочего органа фрезы для обработки почвы вокруг штамба дерева в условиях террасы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 68–76. EDN: WNHGRE
7. Ашабоков Х. Х., Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М., Фиашшев А. Г., Курасов В. С. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров плужно-фрезерного агрегата // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 08(152). С. 275.
8. Хажметова А. Л., Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М., Фиашшев А. Г., Курасов В. С. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров агрегата для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 07(151). С. 232–243. EDN: FBQERM
9. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М., Егожев А. М., Фиашшев А. Г., Барагунов А. Б. Повышение эксплуатационной надежности сельскохозяйственных машин // Техника и оборудование для села. 2023. № 4(310). С. 12–16. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-12–16. EDN: HHJDDY.
10. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Дзуганов В. Б., Шекихачева Л. З., Чеченов М. М., Шекихачев А. А. Основные направления повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники // АгроЭкоИнфо. 2022. № 4(52). DOI: 10.51419/202124418. EDN: YBMHMC.
11. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 81–89. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-81-89. EDN: AMXFOK
12. Егожев А. М., Апажев А. К., Мисиров М. Х., Полищук Е. А., Егожев А. А. Метод расчета на прочность грузонесущих резьбовых соединений сельскохозяйственных машин и орудий // Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 38–39. EDN: OAVYWT
13. Бакушев С. В. Геометрически и физически нелинейная механика сплошной среды: Плоская задача. Москва: Книжный дом «Либроком», 2013. 312 с.
14. Заручевных И. Ю., Невзоров А. Л. Механика грунтов в схемах и таблицах. Москва: Изд-во АСВ, 2007. 134 с.
15. Тер-Мартirosян З. Г. Механика грунтов. Москва: Изд-во АСВ, 2009. 488 с.

References

1. Apazhev A., Egozhev A., Misirov M., Polishchuk E., Egozhev A. Mathematical model for calculating the parameters of machines for processing near-trunk strips in a terrace. E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. S. 01019. DOI:10.1051/e3sconf/202126201019
2. Apazhev A.K., Yegozhev A.A., Yegozhev A.M., Dzuganov V.B., Pazova T.Kh. Vertical milling cutter for processing near-stem strips of an intensive garden. *Selskiy mekhanizator*. 2023;(5):20-21. (In Russ.). DOI: 10.47336/0131-7393-2023-5-20-21. EDN: DWEMNV
3. Apazhev A.K., Yegozhev A.A., Yegozhev A.M., Polishchuk Ye.A. Two-rotor milling cutter for terraced gardening. *Selskiy mekhanizator*. 2022;(4):10-11. (In Russ.). EDN: RQRCKA
4. Yegozhev A.M., Apazhev A.K., Polishchuk Ye.A., Yegozhev A.A. Milling cutter for mountain and foothill gardening. *Selskiy mekhanizator*. 2021;(12):10. (In Russ.). EDN: ONPXGF
5. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Yegozhev A.M., Balkarov R.A., Fiapshev A.G. Rotary Mower for Treating Near-Stem Strips of Fruit Plantations on Terraces. *Electrical technology and*

equipment in the agro-industrial complex. 2023;70(1):87–93. (In Russ.). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-1-87-93. EDN FRWYFN

6. Apazhev A.K., Yegozhev A.M., Yegozhev A.A. Substantiation of the design and technological parameters of the working body of the cutter for tillage around the tree stem in a terrace. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;2(36):68–76. (In Russ.). EDN: WNHGRE

7. Ashabokov Kh.Kh., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Fiapshev A.G., Kurasov B.S. Theoretical justification of constructive and regime parameters of the arable and milling unit. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;08(152):275. (In Russ.)

8. Khazhmetova A.L., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Fiapshev A.G., Kurasov V.S. Theoretical justification of constructive and regime parameters of the unit for processing of row spacings and trunk strips of fruit plantings. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;07(151):232–243. (In Russ.). EDN: FBQERM

9. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Yegozhev A.M., Fiapshev A.G., Baragunov A.B. Improving the operational reliability of agricultural machines. Machinery and equipment for rural area. 2023;4(310):12–16. (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-12-16. EDN: HHJDDY.

10. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Dzukanov V.B., Shekikhacheva L.Z., Chechenov M.M., Shekikhachev A.A. The main directions for increasing the efficiency of the use of agricultural machinery. *AgroEkoInfo*. 2022;4(52). (In Russ.). DOI: 10.51419/202124418. EDN: YBMHMC.

11. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A. Optimizing the functioning of agricultural production systems. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):81–89. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-81-89. EDN: AMXFOK

12. Yegozhev A.M., Apazhev A.K., Misirov M.Kh., Polishchuk Ye.A., Yegozhev A.A. Method for calculating the strength of load-bearing threaded connections of agricultural machines and implements. *Selskiy mekhanizator*. 2020;12:38–39. (In Russ.). EDN: OAVYWT

13. Bakushev S.V. *Geometricheski i fizicheski nelineynaya mekhanika sploshnoy sredy: Ploskaya zadacha* [Geometric and physically nonlinear continuum mechanics: Plane problem]. Moscow: Knizhnyy dom "Librokom". 2013. 312 p. (In Russ.)

14. Zaruchevnykh I.Yu., Nevzorov A.L. *Mekhanika gruntov v skhemakh i tablitsakh*. Moscow: Izd-vo ASV, 2007. 134 s. (In Russ.)

15. Ter-Martirosyan Z.G. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Moscow: Izd-vo ASV, 2009. 488 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Апажев Расул Алимович – аспирант кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the author

Rasul A. Apazhev – Post graduate student of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Статья поступила в редакцию 20.10.2023;
одобрена после рецензирования 06.11.2023;
принята к публикации 15.11.2023.

The article was submitted 20.10.2023;
approved after reviewing 06.11.2023;
accepted for publication 15.11.2023.

Научная статья

УДК 621.45.034.3

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-118-126

Сравнительные эксплуатационные исследования изменения параметров форсунок дизелей с серийными и модернизированными распылителями

Анзор Леонидович Болотоков

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

anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

Аннотация. Существенное влияние на работу дизелей оказывает техническое состояние топливной системы, и особенно прецизионные детали, основная из них в топливной системе – форсунка. Низкая надежность и низкая долговечность являются недостатком форсунок. Ресурс форсунок 2500-3000 мото-часов, что в несколько раз ниже ресурса плунжерных пар (6000-6500 мото-часов). Для того чтобы улучшить эксплуатационные параметры дизельной форсунки, необходимо ее модернизировать. Модернизация форсунки предлагается выполнением винтовой канавки в направляющей части иглы распылителя. Надежность работы и долговечность форсунок зависит от распылителя. Топливо, перетекающее из винтовой канавки в зазор между корпусом и иглой распылителя, способствует осесимметричному давлению, что заставляет иглу проворачиваться вокруг своей оси. Наличие топлива в винтовом канале и в зазоре между корпусом и иглой распылителя смазывает и смягчает удар конуса иглы на посадочное место корпуса вместо прямого жесткого удара в серийных распылителях. Объем топлива в винтовом канале зависит от объема топлива в зазоре. При увеличении зазора коэффициент сопротивления щели не снижается ниже 0,4, поэтому объем винтовой канавки будет составлять 0,5-0,9 от объема зазора между корпусом и иглой распылителя форсунки. Таким образом, модернизируя распылитель, можно увеличить ресурс форсунки на 23%.

Ключевые слова: дизель, распылитель, форсунка, испытание, ресурс, модернизация

Для цитирования. Болотоков А. Л. Сравнительные эксплуатационные исследования изменения параметров форсунок дизелей с серийными и модернизированными распылителями // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 118–126. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-118-126

Original article

Comparative operational studies of changes in the parameters of diesel injectors with serial and upgraded atomizers

Anzor L. Bolotokov

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

anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

Abstract. The technical condition of the fuel system, and especially precision parts, has a significant impact on the operation of diesel engines. One of the main components in the fuel system is the injector. Low reliability and low durability are disadvantages of injectors. The resource of the injectors is 2500-3000 engine hours, which is several times lower than the resource of plunger pairs (6000-6500 engine hours). In order to improve the performance parameters of a diesel injector, it is necessary to modernize it. Modernization of the nozzle is proposed by making a helical groove in the guide part of the nozzle needle. Reliability of operation and durability of nozzles depends on the atomizer. Fuel flowing from the screw groove into the gap between the body and the nozzle needle contributes to axisymmetric pressure, which causes the needle to rotate around its axis. The presence of fuel in the screw channel and in the gap between the body and the atomizer needle lubricates and softens the impact of the needle cone on the housing seat, instead of a direct hard impact in serial atomizers. The volume of fuel in the screw channel depends on the volume of fuel in the gap. As the gap increases, the gap resistance coefficient does not decrease below 0.4, so the volume of the screw groove will be 0.5-0.9 of the volume of the gap between the body and the injector nozzle needle. Thus, by upgrading the atomizer, you can increase the life of the nozzle by 23%.

Keywords: diesel, sprayer, nozzle, test, resource, modernization

For citation. Bolotokov A.L. Comparative operational studies of changes in the parameters of diesel injectors with serial and modernized nozzles. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):118–126. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-118-126

Введение. Эффективность тракторов и других мобильных сельскохозяйственных машин в основном зависит от рабочих параметров силовой установки. От работы топливоподающей системы тракторных дизелей во многом определяются рабочие параметры: мощность, экономичность и токсичность отработавших газов.

Система подачи топлива оказывает существенное влияние на работу дизельных двигателей, особенно ее прецизионные детали. Форсунки, работая в тяжелых условиях, во многом влияют на систему подачи топлива. Основными недостатками форсунок дизелей являются их низкие надежность и ресурс, который составляет 2500-3000 мото-часов. Ресурс плунжерных пар топливных насосов высокого давления выше ресурса форсунок и составляет 6000-6500 мото-часов.

Анализ результатов, проведенных в различных исследовательских центрах, указывает на то, что низкая эффективность распылителей в первую очередь обусловлена изменением исходных геометрических параметров прецизионных деталей. В связи с этим снижаются значения эксплуатационных параметров [1–4].

Наиболее распространенными неисправностями прецизионных деталей иглы и корпуса распылителя форсунки являются: нарушение герметичности, зависание, износ иглы, падение давления в начале впрыска топлива, закоксовывание сопла распылителя

и т. д. [5–7]. Потеря герметичности дизельных распылителей достигает 90% от всех отказов форсунок [8, 9]. Зависание иглы в основном присуще распылителям с плохим качеством изготовления. Исходя из анализа исследований процесса износа форсунок, была поставлена цель исследования: увеличение долговечности форсунок модернизацией иглы распылителя без ухудшения характеристик процесса топливоподачи.

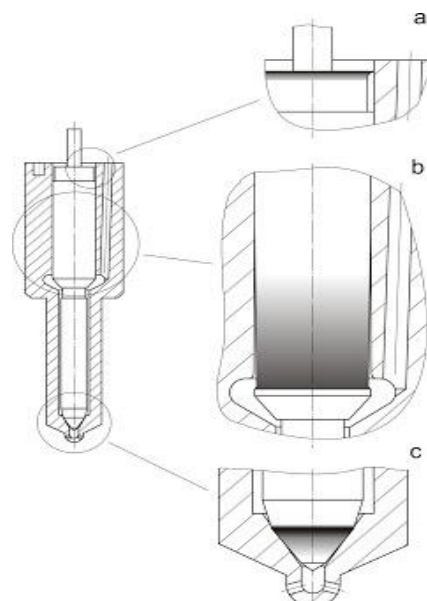


Рисунок 1. Места характерных износов распылителя
Figure 1. Places of characteristic wear of the sprayer

Объект исследования: модернизированная игла распылителя форсунки дизеля.

Новизна результатов исследования состоит в разработке технологии нарезания осесимметричных винтовых канавок в направляющей части иглы распылителя дизельной форсунки.

Для того чтобы реализовать поставленную цель исследования, необходимо решить задачу увеличения наработки распылителя форсунки.

Методы или методология проведения работ. Испытания проводились последовательно в несколько этапов:

- проведение исследования топливоподачи на безмоторном стенде с определением параметров процесса осциллографированием;
- ускоренные износные испытания серийно выпускаемых распылителей и сравнение с модернизированными распылителями.

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.

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 305-2013 (температура топлива 34°-38°, плотность 0,823 г/мм³). Темпера-

тура масла, охлаждающей жидкости, поддерживалась в пределах 80-90°С. Угол опережения впрыска был установлен согласно заводской инструкции по эксплуатации равным для 4Н11/12,5 – 24-27° в зависимости от угла поворота коленчатого вала. В ходе испытаний использовалось топливо с добавлением микропорошка кварца. Размер зерен микропорошка варьировал в пределах 1-2 мкм, а количество микропорошка составляло 50 г абразивного вещества на 1 т топлива.

На каждом контрольном этапе модернизированные форсунки регулировались в установленном порядке и в соответствии с техническими условиями. Начало давления впрыскивания топлива должно составлять по техническим условиям 17,5^{+0,5} МПа. Проливкой были определены гидравлические характеристики топливопроводов топливной аппаратуры дизелей, а также нагнетательных клапанов. Температура топлива согласно ГОСТ 305-2013 была в пределах 34-38°С. 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 2 представлена схема направляющей части иглы модернизированного распылителя форсунки [10]. На направляющей части иглы распылителя форсунки нарезана осесимметричная канавка в виде спирали под углом α к оси иглы, с радиусом r . Топливо, перетекающее из канавок в зазор S между корпусом 1 и направляющей частью иглы распылителя форсунки 2, способствует осесимметричному давлению на иглу. Топливо, находящееся в винтовом канале, смазывает направляющую часть иглы распылителя и смягчает удар конуса при опускании иглы. В серийных распылителях происходит жесткий удар, который приводит к контактному выкрашиванию рабочей поверхности.

Эффективное проходное сечение определяется по формуле:

$$\mu f = \frac{100G}{t_n \sqrt{2g\gamma \Delta P}}, \quad (1)$$

где:

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

ΔP – перепад давления, кг/см².

В качестве индикатора процессов износа в деталях распылителя форсунок при испытании была проведена оценка по снижению гидравлической плотности.

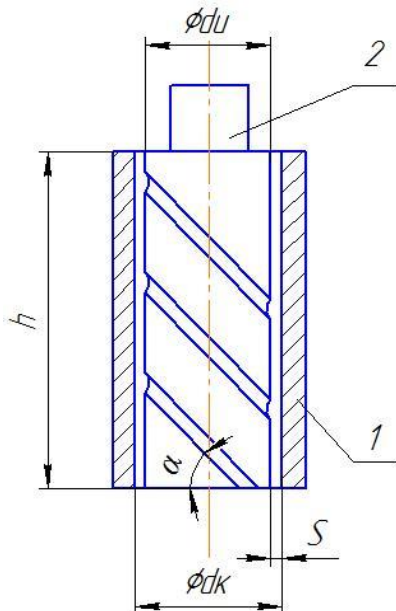


Рисунок 2. Принципиальная схема направляющей части иглы модернизированного распылителя:
1 – корпус; 2 – игла; 3 – канавка; α – угол подъема винтовой канавки

Figure 1. Schematic diagram of the guide part of the needle of the upgraded atomizer;
1 – body; 2 – needle; 3 – groove; α – angle of lifting of the screw groove

При таком подходе определения износа в деталях распылителей нет необходимости разбирать форсунку. Для качественной оценки изменения износа за параметр оптимизации распылителя принята гидравлическая плотность в зависимости от изменения эффективного проходного сечения и от наработки, которая имеет вид:

$$f(x) = A_0 + \sum_{i=1}^n A_i x_i^{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n B_i x_i^{\beta_i} x_{i+1}^{\gamma_i} + B_n x_n^{\gamma_n} x_n^{\gamma_n} + C \prod_{i=1}^n x_i^{\delta_i}, \quad (2)$$

где:

$f(x)$ – наработка, мото-часы;
 $A_0, \dots, A_i, B_0, \dots, B_3$ – коэффициенты модели;
 X_1, X_2 – факторы влияния.

В качестве факторов приняли:

X_1 – эффективное проходное сечение, $\mu\text{f мм}^2$;

X_2 – гидроплотность, с.

В таблице 1 представлены реальные и кодированные значения факторов.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов
Table 1. Levels of variation of factors

Уровни	Факторы			
	гидроплотность, с		эффективное проходное сечение $\mu\text{f мм}^2$	
	X_1		X_2	
Верхний	10	+1	0,266	+1
Нижний	30	–1	0,240	–1
Основной	20	0	0,253	0
Интервал	10		0,013	

Для того чтобы построить план-матрицу для планирования эксперимента, была составлена таблица 2, в строках которой указали данные полученных опытов, в столбцах – факторы (в кодированном виде «+» и «–») с реализацией всевозможных сочетаний этих факторов для установления рационального сочетания гидравлической плотности и эффективного проходного сечения.

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

Определение геометрических параметров рабочих поверхностей деталей распылителя форсунки 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 оптикаторе 02П с ценой

деления 0,2 мкм. 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.

Индуктивные и тензометрические датчики использовались как для определения давления топлива перед дизельной форсункой, так и для определения перемещения иглы форсунки. Для достоверности результатов эксперименты повторялись три раза. Полученные результаты сравнивались с данными, полученными в экспериментах с серийной форсункой ФД-22 двигателя Д-240 с насосом УТН-5.



Рисунок 3. Стенд для испытания форсунок дизелей КИ-35478
Figure 3. KI-35478 Diesel Injectors Test Bench

У испытуемого топливного насоса высокого давления дополнительно контролировалась частота вращения распределительного вала тахометром СК ТИЦ-75.

Для исследований 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. 3) производились испытание и регулировка исследуемых форсунок дизелей.

На осциллографической установке определялась характеристика системы впрыска топлива. Производительность каждой секции насоса определялась на стенде КИ-35478 (рис. 3) как с модернизированными, так и с серийными распылителями. При определении эффективного проходного сечения сопла распылителя использовался манометр со шкалой деления 2 кгс/см² (0-250 кгс/см³). Для определения гидравлических характеристик выпускных клапанов использовался манометр с ценой деления шкалы 0,2 кгс/см² (0-16 кгс/см²).

На приборе КИ-3333 (рис. 4) определялись: давление начала впрыскивания, подвижность иглы распылителя, качество распыливания форсунки.

Результаты исследования. Результаты исследования изменения гидравлической плотности серийных и модернизированных распылителей форсунок в зависимости от времени работы при стендовых ускоренных сравнительных износных испытаниях в условиях Кабардино-Балкарской Республики приведены на рисунке 5.

Результаты испытаний серийного и опытного комплекта распылителей после первого контрольного этапа представлены в таблицах 3, 4 и на рисунке 6.



Рисунок 4. Прибор КИ-3333 для испытания и регулировки форсунок
Figure 4. KI-3333 device for testing and adjusting injectors

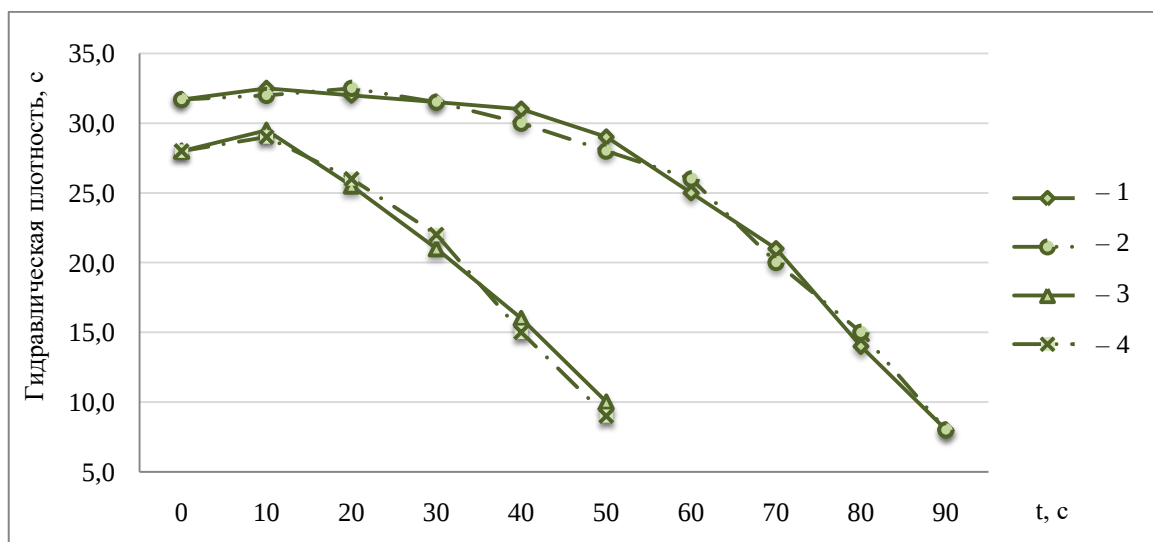


Рисунок 5. Изменение гидравлической плотности серийных и модернизированных форсунок в зависимости от времени работы при стендовых ускоренных сравнительных износных испытаниях: 1 – серийные форсунки (результаты испытаний); 2 – серийные форсунки (результаты теоретических расчетов); 3 – модернизированные форсунки (результаты испытаний); 4 – модернизированные форсунки (результаты теоретических расчетов)

Figure 5. Change in the hydraulic density of serial and modernized injectors depending on the operating time during bench accelerated comparative wear tests:

1 – serial injectors (test results); 2 – serial injectors (results of theoretical calculations); 3 – modernized injectors (test results); 4 – modernized nozzles (results of theoretical calculations)

Установлено, что у серийных распылителей № 2, № 4 после наработки 500 мото-часов ухудшилась герметичность по запирающему корпусу, у распылителей № 2, № 4

изменилась подвижность. У модернизированных распылителей, исходя из таблицы 2, не произошло изменений эксплуатационных параметров.

Таблица 3. Результаты испытаний форсунок с серийными распылителями
при времени работы 10 ч (500 мото-часов)

Table 3. Test results of injectors with serial sprayers with a working time
of 10 hours (500 hours)

Показатели	№ секции ТНВД							
	1		2		3		4	
	Наработка, мото-ч.							
	0	500	0	500	0	500	0	500
1. Давление впрыска, МПа	18	16,8	18	17	18	17	18	16,9
2. Качество распыливания топлива	Хор.	Хор.	Хор.	Удов.	Хор.	Хор.	Хор.	Удовл.
3. Герметичность по запирающему конусу	Гер.	Гер.	Гер.	Не герм.	Гер.	Гер.	Гер.	Не герм.
4. Гидроплотность, с	15	18	16	15	12	14	18	16
5. Ход иглы, мм	0,270	0,265	0,265	0,255	0,215	0,215	0,265	0,265

Таблица 4. Результаты испытаний форсунок с модернизированными распылителями
10 ч (500 мото-часов)

Table 4. Test results of injectors with upgraded sprayers 10 h (500 hours)

Показатели	№ секции ТНВД							
	1		2		3		4	
	Наработка, мото-ч.							
	0	500	0	500	0	500	0	500
1. Давление впрыска, МПа	18	16,8	18	17	18	17	18	16,9
2. Качество распыливания топлива	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.
3. Герметичность по запирающему конусу	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.
4. Гидроплотность, с	20	18	16	17	22	19	18	16
5. Ход иглы, мм	0,240	0,240	0,235	0,235	0,240	0,240	0,270	0,270

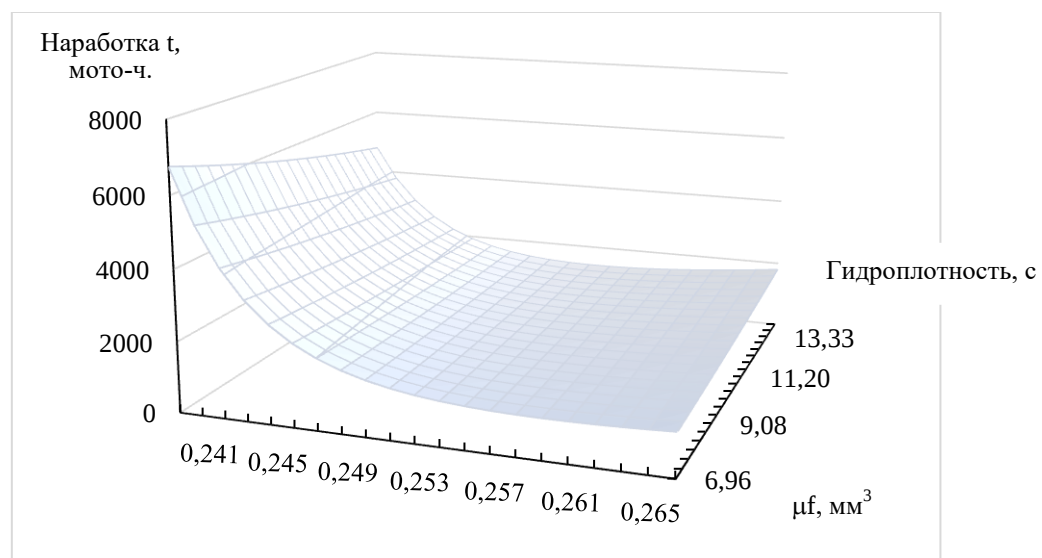


Рисунок 6. Изменение гидроплотности и эффективного проходного сечения в зависимости от наработки
Figure 6. Changing the hydraulic density and effective flow section depending on the operating time

При наработке от 100 до 500 мото-часов было выявлено, что гидравлическая плотность возрастает в среднем на 20-35%. В период работы от 1500 до 2500 мото-часов гидравлическая плотность постепенно падает, так как влияет износ запорной поверхности иглы распылителя и направляющей поверхности иглы и сопряженного с ней отверстия корпуса распылителя.

После наработки распылителей серийных форсунок 2500-3000 мото-часов имеет место резкое падение гидравлической плотности, появляется подтекание топлива, тогда как у модернизированных указанные явления начинают проявляться при наработке 3000-4300 мото-часов.

У всех распылителей подвижность иглы соответствует техническим условиям.

Таким образом, модернизируя распылитель, можно увеличить наработку форсунки на 23%.

Область применения результатов. Результаты можно применить при техническом обслуживании сельскохозяйственной техники для увеличения долговечности энергетических установок. Предложенную модернизированную иглу распылителя форсунок можно использовать предприятиями, имеющими базу для ремонта и обслуживания дизелей.

Выводы. Предложен модернизированный распылитель, который обеспечивает увеличение наработки форсунки на 23%. Установлено, что после наработки распылителей серийных форсунок 2500-3000 мото-часов имеет место резкое падение гидравлической плотности, появляется подтекание топлива, тогда как у модернизированных указанные явления начинают проявляться при наработке 3000-4300 мото-часов.

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: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2015. 332 с.
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., Болотоков А. Л. Особенности работы дизеля в высокогорных условиях // Сельский механизатор. 2017. № 2. С. 31–32. EDN: ZDEDLX
5. 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
6. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotokov 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
7. 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.
8. 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
9. Батыров В. И., Болотоков А. Л. Повышение надежности работы распылителя форсунки дизелей // Техника в сельском хозяйстве. 2012. №3. С. 12–15.
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 modernizatsiyei 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-traktornyogo agregata pri vypolnenii tekhnologicheskikh protsessov* [Reliability and efficiency of a machine-tractor unit when performing technological processes]: *monografiya.* Stavropol: AGRUS Stavropol'skogo gos. Agrarnogo un-ta, 2015. 332 p. (In Russ.).
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. EDN: ZDEDLX. (In Russ.).
5. Lebedev A.T., Bolotkov A.L., Lebedev P.A. Increase of durability of injector nozzles automotive diesel engines. Increase the durability of atomizers of injectors of automotive diesel engines. *Agricultural Bulletin of Stavropol region.* 2018;2(30):34–37. (In Russ.). EDN: UUNWOU
6. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotkov 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
7. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotkov 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.).
8. 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-tekhnicheskyy 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
9. Batyrov V.I., Bolotkov A.L. Improving the reliability of the diesel nozzle atomizer. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve.* 2012. No. 3. pp. 12–15.
10. Pat. 2231673 Russian Federation, ICI 7 F02M 61/10. Diesel injector atomizer. Yu.M. Khashirov, Kh.U. Bugov, A.L. Bolotkov; applicant and patent holder Kabardino-Balkarian State Agricultural Academy. No. 2001131630/06; dec. 22.11.2001; publ. 06.27.2004, Bulletin. No. 15. (In Russ.).

Сведения об авторе

Болотоков Анзор Леонидович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и обслуживания и ремонта машин в АПК, 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

Information about the authors

Anzor L. Bolotkov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Maintenance and Repair of Machinery in the Agro-industrial complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Статья поступила в редакцию 20.11.2023;
одобрена после рецензирования 05.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.

The article was submitted 20.11.2023;
approved after reviewing 05.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.

Научная статья

УДК 631.352.2

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-127-134

Исследование процесса удаления растительности на мелиоративных каналах ротационным режущим аппаратом

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

artursheikhachev@mail.ru

Аннотация. Эксплуатация мелиоративных каналов в земляном русле показывает, что сорная растительность должна удаляться как с горизонтальных и наклонных участков, так и со дна канала, заполненного водой. Причем при механическом удалении растительности на каналах могут быть применены как специальные мелиоративные косилки, так и различное оборудование, в том числе землеройное с рабочим органом ковшового типа, фрезерного, роторного и др., предназначенных для удаления наносов. Одновременное удаление наносов и растительности на каналах практикуется, как правило, при их капитальном ремонте. Однако удалять сорную растительность землеройными машинами с откосов дамб каналов не рекомендуется, т. к. при этом нарушается дерновый покров, что приводит к нарушению профиля канала и увеличению фильтрации воды из каналов. Поэтому на значительной части каналов сорная растительность удаляется с помощью специальных окашивающих машин – мелиоративных косилок. Основными параметрами, характеризующими работу ротационных режущих аппаратов, являются: площадь, скашиваемая за один оборот диска; рабочая длина ножа; перекрытие ножей соседних роторов; скорость резания. Исследования проводили при следующих допущениях: движение агрегата прямолинейное; угловая скорость ротора и поступательная скорость косилки постоянны. В результате проведенных исследований получена зависимость для определения площади, скашиваемой за один оборот ротора. Установлено, что при резании толстого стебля минимальное напряжение и прогиб плоского сегмента в вертикальной плоскости будут при угле наклона лезвия 45° . Увеличить жесткость сегмента можно различными способами. Например, увеличением толщины сегмента до 3 мм.

Ключевые слова: косилка ротационная, ротор, нож, площадь, скашивание, перекрытие, скорость резания

Для цитирования. Шекихачев А. А. Исследование процесса удаления растительности на мелиоративных каналах ротационным режущим аппаратом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 127–134.

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-127-134

Original article

Study of the process of removing vegetation on reclamation canals with a rotary cutter

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

artursheikhachev@mail.ru

Abstract. The operation of reclamation canals in an earthen channel shows that weeds must be removed both from horizontal and inclined areas, and from the bottom of the canal filled with water. Moreover, when mechanically removing vegetation on canals, both special reclamation mowers and various equipment can be used, including earth-moving equipment with a bucket-type working body, milling, rotary, etc., designed to remove sediment. Simultaneous removal of sediment and vegetation on canals is usually practiced during their major repairs. However, it is not recommended to remove weeds using earthmoving machines from the slopes of canal dams, because at the same time, the turf cover is disturbed, which leads to disruption of the channel profile and increased filtration of water from the channels. Therefore, on a significant part of the canals, weeds are removed using special irrigating machines – reclamation mowers. The main parameters characterizing the operation of rotary cutting devices are: area mowed per revolution of the disk; working length of the knife; overlap of knives of adjacent rotors; cutting speed. The studies were carried out under the following assumptions: the movement of the unit is linear. The angular velocity of the rotor and the forward speed of the mower are constant. As a result of the research, a relationship was obtained to determine the area mowed per rotor revolution. It has been established that when cutting a thick stem, the minimum stress and deflection of a flat segment in the vertical plane will be at a blade angle of 45°. You can increase the rigidity of a segment in various ways. For example, increasing the segment thickness to 3 mm.

Keywords: rotary mower, rotor, knife, area, mowing, overlapping, cutting speed

For citation. Shekikhachev A.A. Study of the process of removing vegetation on reclamation canals with a rotary cutter. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):127–134. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-127-134

Введение. Анализ типов мелиоративных каналов на орошаемых землях Российской Федерации, в том числе и в Северо-Кавказском Федеральном округе, показывает, что значительная их часть (свыше 60%) проходит по земляному руслу. Содержание их в технически исправном состоянии является основным условием работы этих каналов с высоким коэффициентом полезного действия.

Опыт эксплуатации мелиоративных каналов показывает, что они создают благоприятные условия (обилие влаги и тепла, защищенность от суховея и вытаптывания произрастающей на них растительности скотом и др.) для их интенсивного зарастания сорной растительностью.

Заросшие каналы являются интенсивным источником распространения семян сорной растительности на орошаемые земли и, как следствие, возникает необходимость проведения дополнительных работ по их уничтожению на полях. Вероятность засоренности сельхозугодий настолько велика, что польза от орошения может быть сведена на нет. Обилие сорняков на орошаемых землях характеризуется тем, что они, как правило, обладают большей «плодовитостью».

Влияние водной растительности на пропускную способность русла можно учитывать следующими коэффициентами [1, 2]:

$$n_z = n_c + \Delta n_z \quad \text{или} \quad n_z = \mu n_c,$$

где:

n_z и n_c – коэффициенты шероховатости поверхности соответственно в свободном и заросшем русле канала;

Δn_z – разница между значениями шероховатости поверхности в заросшем и свободном русле канала;

$\mu = n_z / n_c$ – коэффициент соотношения между значениями шероховатости поверхности заросшего и свободного русла канала.

Вследствие зарастания живого сечения канала увеличивается зеркало свободной поверхности воды в канале. Это приводит к увеличению не только фильтрации воды из канала, но и к её испарению. Степень увеличения испарения с водной поверхности характеризуется отношением скорости течения воды в чистом канале к скорости течения воды в заросшем канале и зависит от ширины зеркала, что связано с глубиной наполнения и заложения откосов канала. Так, увеличение ширины зеркала свободной поверхности при зарастании каналов на 10-30% приводит к увеличению потери на испарение до 30%. Однако, чем больше канал, тем меньшее влияние на него оказывает фактор зарастания гидрофитной растительностью [1, 2].

Опыт эксплуатации облицованных каналов показывает, что они также зарастают погруженной растительностью, а коэффициент шероховатости в них возрастает в 1,8-2,2 раза, что приводит к снижению пропускной способности канала в 1,2-1,6 раза по сравнению с проектной.

Основной растительностью в облицованных каналах являются водоросли. Особенно интенсивно они произрастают в облицованных каналах с небольшой глубиной в них воды (до 0,5-0,8 м) и малой скоростью течения (0,15-0,20 м/с). На некоторых каналах за вегетационный период накапливается до 300 т биомассы на 1 км канала. Отрываясь от дна и откосов и всплывая на поверхность, водоросли образуют огромные скопления и снижают пропускную способность каналов. В вегетационный период в заросших каналах средняя скорость потока уменьшается, а глубина наполнения канала увеличивается, что приводит к повышению потерь воды на фильтрацию и испарение, а в итоге – недодачу воды потребителям [1, 2].

Следствием зарастания русла каналов является увеличение коэффициента шероховатости и изменение глубины потока воды. Например, до очистки коэффициент шероховатости составляет 0,17, а средняя скорость потока воды 0,043 м/с, а после очистки эти показатели равны, соответственно, 0,04 и 0,52 м/с.

Исходя из изложенного, заросшие каналы необходимо окашивать 3-4 раза за поливной сезон, что приводит к предупреждению созревания семян сорной растительности на каналах.

Для скашивания растительности на дамбах канала применяют косилки различного типа. При их достаточном количестве рекомендуется проводить работы в составе отряда, состоящего из 3-4 типов косилок, которые работают в определенной последовательности (окашивание бермы канала, затем его откосов и дна).

При выполнении технологических операций всегда существует сочетание технических средств и условий, при которых эксплуатационные издержки окажутся наименьшими. Несоблюдение этого оптимального сочетания приводит к неоправданному увеличению эксплуатационных затрат и необоснованным потерям [3].

Режущий аппарат является одной из основных частей косилок. Срезание стеблей может осуществляться подпорным (режущий аппарат возвратно-поступательного действия) или бесподпорным (роторный режущий аппарат) способом. В случае подпорного резания тонкостебельной растительности на горизонтальных и хорошо выровненных участках или на откосах не круче 30° применяются режущие аппараты возвратно-поступательного типа с приводом от кривошипно-шатунного механизма. При этом средняя скорость резания равна 1-3 м/с [4].

Режущий аппарат роторного типа с вертикальной осью вращения состоит из диска (ротора), по периметру которого закреплены либо жестко, либо с возможностью изменять свое положение инерционного действия специальные ножи. Диски крепятся на вертикальных осях, расположенных на общей раме (консольная балка), опирающейся на специальную лыжу. Вращение диска осуществляется либо от вала отбора мощности трактора (ВОМ), либо от гидродвигателя. Так как стебли срезанной растительности падают на вращающийся диск, происходит их многократное перерезание (измельчение) до силосной массы, и разбрасывание по окашиваемой поверхности.

В последнее время проводятся исследования роторного режущего аппарата, у которого резание стеблей растительности производится звеньями цепи, закрепленной на вращающемся диске. При этом скорость резания остается аналогичной скорости резания ранее рассмотренного режущего аппарата роторного типа (50-70 м/с) [5-8].

Большая скорость резания (50-70 м/с) роторного режущего аппарата обеспечивает бесподпорное перерезание как мягкостебельной, так и толкостебельной (диаметром до 20 мм) растительности. Этот тип аппарата позволяет также удовлетворительно перерезать (фрезеровать) неровности почвы высотой до 5 см без поломок режущих ножей. При встрече с неперерезаемым препятствием инерционный нож отклоняется назад, пропуская препятствие под вращающийся диск. После прохода препятствия нож вновь возвращается в рабочее положение [8-11].

Исследованию основных параметров косилок посвящены работы многих ученых

[1, 2, 4–11]. Однако полученные результаты, касающиеся расчета кинематических и геометрических показателей, достаточно противоречивы.

Цель исследования – установление основных параметров режущего аппарата ротационной косилки.

Материалы, методы и объекты исследования. Предмет исследования – процесс скашивания растительности. Исследования проведены с использованием аналитических и статистических методов, методов математического моделирования. Объекты исследования – ротационный режущий аппарат косилки.

Результаты исследования. Нож режущего аппарата имеет режущую кромку, которая располагается под некоторым углом к радиальному направлению $\psi = 0,44 - 0,53$ рад. имеет угол заострения $\beta = 0,35 - 0,70$ рад. (рис. 1).

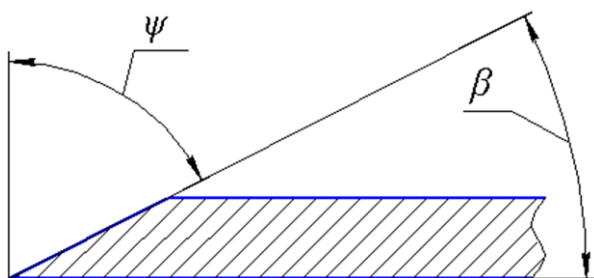


Рисунок 1. Углы режущей кромки ножа
Figure 1. Knife edge angles

Установление основных параметров ротационного режущего аппарата косилки проведено с учетом следующих предположений (рис. 2): угловая скорость ротора (ω) и поступательная скорость косилки (V) постоянны; движение агрегата прямолинейно.

Определим скорости резания крайних наружных точек режущих кромок ножей.

Уравнения траектории конца ножа 1 (точка a) в параметрической форме имеют вид:

$$x_a = R \cos \omega t, \quad (1)$$

$$y_a = Vt + R \sin \omega t, \quad (2)$$

где:

x_a и y_a – проекции перемещения точки a на координатные оси, м;

R – радиус окружности, описывающей точку a , м; t – время, с.

Дифференцируем уравнения (1) и (2) по времени:

$$\frac{dx_a}{dt} = -\omega R \sin \omega t, \quad (3)$$

$$\frac{dy_a}{dt} = V + \omega R \cos \omega t. \quad (4)$$

Тогда абсолютная скорость точки a в любой момент времени будет равна:

$$V_{a\bar{b}c} = \sqrt{\left(\frac{dx_a}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_a}{dt}\right)^2}. \quad (5)$$

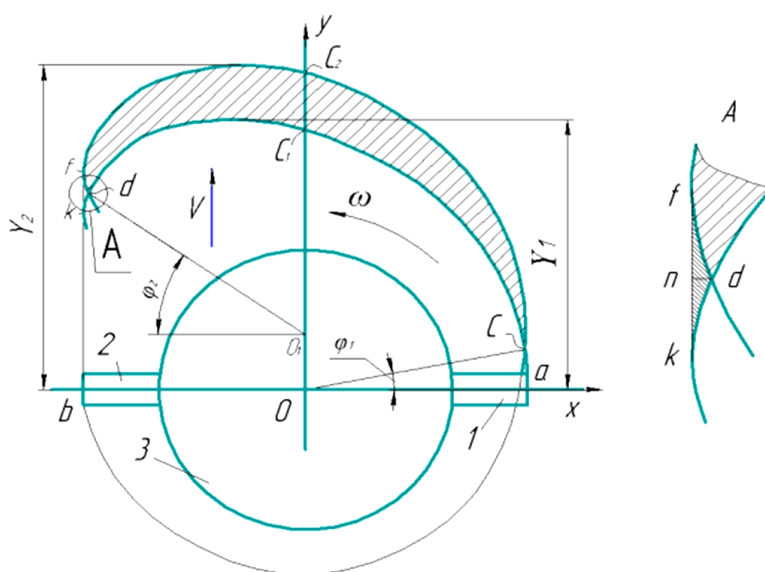


Рисунок 2. Схема к определению основных параметров ротационного режущего аппарата:

1, 2 – нож; 3 – диск

Figure 2. Scheme for determining the main parameters of a rotary cutter:

1, 2 – knife; 3 – disc

Подставив в (5) значение проекций скорости из (3) и (4), получим:

$$V_{a\bar{b}c} = \sqrt{R^2 \omega^2 + 2V\omega R \cos \omega t + V^2}. \quad (6)$$

Абсолютная скорость будет максимальной при $\omega t = 2\pi k$, где $k = 0; 1; 2; \dots$, т. е. $V_{a\bar{b}c} = \omega R + V$, минимальной при $\omega t = \pi + 2\pi k$, т. е. $V_{a\bar{b}c} = \omega R - V$.

Уравнение траектории конца ножа 2 (точка b) в параметрической форме имеет вид:

$$x_b = R \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right), \quad (7)$$

$$y_b = Vt + R \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right), \quad (8)$$

где:

x_b и y_b – проекции на оси координат перемещения точки b ;

z – количество ножей.

Одним из основных параметров в работе ротационных косилок является площадь скашивания растений ножом за один оборот диска. Из рис. 2 видно, что эта площадь ограничена циклоидами точек a и b ножей 1 и 2, фигура cc_1dc_2c .

Координаты точек пересечения циклоида (c и d) определяются углами φ_1 и φ_2 :

$$\varphi_{1,2} = \frac{\pi}{z(\lambda \pm 1)}, \quad (9)$$

где:

λ – кинематический параметр, $\lambda = \omega R/V$.

Знак (+) в этой формуле соответствует точке c , а знак (–) точке d . Площадь фигуры cc_1dc_2c можно определить по формуле Ньютона – Лейбница [5]:

$$S_{cc_1dc_2c} = \int_{-R \cos \varphi_2}^{R \cos \varphi_1} [u(x) - f(x)] dx, \quad (10)$$

где:

$u(x)$ и $f(x)$ – функция, описывающая, соответственно, кривую cc_2d и cc_1d .

С целью установления $u(x)$ и $f(x)$ исключим параметр t из уравнений (1) и (7) и

подставим полученные значения времени, соответственно, в (2) и (8):

$$f(x) = \frac{V}{\omega} \arccos \frac{x}{R} + \sqrt{R^2 - x^2}, \quad (11)$$

$$u(x) = \frac{V}{\omega} \left(\frac{2\pi}{z} + \arccos \frac{x}{R} \right) + \sqrt{R^2 - x^2}. \quad (12)$$

Подставив (11) и (12) в (10), получим:

$$\begin{aligned} S_{cc_1dc_2c} &= \\ &= \int_{-R \cos \varphi_2}^{R \cos \varphi_1} \left[\frac{V}{\omega} \left(\frac{2\pi}{z} + \arccos \frac{x}{R} \right) + \sqrt{R^2 - x^2} - \frac{V}{\omega} \arccos \frac{x}{R} - \sqrt{R^2 - x^2} \right] dx \\ &dx = \frac{2\pi VR}{\omega z} (\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2). \end{aligned}$$

Тогда с учетом (9) за один оборот нож скашивает траву на площади:

$$S_{cc_1dc_2c} = \frac{2\pi R^2}{\lambda z} \left(\cos \frac{\pi}{z(\lambda + 1)} + \cos \frac{\pi}{z(\lambda - 1)} \right). \quad (13)$$

Рабочая длина режущей кромки ножа должна быть большей или равной разности максимальных ординат абсолютного перемещения концов смежных ножей (рис. 2), т. е.:

$$h_p \geq Y_2 - Y_1, \quad (14)$$

где:

h_p – рабочая длина режущей кромки ножа, м;

Y_1 , Y_2 – максимальные ординаты абсолютного перемещения концов, соответственно, первого и второго ножей;

Дифференцируя (7) и (8) по времени, получим:

$$\frac{dx_b}{dt} = -\omega R \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right), \quad (15)$$

$$\frac{dy_b}{dt} = V + \omega R \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right). \quad (16)$$

В точках траектории концов ножей, имеющих максимальные ординаты, производные $\frac{dx_b}{dt}$ и $\frac{dy_b}{dt}$ равны нулю, т. е.

$$\frac{V + \omega R \cos \omega t}{-\omega R \sin \omega t} = 0; \quad \frac{V + \omega R \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right)}{-\omega R \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right)} = 0.$$

Поскольку знаменатели этих дробей не могут равняться нулю, то, приравняв числители полученных дробей к нулю и решив их относительно времени, получим:

$$t_a = \frac{1}{\omega} \left(\pi - \arccos \frac{V}{\omega R} \right), \quad (17)$$

$$t_b = \frac{1}{\omega} \left[\pi - \arccos \left(\frac{V}{\omega R} + \frac{2\pi}{z} \right) \right], \quad (18)$$

где:

t_a и t_b – время, необходимое для достижения точками a и b максимальных ординат.

После подстановки в выражения (2) и (8) значений t_a и t_b согласно зависимостям (17) и (18) имеем:

$$Y_1 = \frac{V}{\omega} \left(\pi - \arccos \frac{V}{\omega R} \right) + R \sqrt{1 - \left(\frac{V}{\omega R} \right)^2}, \quad (19)$$

$$Y_2 = \frac{V}{\omega} \left[\pi - \arccos \left(\frac{V}{\omega R} + \frac{2\pi}{z} \right) \right] + R \sqrt{1 - \left(\frac{V}{\omega R} + \frac{2\pi}{z} \right)^2}. \quad (20)$$

После подстановки выражений (19) и (20) в выражение (14) и некоторых преобразований получим:

$$h_p \geq \frac{2\pi R}{\omega z}. \quad (21)$$

Переходя от угловой скорости ротора к частоте вращения, получим:

$$h_p \geq \frac{60V}{nz}, \quad (22)$$

где:

n – частота вращения ротора режущего аппарата, об/мин.

Анализ выражения (22) показывает, что с увеличением частоты вращения ротора рабочая длина режущей кромки ножа уменьшается.

При работе ротационной косилки необходимо обеспечить перекрытие траекторий смежных роторов, иначе будут иметь место необработанные участки. После прохода косилки необработанными участками поля будут криволинейные треугольники kfd

(рис. 2). Кроме того, что перекрытие ножей Δ должно быть больше двойной проекции отрезка nd на ось абсцисс:

$$\Delta \geq 2|x_n - x_d|,$$

где:

$|x_n| = R$ – абсцисса точки траектории, наиболее удаленной от оси OY ;

$|x_d|$ – абсцисса точки пересечения траекторий двух смежных ножей.

Из рис. 2 имеем:

$$|x_d| = R \cos \varphi_2.$$

Тогда

$$\Delta \geq 2R \left(1 - \cos \frac{\pi}{z(\lambda - 1)} \right). \quad (23)$$

Из уравнения (23) следует, что перекрытие траектории ножей смежных роторов зависит от радиуса ротора, количества ножей, установленных на нем и кинематического режима работы режущего аппарата (рис. 3). При этом при увеличении радиуса ротора требуется увеличить перекрытие.

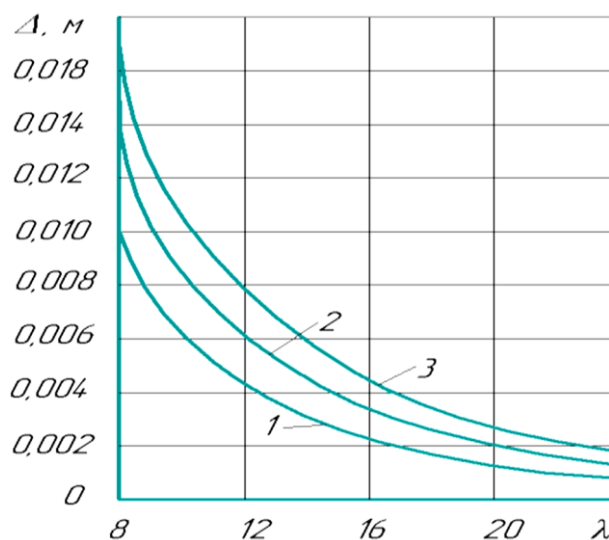


Рисунок 3. Зависимость перекрытия траекторий ножей смежных роторов Δ от кинематического режима λ (при $z = 2$):

1 – $R = 0,2$ м; 2 – $R = 0,3$ м; 3 – $R = 0,4$ м

Figure 3. Change in the overlapping of the trajectories of the knives of adjacent rotors depending on the kinematic mode λ (at $z = 2$):

1 – $R = 0,2$ m; 2 – $R = 0,3$ m; 3 – $R = 0,4$ m

Выводы. 1. С увеличением радиуса ротора требуется увеличить перекрытие между траекториями ножей.

2. Увеличение показателя кинематического режима и количества ножей ведет к уменьшению величины перекрытия между траекториями ножей.

3. Получена зависимость, позволяющая определить площадь, скашиваемую ножом за один оборот ротора.

4. Установлено, что при резании толстого стебля минимальное напряжение и прогиб плоского сегмента в вертикальной плоскости будут при угле наклона лезвия 45°. Увеличить жесткость сегмента можно различными способами. Например, увеличением толщины сегмента до 3 мм.

Список литературы

1. Шекихачев Ю. А., Магомедов Ф. М. Математическое моделирование процесса удаления растительности при проведении мелиоративных работ // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 118–127. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-118-127. EDN: GEJBQ
2. Шекихачев А. А. Анализ интенсивности зарастания мелиоративных каналов // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: сб. науч. тр. по материалам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиашева. Нальчик, 2023. С. 262–264. EDN: DHKOE
3. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 81–89. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97. EDN: AMXFOK
4. Егожев А. М., Полищук Е. А., Егожев А. А. Обоснование параметров ротационной косилки для террасного садоводства // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 10–12. EDN: XBBNNR
5. Красовский В. В., Догота П. А. Анализ существующих теорий работы ротационного режущего аппарата косилки для скашивания сидератов в междурядьях многолетних насаждений // Научные труды ЮФ НУБиПУ «КАТУ». Вып. 153. Симферополь, 2013. С. 164–175.
6. Манаенков К. А., Хатунцев В. В. Математическое моделирование процесса скашивания травы в междурядьях слаборослых садов с одновременным мульчированием приствольных полос // Труды ученых Мичуринского государственного аграрного университета: сб. науч. трудов. Воронеж: Кварта, 2005. С. 102–113.
7. Манаенков К. А., Хатунцев В. В., Кузнецов П. Н. Машины для скашивания травы в междурядьях // Наука и образование. 2019. Т. 2(№ 4). С. 265. EDN: VMJMK
8. Шекихачев Ю. А., Шекихачев А. А., Мишхожев К. В. Конструктивные особенности режущих аппаратов мелиоративных косилок // Обеспечение устойчивого и биобезопасного развития АПК: сб. науч. тр. по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2022. С. 334–338.
9. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1980. С. 72–78.
10. Особов В. И., Васильев Г. К. Сеноуборочные машины и комплексы. Москва: Машиностроение, 1983. 304 с.
11. Особов В. И. Механическая разработка кормов. Москва: Колос, 2009. 339 с.

References

1. Shekikhachev Yu.A., Magomedov F.M. Mathematical modeling of the process of vegetation removal during reclaim work. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;2(36):118-127. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-118-127. EDN: GEJBQ
2. Shekikhachev A.A. Analysis of the intensity of overgrowing of reclamation canals. *Sel'skokhozyaystvennoye zemlepol'zovaniye i prodovol'stvennaya bezopasnost': sb. nauch. tr. po materialam IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B.Kh. Fiapsheva*. [Agricultural land use and food security: a collection of scientific papers based on the materials of the IX International Scientific and Practical

Conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkaria, the Republic of Adygea, Professor B. Kh. Fiapshev]. Nalchik, 2023. Pp. 262–264. (In Russ.). EDN: DHKOEM

3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A. Optimizing the functioning of agricultural production systems. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):81–89. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97. EDN: AMXFOK

4. Yegozhev A.M., Polishchuk Ye.A., Yegozhev A.A. Justification of the parameters of the rotary section of the mower for terraced gardening. *Selskiy mekhanizator*. 2019;(12):10-12. (In Russ.). EDN: XBBNNR

5. Krasovsky V.V., Dogoda P.A. Analysis of existing theories of the operation of the rotary cutting device of a mower for mowing green manure in the inter-rows of perennial plantings. *Nauchnye trudy YuFNU BiPU "KATU"*. Simferopol, 2013;153:164–175. (In Russ.)

6. Manaenkov K.A., Khatuntsev V.V. Mathematical modeling of the process of mowing grass in the inter-rows of low-growing gardens with simultaneous mulching of trunk strips. *Trudy uchenykh Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: sb. nauch. trudov* [Proceedings of scientists of Michurinsk State Agrarian University: Collection. scientific works]. Voronezh: Kvarta, 2005. Pp. 102–113. (In Russ.)

7. Manaenkov K.A., Khatuntsev V.V., Kuznetsov P.N. Machines for mowing grass between rows. *Nauka i obrazovanie*. 2019;2(№4):265. (In Russ.) EDN: VMJMKA

8. Shekikhachev Yu. A., Shekikhachev A. A., Mishkhozhev K. V. Design features of cutting devices of reclamation mowers. *Obespecheniye ustoychivogo i biobezopasnogo razvitiya APK: sb. nauch. tr. po materialam Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Ensuring sustainable and biosafe development of the agro-industrial complex: a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian (national) scientific-practical conference]. Nalchik, 2022. Pp. 334–338. (In Russ.)

9. Klenin N.I., Sakun V.A. *Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny* [Agricultural and reclamation machines]. Moscow: Kolos, 1980. Pp. 72–78. (In Russ.)

10. Osobov V.I., Vasilyev G.K. *Senouborochnyye mashiny i komplekсы* [Hay harvesting machines and complexes]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1983. 304 p. (In Russ.)

11. Osobov V.I. *Mekhanicheskaya razrabotka kormov* [Mechanical development of feed]. Moscow: Kolos, 2009. 339 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Шекихачев Артур Арсенович – аспирант направления подготовки 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the author

Artur A. Shekikhachev – post graduate student of the direction of training 4.3.1 Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Статья поступила в редакцию 20.10.2023;
одобрена после рецензирования 06.11.2023;
принята к публикации 15.11.2023.

The article was submitted 20.10.2023;
approved after reviewing 06.11.2023;
accepted for publication 15.11.2023.

Food Systems

Научная статья

УДК 664:641.56

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-135-143

**Разработка технологии пищевой продукции
специализированного назначения****Майя Юрьевна Тамова^{✉1}, Татьяна Александровна Джум²,
Алена Александровна Былина³**Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар,
Россия, 350072^{✉1}tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>²tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>³cherry1blossom6@gmail.com

Аннотация. С учетом расширения ассортимента специализированной продукции, предназначенной для лиц, страдающих непереносимостью лактозы коровьего молока и аллергией на молочный казеин, проведены исследования с целью разработки рецептур и технологий витаминизированных каш на молоке растительного сырья для рациона питания детей. В процессе исследования решались вопросы, связанные с обоснованием выбора сырья для рецептур соответствующей продукции, оценкой различных видов молока из растительного сырья по органолептике и физико-химическим свойствам, их сочетанием с крупами, оптимизацией компонентного состава и определением пищевой ценности новой продукции. В процессе разработки рецептур и технологий применялись стандартные, специальные методы исследования, а также методы оптимизации. Уделялось внимание исследованию микробиологических показателей разработанных витаминизированных каш для обоснования продления срока их годности. Согласно данным исследования нутриентный состав специализированной продукции обогатился, повысилось содержание витаминов С, А, В₁, В₂, РР, β-каротина, а также магния, калия, кальция, фосфора, железа, что необходимо для удовлетворения суточной потребности особенно растущего организма. На разработанные рецептуры оформлены технико-технологические карты. Исследования проводились в Испытательном центре ФГБОУ ВО «КубГТУ».

Ключевые слова: молоко растительного сырья, лактоза, казеин, коровье молоко, рисовая крупа, овсяная крупа, органолептики, микробиологические исследования, пищевая ценность

Для цитирования. Тамова М. Ю., Джум Т. А., Былина А. А. Разработка технологии пищевой продукции специализированного назначения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 135–143. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-135-143

Original article

Development of technology for specialized food products**Maya Yu. Tamova^{✉1}, Tatiana A. Dzhum², Alena A. Bylina³**

Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya Street, Krasnodar, Russia, 350072

^{✉1}tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>²tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>³cherry1blossom6@gmail.com

Abstract. Taking into account the expansion of the range of specialized products intended for people suffering from lactose intolerance to cow's milk and allergy to milk casein, research has been conducted to develop formulations and technologies of fortified cereals based on milk of vegetable raw materials for the diet of children. In the course of the research, issues related to the justification of the choice of raw materials for the formulations of the corresponding products, the assessment of various types of milk from vegetable raw materials according to organoleptics and physico-chemical properties, their combination with cereals, optimization of the component composition and determination of the nutritional value of new products were solved. In the process of developing formulations and technologies, standard, special research methods, as well as optimization methods were used. Attention was paid to the study of microbiological parameters of the developed fortified cereals to justify the extension of their shelf life. According to the study, the nutrient composition of specialized products has been enriched, the content of vitamins C, A, B1, B2, PP, β -carotene, as well as magnesium, potassium, calcium, phosphorus, iron has increased, which is necessary to meet the daily needs of a particularly growing organism. Technical and technological maps are designed for the developed formulations. The research was conducted at the KubSTU Testing Center.

Keywords: vegetable milk, lactose, casein, cow's milk, rice groats, oatmeal, organoleptics, microbiological studies, nutritional value

For citation. Tamova M.Yu., Dzhum T.A., Bylina A.A. Development of technology for specialized food products. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):135–143. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-135-143

Введение. В сфере общественного питания одним из трендов в настоящее время является обеспечение потребителей здоровым питанием. Потребность в здоровом питании усилилась с обострением экологического вопроса, что повлекло за собой повышенный потребительский интерес к натуральным экологически чистым продуктам, предпочтительно местного производства, гибкому вегетарианству, углеродно-нейтральным продуктам. Состояние здоровья напрямую зависит от рациона питания, но имеет место и предрасположенность организма к различным заболеваниям. Поэтому актуальна разработка продукции специализированного назначения как альтернатива той продукции, которая по своим качествам и входящим ингредиентам, к примеру, коровье молоко, может вызывать аллергию из-за непереносимости лактозы [1]. В этом отношении ведутся разработки качественно новой продукции из комбинированного растительного сырья, представляющей собой модификацию, по составу и свойствам аналогичную по питательной ценности биологическому продукту – коровьему молоку. Так как в основе новой продукции отсутствие продуктов животного происхождения, то круг ее потребителей расширяется за счет не только лиц, страдающих непереносимостью лактозы, кото-

рых довольно большой сегмент и центральное место в нём занимают дети, но и вегетарианцев.

Одной из основополагающих задач ассортиментной политики предприятий общественного питания, в решении которой задействованы заведующий производством, технолог, шеф-повар, су-шеф, управляющий, менеджер производства, является обеспечение потребителей полноценным питанием с восполнением через предлагаемые ассортиментные позиции потребности в белках, витаминах, минеральных веществах для нормальной жизнедеятельности организма. Большая роль в этом аспекте отводится группе ферментированных продуктов, обладающих профилактическими и лечебными функциями, соответствующих физиологическим потребностям организма человека, что в целом отвечает заданному направлению в области здорового питания согласно Концепции государственной политики.

Среди пищевых продуктов для взрослого человека по питательной ценности идеальных нет. Поэтому для адекватного рациона питания необходимо разнообразное сырье, скомбинированное в наиболее оптимальные варианты, на которые также оказывают влияние традиции питания, отличающиеся своей консервативностью. Поэтому при раз-

работке альтернатив, связанных с новыми моделями питания, учитываются традиционные привычки потребления. При разработке данных альтернатив используют введение функциональных ингредиентов в специализированные продукты для обогащения незаменимыми нутриентами путем применения различных методов – использования ферментов, применения пищевых волокон, технологии мембранной фильтрации, обработки радиоактивным излучением, ультрафиолетом, ИК-нагревом, диэлектрическим нагревом, криозаморозки [2]. Данные методы производства специализированных продуктов обеспечивают растущие запросы потребителей в большем ассортименте продукции этого сегмента рынка.

Цель исследования. Основной продукцией питания детей являются молочные каши. В качестве альтернативной продукции можно предложить различные их виды на основе молока из растительного сырья, обогащенных различными добавками (пюре из моркови, апельсиновый сок, клубника свежая, отвар из шиповника, финики, кокосовый урбеч), для детей с врожденной непереносимостью лактозы и аллергией к компонентам коровьего молока, что и являлось объектом исследования. В качестве цели данного исследования – разработать технологию каш как специализированной продукции и их рецептуры. Для реализации поставленной цели необходимо решение ряда задач, а именно:

- для детей с непереносимостью лактозы обосновать выбор сырья, необходимого для рецептуры специализированной продукции с учетом технологии её приготовления;
- исследовать различные виды молока из растительного сырья по органолептике и физико-химическим свойствам;
- выявить сочетаемость молока из растительного сырья (соевое, овсяное, рисовое, кокосовое) с различными видами круп;
- оптимизировать компонентный состав каши как специализированной продукции;
- исследовать пищевую ценность новой продукции.

Методы и объекты исследования. Определение влажности, содержания витаминов, органолептическую оценку полученных образцов пищевой продукции проводили,

используя стандартные и специальные методы научных исследований. Уделили внимание анализу микробиологических показателей в связи с восприимчивостью каш на молоке растительного сырья к ухудшению качества и бактериальной порче из-за низкой кислотности и высокого содержания воды [3]. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов определяли по ГОСТ 10444.15, бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 31747, плесневых грибов – по ГОСТ 10444.12.

Для улучшения показателей моделируемой пищевой системы использовали метод оптимизации [4].

Исследование рецептурных компонентов, образцов каш на молоке растительного сырья, оптимизацию их компонентного состава проводили в лабораторных условиях на кафедре общественного питания и сервиса ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.

Результаты исследования. При исследовании были использованы овсяное и рисовое молоко (в основе злаковая продукция), соевое (в основе зернобобовая продукция), кокосовое (в основе ореховая продукция), в качестве альтернативной замены коровьего молока, содержащего 4,6% лактозы, которая может вызывать аллергию, особенно у детей раннего возраста. В связи с этим приготовление молочных блюд, необходимых для организации детского питания, но с заменой коровьего молока, является одним из путей решения проблемы непереносимости определенных пищевых продуктов. Осуществили сравнительную оценку качества различных видов молока из растительного сырья по органолептике, которая показала, что все виды молока удовлетворяют требованиям по [5]:

- внешнему виду – это непрозрачные жидкости с небольшим осадком, исчезающим при встряхивании;
- цвету – равномерный по всей массе, у соевого – ближе к топлёному молоку, кокосового – белоснежный, у молока на основе злаковых – сероватый;
- консистенции – жидкая, но у молока на основе злаковых отмечена незначительная вязкость;
- запаху – в основном приятный, хотя у овсяного и рисового молока – слабывыра-

женный запах соответствующей вареной крупы;

- вкусу – отмечена легкая сладковатость в связи с наличием углеводов в исходных семенах, а у рисового и овсяного молока привкус соответствующей каши, что не совсем может быть приятно.

В связи с этим по органолептике выделены соевое и кокосовое молоко. Эти виды молока также показали лидирующие позиции и по физико-химическим показателям – по содержанию макро- и микроэлементов, основных питательных веществ, пищевой ценности. Молоко на основе злаковых уступает по содержанию минеральных элементов, липидов, рисовое молоко – по содержанию белков и пищевых волокон, а также может содержать мышьяк, накапливающийся в 10 раз больше, чем в других зернах, что ограничивает его употребление. Поэтому для дальнейшей разработки выбор был сделан в пользу соевого и кокосового молока. Основным преимуществом этих видов молока от коровьего – отсутствие в их углеводном составе лактозы.

Для миндального молока характерно высокое содержание фолиевой кислоты, витамина D, группы B, кальция, железа. Достаточно много жирных кислот (омега – 3, 6, 9), как и в соевом, вырабатываемом из семян сои, степень маслянистости которых напрямую влияет на жирность молока [6].

Соевое и коровье молоко практически равноценны по содержанию белка, но в то же время казеин соевого молока быстрее растворяется в организме и менее склонен к створаживанию в желудке – с учетом этого и отсутствия лактозы, соевое молоко считается полноценной альтернативой коровьему для приготовления молочных блюд для людей, страдающих непереносимостью лактозы и имеющих аллергию на молочный белок казеин [1]. При сравнении соевого молока с коровьим выявлено, что молоко растительного сырья уступает молоку животного происхождения по содержанию сухих веществ из-за небольшого количества жира, углеводов, отсутствия лактозы и холестерина, недостаточного количества каротина, витаминов группы B, кальция и магния. Однако по содержанию витамина PP, калия и железа превосходит [7]. Для восполнения витамин-

ной недостаточности в молоке растительного сырья при приготовлении блюд на его основе можно вводить соки, отвар шиповника, ягоды и плоды, кокосовый урбеч. Для сравнения взяты следующие виды сока: апельсиновый, яблочный и грушевый. Сравнительная их характеристика по витаминному составу и энергетической ценности представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика соков по витаминному составу

Table 1. Comparative characteristics of terms on vitamin composition

Соки	Показатель				
	С, мг	Е, мг	В ₁ , мг	В ₂ , мг	ЭЦ, ккал
Апельсиновый	40	0,2	0,04	0,02	60
Яблочный	2	0,1	0,01	0,01	46
Грушевый	13	0,4	0,02	0,03	46

На основании данных таблицы 1 видно, что апельсиновый сок в разы превосходит по содержанию витамина С яблочный и грушевый. Остальные содержащиеся в соках виды витаминов примерно на одном уровне. Поэтому для разработки рецептуры выбираем апельсиновый сок для обогащения каши как специализированного продукта витаминным составом, особенно витамином С.

Сравнительная характеристика по витаминному составу ягод представлена в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика ягод по витаминному составу

Table 2. Comparative characteristics of berries on vitamin composition

Соки	Показатель				
	С, мг	Е, мг	В ₁ , мг	пищевые волокна, г	ЭЦ, ккал
Клубника	60	0,29	0,02	2,0	32
Вишня	10	0,3	0,03	1,8	52
Малина	26	0,6	0,02	3,7	46

На основании данных таблицы 2 видно, что клубника по сравнению с вишней и малиной содержит больше витамина С, поэтому для разработки рецептуры выбор делается в поль-

зу клубники, а для усиления витаминного обогащения – скомбинируем ввод ягоды совместно с отваром из шиповника, в котором содержание витамина С достигает 38,8 мг.

Для приготовления каши необходима крупа, представляющая собой крахмалистый продукт, так как на долю углеводов в химическом составе крупы приходится от 60 до 86% в зависимости от её вида, обуславливающие кулинарные свойства. На долю липидов приходится 1–7%, в которых преобладают непредельные жирные кислоты, что обуславливает быструю перевариваемость и легкую усвояемость крупяных изделий, особенно рисовой каши, которую рекомендуют для кормления детей с заболеваниями пищевой системы. Для белков круп, на долю которых приходится от 8 до 15%, характерно пониженное содержание незаменимых аминокислот. Витаминный состав представлен тиамином (В₁), рибофлавином (В₂), никотиновой кислотой (РР). На массовую долю зольных элементов приходится 0,6–3%, в основном это калий, магний, железо, фосфор [8].

Крупы богаты пищевыми волокнами – комплексом биополимеров (клетчаткой, полуклетчаткой, пектиновыми веществами, лигнином с белковыми веществами), участвующих в регуляции физиологических и биохимических процессов в органах пищеварения, а также слизистыми веществами (камедями), способными набухать, образуя гели (особенно овсяная крупа), что необходимо для улучшения работы пищевой системы [8].

Так как в овсяной крупе содержится наибольшее количество полезных питательных веществ, а рисовая каша – легко усваиваемая и чаще рекомендуется детям с проблемами желудочно-кишечного тракта, то для дальнейшего исследования из круп выбраны овсяная и рисовая.

При исследовании сочетаемости молока растительного сырья с различными крупами выявлено, что [4]:

- с соевым молоком сочетаются все крупы – пшеничная, манная, кускус, булгур, полба, рис, гречневая крупа, киноа, овсяная крупа, пшено, кукурузная, ячневая, перловая, амарантовая;

- перечисленные крупы хорошо сочетаются и с кокосовым молоком;

- с молоком из злаковых (рисовое и овсяное) – соотношение сочетаемости 50 на 50. Не сочетаются такие крупы как пшеничная, манная, рис, кукурузная, пшено, ячневая, перловая.

Так как кокосовое молоко превосходит по содержанию жиров остальные виды молока растительного сырья (23,8 г на 100 г продукта), то оно хорошо сочетается, согласно таблице Г. Шелтона, с продуктами, содержащими крахмал, в этом отношении рисовая крупа содержит 74 мг/г углеводов, основная масса которых представлена крахмалом. Соевое молоко, имеющее умеренную калорийность, хорошо сочетается с продуктами, характеризующимися высоким содержанием жира – в этом отношении отличается овсяная крупа, у которой на 100 г продукта приходится 6,1 г жиров [9]. С учетом этого на соевом молоке была апробирована рецептура овсяной каши с витаминными добавками, а на кокосовом молоке – рисовая каша. Сравнение осуществлялось с контрольными образцами молочных каш из соответствующих круп, приготовленных по рецептурам сборника [10].

Рецептуры обогащенной рисовой каши на кокосовом молоке с ягодами «Витаминка» и витаминизированной овсяной каши на соевом молоке «Солнечная» разработаны исходя из необходимого удовлетворения суточной потребности организма ребенка в возрасте от 3 до 6 лет в витаминах А и С. При этом за основу были взяты рецептуры соответствующих молочных каш – рисовой и овсяной по сборнику [10]. Осуществлена необходимая первичная обработка всех ингредиентов в соответствии с технологическими требованиями сборника [10]. Затем для приготовления специализированной каши «Витаминка» рис варят в воде в течение 20 минут, вводят кокосовое молоко и продолжают варку в течение 5 минут, в конце добавляют финиковое пюре (его химический состав богат на углеводы, финиковый белок, включающий 23 различные аминокислоты, часть которых редко встречается в других фруктах, что положительно влияет на укрепление иммунитета), соль и клубнику. По окончании тепловой обработки вводят отвар из шиповника и перемешивают для максимального обогащения витамином С.

Для приготовления каши «Солнечная» соевое молоко доводят до кипения, вводят овсяные хлопья и варят 5 минут. Добавляют морковное пюре, соль, сахар, кокосовый урбеч (источник наиболее ценного наличия лауриновой кислоты, способной защищать от инфекции). По окончании тепловой обработки вводят апельсиновый фреш и перемешивают для максимальной витаминизации. Рецептуры обогащенных каш представлены в таблице 3.

В разработанных кашах преобладает кислая среда за счет включения в рецептуры отвара шиповника, апельсинового сока, химический состав которых отличается наличием различных органических кислот, что отрицательно сказывается на росте и развитии микроорганизмов, а это положительно влияет на увеличение срока их годности [3]. В таблице 4 представлены результаты микробиологических исследований образцов каш после одних суток их хранения при температуре +2(+4)°C.

Таблица 3. Рецептуры обогащенных каш на молоке растительного сырья
Table 3. Formulations of enriched cereals based on milk of vegetable raw materials

Наименование продуктов	Рисовая каша «Витаминка»		Овсяная каша «Солнечная»	
	Брутто, г	Нетто, г	Брутто, г	Нетто, г
Крупа рисовая	25	25	–	–
Хлопья овсяные «Геркулес»	–	–	27	27
Молоко кокосовое	120	120	–	–
Молоко соевое	–	–	128	128
Вода	90	90	–	–
Клубника	23	20	–	–
Шиповник	3	3	–	–
Вода для заваривания шиповника	42	42	–	–
Финики	23,2	20	–	–
Морковь	–	–	16,32	13
Апельсин	–	–	70,5	31,3
Кокосовый урбеч	–	–	6	6
Сахар	–	–	5	5
Соль	0,8	0,8	0,8	0,8
Выход	–	150	–	150

Таблица 4. Результаты микробиологических исследований образцов каш
Table 4. The results of microbiological studies of cereal samples

Наименование показателей	Допустимые уровни по НД	Результаты исследований	
		каша «Витаминка»	каша «Солнечная»
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	не более $5,0 \times 10^4$	менее 1×10	менее $9,1 \times 10$
Дрожжи, КОЕ/г, не более	100	менее 1×10	менее 1×10
Плесени, КОЕ/г, не более	200	менее 1×10	менее 1×10
БГКП (колиформы) в г продукта	не допускаются	отсутствуют	отсутствуют
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта	не допускаются	отсутствуют	отсутствуют

Таким образом, согласно данным таблицы 4, нормируемые показатели образцов обогащенных каш после суток хранения при температуре +2 (+4)°C находятся в пределах допустимых границ, что подтверждает безопасность продукции для потребления.

Определение пищевой ценности витаминизированных каш проводили в сравнении с контрольными образцами. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Пищевая и энергетическая ценность витаминизированных каш
Table 5. Nutritional and energy value of fortified cereals

Наименование показателей	Рисовая каша «Витаминка»	Контрольный образец молочной рисовой каши	Овсяная каша «Солнечная»	Контрольный образец молочной овсяной каши
Количество на 150 г (выход порции)				
Белки, г	4,93	3,44	8,41	7,58
Жиры, г	25,93	14,36	7,38	7,08
Углеводы, г	37,97	23,48	30,99	34,51
Калорийность, ккал	387,61	230,01	222,29	228,89
Количество на 100 г				
Витамин С, мг	29,660	0,660	16,498	0,198
Витамин А, мг	247,000	–	262,504	–
β-каротин, мг	0,007	–	1,188	0,002
Витамин В ₁ , мг	0,130	0,118	0,223	0,206
Витамин В ₂ , мг	0,052	0,024	0,132	0,101
Витамин РР, мг	2,001	1,578	1,183	0,854
Na, мг	343,231	327,350	387,470	522,308
K, мг	450,740	240,414	343,749	242,703
Ca, мг	57,840	26,944	62,188	46,595
Mg, мг	102,432	65,684	77,309	67,517
P, мг	213,615	162,744	173,119	162,174
Fe, мг	6,032	2,838	2,160	1,990

Таким образом, согласно данным таблицы 5, химический состав специализированных каш по сравнению с контрольными образцами содержит больше белков, углеводов, жиров, витаминов и минеральных веществ. На разработанные технологии составлены технико-технологические карты.

Вывод. Проведены исследования, формирующие качество и безопасность специализированных различных видов каш с добавлением растительного молока и витаминных добавок. Разработанные их рецептуры и технологии являются профилактическими для детей, страдающих непереносимостью ком-

понентов коровьего молока, обогащая их рацион витаминами С, А, В₁, В₂, РР, β-каротином, а также из зольных элементов – калием, кальцием, магнием, фосфором, железом, что необходимо для удовлетворения суточной потребности растущего организма. Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий КубГТУ» (СКР_3111), развитие которого осуществляется при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-679).

Список литературы

1. Марегга Л. А. Пищевая непереносимость у детей, типы диагностики и лечебная тактика: учеб.-метод. пособие. Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 2020. 60 с.
2. Джум Т. А., Тамова М. Ю. Инновации в индустрии питания: учеб. пособие. Краснодар: ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2023. 380 с. EDN: QZIPJH
3. Позняковский В. М. Безопасность продовольственных товаров (с основами нутрициологии): учебник. Москва: Научно-издательский центр «Инфра-М», 2015. 271 с. ISBN: 978-5-16-005308-0. EDN: USVWVH
4. Могильный М. П., Шленская Т. В., Лежина Е. А. Контроль качества продукции общественного питания: учебник. Москва: ДеЛи плюс, 2016. 412 с.
5. Чуракова А. С. Лазарев В. А. «Не молоко» – экологичная альтернатива молоку: преимущества, виды, технология производства // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 20 мая 2021 г.). Екатеринбург: РГППУ, 2021. С. 204–209. EDN: FFCRRD
6. Хелеф М. Э.-А., Голубцова Ю. В., Иванова С. А. Безлактозные молочные продукты: перспективы производства // Новые технологии. 2022. Т. 18. № 3. С. 94–105. EDN: VDZABZ
7. Тюрина Л. Е., Табаков Н. А. Использование и переработка сои: учеб. пособие. Красноярск: КрасГАУ, 2008. 90 с.
8. Варламова Е. Н. Технология муки и крупы: учеб. пособие. Пенза: РИО ПГАУ, 2021. 178 с.
9. Герберт Шелтон. Правильное сочетание продуктов. Изд-во. «Попурри», 2015. 100 с.
10. Сборник технических нормативов. Сборник рецептов на продукцию общественного питания / Сост. М. П. Могильный. Москва: ДеЛи плюс, 2011. 1008 с.

References

1. Marega L.A. *Pishchevaya neperenosimost' u detey, tipy diagnostiki i lechebnaya taktika: ucheb.-metod. posobiye* [Food intolerance in children, types of diagnosis and treatment tactics: educational method. allowance]. Khabarovsk: Izd-vo DVG MU, 2020. 60 p. (In Russ.)
2. Dzhum T.A., Tamova M.Yu. *Innovatsii v industrii pitaniya: ucheb. posobiye* [Innovations in the food industry: textbook. allowance]. Krasnodar: FGBOU VO "KubGTU", 2023. 380 p. (In Russ.). EDN: QZIPJH
3. Poznyakovsky V. M. *Bezopasnost' prodovol'stvennykh tovarov (s osnovami nutritsiologii): uchebnik* [Safety of food products (with the basics of nutrition): textbook]. Moscow: Nauchno-izdatel'skiy tsentr «Infra-M», 2015. 271 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-16-005308-0. EDN: USVWVH
4. Mogilny M.P., Shlenskaya T.V., Lezhina E.A. *Kontrol' kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya: uchebnik* [Quality control of public catering products: textbook]. Moscow: DeLi plus, 2016. 412 p. (In Russ.).
5. Churakova A.S. Lazarev V.A. "Not milk" – an environmentally friendly alternative to milk: advantages, types, production technology. *Ekologicheskaya bezopasnost' v tekhnosfernom prostranstve: sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, molodykh uchenykh i studentov (Yekaterinburg, 20 maya 2021 g.)*. [Environmental safety in the technosphere: a collection of materials from the IV International Scientific and Practical Conference of Teachers, Young Scientists and Students (Ekaterinburg, May 20, 2021). Ekaterinburg: RGPPU, 2021. Pp. 204–209. (In Russ.). EDN: FFCRRD
6. Khelef M. E.-A., Golubtsova Yu.V., Ivanova S.A. Lactose-free dairy products: prospects for the production. *New technologies*. 2022;18(3):94–105. (In Russ.)
7. Tyurina L. E., Tabakov N. A. *Ispol'zovaniye i pererabotka soi: ucheb. posobiye* [Use and processing of soy: textbook allowance]. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2008. 90 p. (In Russ.)
8. Varlamova E.N. *Tekhnologiya muki i krupy: ucheb. posobiye* [Technology of flour and cereals: textbook. allowance]. Penza: RIO PGAU, 2021. 178 p. (In Russ.)
9. Herbert Shelton. *Pravil'noye sochetaniye produktov* [The right combination of products]. Izd-vo. "Popurri", 2015. 100 p. (In Russ.)
10. *Sbornik tekhnicheskikh normativov. Sbornik retseptur na produktsiyu obshchestvennogo pitaniya* [Collection of technical standards. Collection of recipes for public catering products. Comp. M.P. Mogilny. Moscow: DeLi Plus, 2011. 1008 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

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 кафедры общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 6885-0298

Былина Алена Александровна – бакалавр по направлению 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

Information about the authors

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 of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN-code: 6885-0298

Alyona A. Bylina – Bachelor's degree in the field of 19.03.04 Product Technology and catering organization, 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 17.11.2023;
одобрена после рецензирования 07.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 17.11.2023;
approved after reviewing 07.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

Научная статья
УДК 664.64.016
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-144-151

Технологическая оценка качества зерна тритикале сорта «Слон» и определение направления использования

Юрий Сергеевич Триандофилиди¹, Наталья Викторовна Сокол^{✉2},
Владимир Владимирович Воронин³

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

¹2237215@mail.ru

^{✉2}sokol_n.v@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

³vovavoronin2000@mail.ru

Аннотация. Зерновое производство является основой всего продовольственного комплекса Российской Федерации, и каждый год в список районированных сортов зерновых культур добавляются новые сорта. С учетом перспективных направлений развития хлебопекарной отрасли, таких как использование новых сырьевых ресурсов, разработка функциональных продуктов питания из растительного сырья, обладающего специфическими свойствами по сравнению с традиционными зерновыми культурами и оптимизация структуры питания населения, тритикале может занять достойное место среди основных зерновых культур РФ. Зерно тритикале обладает повышенным содержанием полноценного белка, минеральных веществ и весьма устойчиво к грибковым заболеваниям. Поэтому изучение его технологических показателей качества и определение направления использования имеет практическое значение для отрасли хлебопечения. В качестве объектов исследования использовали муку из зерна тритикале сорта «Слон» и пшеницы сорта «Гром» селекции Национального центра зерна Краснодарского научно-исследовательского института имени П. П. Лукьяненко, кексы. Использован способ приготовления кексов на химических разрыхлителях. В связи с этим цель исследования заключалась в сравнительном изучении качества муки из зерна тритикале сорта Слон и пшеницы сорта Гром и их свойств для прогнозирования поведения в технологических процессах производства кексов. Получены результаты, характеризующие качество опытных образцов муки: содержание клейковины в муке тритикале 19,2%, качество клейковины 84 ед. пр. ИДК, в муке пшеничной содержание клейковины 28,7%, качество клейковины и 60 ед. пр. ИДК, число падения (ЧП) в муке тритикале 123 с, в муке пшеничной ЧП 268 с, что говорит о более высокой активности фермента α -амилазы в тритикалевой муке по сравнению с пшеничной мукой. Установлено, что мука тритикалевая и пшеничная проявляют неодинаковую способность связывать и удерживать воду и жир, что обусловлено разным белковым и углеводным составом видов муки. Вододерживающая способность тритикалевой муки в 1,6 раза выше по сравнению с пшеничной, жиродерживающая – в 1,3. Пробная лабораторная выпечка показала, что кексы из муки тритикале не уступают по качеству образцам из пшеничной муки и обладают лучшей пищевой ценностью.

Ключевые слова: пшеница, тритикале, мука, клейковина, число падения, кексы, качество

Для цитирования. Триандофилиди Ю. С., Сокол Н. В., Воронин В. В. Технологическая оценка качества зерна тритикале сорта «Слон» и определение направления использования // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 144–151. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-144-151

Original article

Technological assessment of the quality of triticale grain of the "Elephant" variety and determination of the direction of use

Yuriy S. Triandofilidy¹, Natalia V. Sokol^{✉2}, Vladimir V. Voronin³

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

¹2237215@mail.ru^{✉2}sokol_n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9051-8190>³vovavoronin2000@mail.ru

Abstract. Grain production is the basis of the entire food complex of the Russian Federation, and every year new varieties are added to the list of zoned varieties of grain crops. Taking into account the promising directions of the bakery industry development, such as the use of new raw materials, the development of functional food products from plant raw materials with specific properties compared to traditional grain crops and the optimization of the nutrition structure of the population, triticale can take a worthy place among the main grain crops of the Russian Federation. Triticale grain has an increased content of high-grade protein, minerals and is very resistant to fungal diseases. Therefore, the study of its technological quality indicators and the determination of the direction of use is of practical importance for the bakery industry. Flour from triticale grain of the "Elephant" variety and wheat of the "Thunder" variety selected by the Grain Research Center of the P.P. Lukyanenko Krasnodar Research Institute, cupcakes were used as objects of research. The method of making cupcakes on chemical baking powder is used. In this regard, the purpose of the study was a comparative study of the quality of flour from triticale grain of Elephant and wheat of the Grom variety and their properties for predicting behaviour in technological processes of cupcake production. The results characterizing the quality of experimental flour samples were obtained: the gluten content in triticale flour is 19.2%, the quality of gluten is 84 units, etc. IDK, in wheat flour the gluten content is 28.7%, the quality of gluten and 60 units, etc. IDC, the number of drops (PE) in triticale flour 123 s, in wheat flour PE 268 s, which indicates a higher activity of the enzyme α -amylase in triticale flour compared to wheat flour. It has been established that triticale and wheat flour exhibit unequal ability to bind and retain water and fat, which is due to the different protein and carbohydrate composition of flour types. The water-holding capacity of triticale flour is 1.6 times higher compared to wheat flour, fat-holding capacity is 1.3. Trial laboratory baking showed that triticale flour cupcakes are not inferior in quality to wheat flour cakes and have the best nutritional value.

Keywords: wheat, triticale, flour, gluten, number of drops, cupcakes, quality

For citation. Triandofilidy Y.S., Sokol N.V., Voronin V.V. Technological assessment of the quality of triticale grain of the "Elephant" variety and determination of the direction of use. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;4(42):144–151. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-144-151

Введение. Приоритетным направлением Государственной политики РФ является формирование устойчивого развития отечественного производства продовольствия и сырья в достаточном количестве для обеспечения продовольственной безопасности страны, а также наращивание производства новых обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов, что нашло отражение в Доктрине продовольственной безопасности РФ от 21.01.2020. Поэтому представляет ин-

терес изучение технологических особенностей новых видов сырья и в частности зерна тритикале (пшенично-ржаного гибрида). Зерновая культура тритикале обладает высокой урожайностью, устойчивостью к заморозкам и болезням [1, 2]. Ученые из разных стран занимаются исследованиями, которые помогают продвижению продуктов переработки этой злаковой культуры на продовольственный рынок для использования в продуктах питания [3–6].

Основное использование зерна тритикале в России – это производство комбикормов [7]. В хлебопечении тритикале используется в небольшом количестве несмотря на высокую биологическую и пищевую ценность, сбалансированный состав минеральных веществ, витаминов А, С, Е, белка, крахмала и незаменимых аминокислот [8–10]. Недостатком культуры является то, что технологические свойства зерна тритикале не у всех сортов достигают уровня пшеницы, поэтому необходимо изучение новых сортов этой культуры и определение их технологического потенциала для производства продуктов питания [11].

Исследование зерна культуры тритикале с высоким содержанием биологически активных веществ и возможностей его рационального использования в технологии мучных кондитерских изделий группы «Здоровье», предназначенных для профилактического питания, является актуальным.

Поэтому **цель исследований** – сравнительное изучение качества муки из зерна тритикале сорта Слон и пшеницы сорта Гром селекции НЦЗ имени П. П. Лукьяненко и их свойств для прогнозирования поведения в технологических процессах.

Методы и объекты исследований. Объектами исследований стали образцы муки, полученные из зерна тритикале сорта Слон, зерна пшеницы сорта Гром селекции НЦЗ имени П. П. Лукьяненко и опытные образцы кексов, приготовленных по технологии на химических разрыхлителях.

Размол зерна исследуемых сортов тритикале и пшеницы осуществлялся на лабораторной автоматической мельнице Бюллер с пневматической подачей продуктов помола. Выход муки при помоле опытных образцов составил 70%. Помол производился в лаборатории технологической и биохимической оценки зерна НЦЗ имени П. П. Лукьяненко.

Влажность муки была определена согласно ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности». Количество и качества клейковины определяли согласно ГОСТ 27839-2013 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины». Показатель число падения определяли на приборе ПЧП-7 по ГОСТ 27267 – 88 «Зерно и продукты его переработки. Метод

определения числа падения». Водоудерживающая способность определялась количеством связанной и удержанной воды мукой после ее настаивания и центрифугирования водной суспензии; жируудерживающая способность – количеством жидкого растительного масла, адсорбированного и удержанного мукой после настаивания ее смеси с маслом и последующего центрифугирования. Опытные образцы кексов готовились по рецептуре кекса «Столичный» [12].

Оценку качества тритикалевой и пшеничной муки, выпечку и оценку кексов по показателям качества проводили в лабораториях кафедры «Технологии хранения и переработки растениеводческой продукции» Кубанского ГАУ.

Результаты исследований. При использовании муки в производстве мучных изделий важно учитывать ее качественные показатели и функционально-технологические свойства, оказывающие влияние на формирование реологических свойств теста, процесс выпечки и текстуру готовых изделий [13]. В муке тритикалевой и пшеничной изучаемых сортов определяли показатели качества: влажность, массовую долю клейковины и ее качество, показатель ЧП. Данные, полученные в экспериментальных исследованиях по оценке качества муки из зерна тритикале сорта «Слон» и пшеничной из сорта «Гром», приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели качества опытных образцов муки

Table 1. Quality indicators of experimental flour samples

Наименование показателя	Фактическое значение	
	мука тритикалевая из зерна сорта Слон	мука пшеничная из зерна сорта Гром
Влажность, %	15,0±0,2	14,5±0,02
Массовая доля клейковины, %	19,2±1,0	28,7±1,5
Качество клейковины, ед. приб. ИДК	84±2,0	60±2,0
Число падения, с	123±5,0	268±4,5

Показатели, которые характеризуют хлебопекарные свойства муки, – массовая доля

сырой клейковины и ее качество в муке тритикале были значительно ниже по сравнению с пшеничной мукой. Число падения в муке тритикале превышало этот показатель в 2 раза, по сравнению с пшеничной мукой. Такой результат обусловлен присутствием генома ржи в зерне тритикале, оказавшего влияние на повышенную активность фермента α -амилазы. Выпекание хлеба из такой муки в чистом виде является нецелесообразным, а для мучных кондитерских изделий она представляет интерес ввиду специфических свойств клейковинных белков и может стать отличным сырьем для производства мучных кондитерских изделий высокого качества.

Учитывая информативность и значимость показателей водоудерживающей (ВУС) и жиродерживающей (ЖУС) способностей, эти показатели определялись в опытных образцах муки. Водоудерживающая способность муки зависит от взаимодействия молекул воды с гидрофильными группами белков и углеводов в составе муки, и чем выше этот показатель, тем лучше происходит формирование структуры теста, увеличивается выход изделий, пролонгируется срок хранения.

Определение водоудерживающей способности опытных образцов муки проводилось в трех повторностях. Полученные экспериментальные данные по видам муки представлены на рисунке 1.

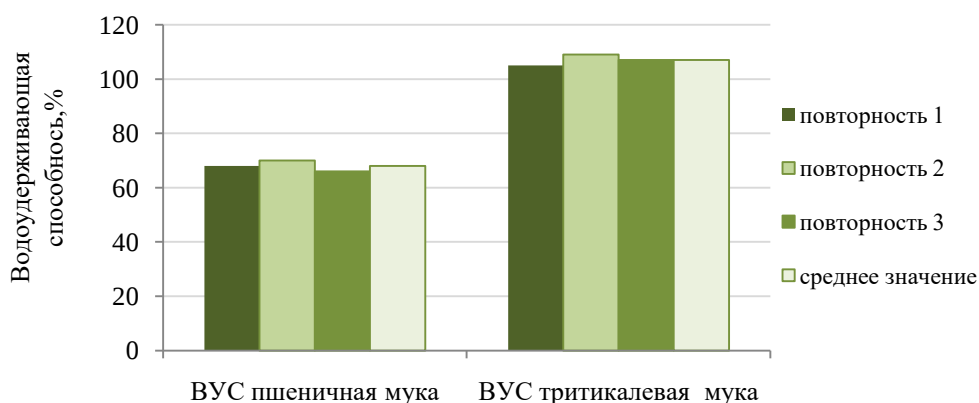


Рисунок 1. Водоудерживающая способность пшеничной и тритикалевой муки
Figure 1. Water-holding capacity of wheat and triticale flour

Как следует из рисунка 1, тритикалевая мука имеет водоудерживающую способность в 1,6 раза выше по сравнению с пшеничной мукой. Такой результат можно объяснить повышенным содержанием гидроколлоидов в муке из зерна тритикале. Повышенная ВУС является положительным фактором при замесе теста, так как улучшает его пластичность, что важно в технологии мучных кондитерских изделий и выходе готовой продукции.

Мучные кондитерские изделия всегда содержат в составе рецептуры жиры. Жиродерживающая способность муки обусловлена связыванием жира гидрофобными группами в составе муки и адсорбцией поверхности твердых частиц. Высокий показатель жиродерживающей способности сырья говорит о его влиянии на текстуру изделий, предотвращении миграции жира и уменьшении потерь при термообработке.

Экспериментальные данные показателей жиродерживающей способности в опытных образцах муки представлены на рисунке 2.

Значения жиродерживающей способности у исследуемых видов муки зависят не только от содержания в них белка и пищевых волокон, но и от адсорбции жира твердыми частицами, которые имеют различный размер и твердость. Отмечена высокая жиродерживающая способность у тритикалевой муки, ее показатель был на 33% больше, чем у пшеничной.

Нами были исследованы органолептические и физико-химические показатели кексов, выработанных из тритикалевой муки на химических разрыхлителях, в сравнении с кексами, приготовленными из пшеничной муки (рис. 3).

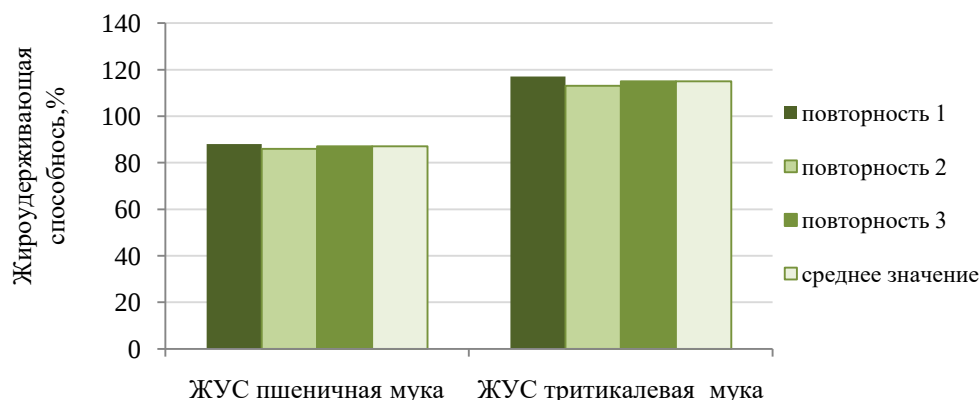


Рисунок 2. Жироудерживающая способность пшеничной и тритикалевой муки
Figure 2. Fat-holding capacity of wheat and triticale flour



a



b

Рисунок 3. Опытные образцы кексов из разных видов муки:

a – кекс из пшеничной муки; b – кекс из тритикалевой муки

Figure 3. Prototypes of cupcakes from different types of flour:

a – wheat flour cupcake; b – triticale flour cupcake

Следует отметить, что кексы, приготовленные из муки тритикале, имели более темную окраску по сравнению с кексами из пшеничной муки. Такой результат можно объяснить характерными особенностями

тритикалевой муки из ржано-пшеничного гибрида. Пористость у всех изделий в разрезе была мелкой, тонкостенной, равномерной. Мякиш у изделий был эластичным, легко сжимался и восстанавливал форму. Все изделия имели приятный аромат и вкус.

Данные физико-химических показателей опытных образцов кексов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Оценка кексов по физико-химическим показателям
Table 2. Evaluation of cupcakes by physico-chemical parameters

Наименование показателей	Фактические значения	
	мука тритикалевая из зерна сорта Слон	мука пшеничная из зерна сорта Гром
Массовая доля влаги, %	12,0±0,1	13,2±0,2
Плотность, г/см ³	0,57±0,03	0,59±0,02
Щелочность, град	1,9±0,05	1,7±0,03

В образцах кексов из муки тритикале отмечена повышенная влажность по сравнению с кексами из пшеничной муки, но она была в пределах нормы в соответствии с требованиями ГОСТ 15052-2014 для данной группы изделий. Такой результат можно объяснить более высокой водоудерживающей способностью муки тритикале. Снижение показателя щелочности у изделий из муки тритикале связано с наличием в муке большего количества органических кислот,

чем в пшеничной муке. Показатель плотности изделий у образцов из разных видов муки был в пределах требований ГОСТа.

Выводы. Проведенные исследования показали, что мука из зерна сорта тритикале «Слон» может быть рекомендована к использованию в производстве мучных конди-

терских изделий, в частности кексов. Использование тритикалевой муки позволит получать продукцию, не уступающую по качеству продукции из пшеничной муки, повышенной пищевой ценности, с учетом ее богатого химического состава по сравнению с пшеничной мукой.

Список литературы

1. Горянина Т. А., Горянин О. И. Урожайность и качество зерна сортов озимой тритикале в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 33–37. DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp33-37. EDN: NICUBX
2. Медведев А. М. Особенности формирования признаков продуктивности и качества зерна озимых тритикале республики Беларусь // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2(46). С. 125–133. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-125-133. EDN: OBPEHT
3. Асеева Т. А., Зенкина К. В., Рубан З. С., Ломакина И. В. Использование тритикалевой муки в хлебопечении // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 81–88. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10521. EDN: XROHBZ
4. Андреев Н. Р., Колпаков В. В., Гольдштейн В. Г. К вопросу глубокой переработки зерна тритикале // Пищевая промышленность. 2018. № 9. С. 30–33. EDN: YAJWMX
5. Зверев С. В., Панкратьева И. А., Политуха О. В., Грабовец А. И. Высококаротеноидное тритикале – перспективная культура для получения крупы функционального назначения // Хлебопродукты. 2019. № 4. С. 54–55. EDN: UBRCMU
6. Кузнецова Л. И., Савкина О. А., Лаврентьева Н. С. Современное состояние и перспективы применения в хлебопечении муки из зерна тритикале // Хлебопродукты. 2019. № 11. С. 52–55. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-11-52-55. EDN: BYVBUA
7. Шпилев Н. С., Лебедько Л. В., Шепелев С. И., Ториков В. Е., Мельникова О. В. Тритикале – важная кормовая культура // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4(98). С. 19–24. EDN: BLEXOA
8. Сухова О. В. Исследование химического состава зерна тритикале как основного белковосодержащего сырья // Вестник НГИЭИ. 2013. № 8(27). С. 85–90. EDN: RBNNAP
9. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses // Food Chemistry. 2018. 15(241). Pp. 468–479. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.09.009
10. Витол И. С., Герасина А. Ю., Мелешкина Е. П. Амилолитические ферменты в комплексной оценке качества зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 и их активация увлажнением и подсушиванием // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (174). С. 27–33. EDN: NDKSND
11. Antanas S., Alexa E., Negrea M., Guran E., Lazureanu A. Studies regarding rheological properties of triticale, wheat and rye flours. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology. 2013. Vol. 17 (1): 345–349.
12. Апет Т. К., Пашук З. Н. Справочник технолога кондитерского производства. В 2-х томах. Т.1. Технологические рецепты. Санкт-Петербург: ГИОРД. 2004. 500 с.
13. Курицына Ю. С., Гарькина П. К. Возможности расширения ассортимента мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 1. С. 28–31. EDN: WBILNV

References

1. Goryanina T.A., Goryanin O.I. Yield and grain quality of winter triticale varieties in the volga region. *Agrarian scientific journal*. 2023;(10):33–37. DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp33-37. (In Russ.). EDN: NICUBX
2. Medvedev A.M. Features of formation of sings of productivity and quality of winter triticale grain of the republic Belarus. *Zernobobovye i krupânye kul'tury* [Legumes and groat crops]. 2023;2(46):125–133. (In Russ.). DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-125-133. EDN: OBPEHT
3. Aseeva T.A., Zenkina K.V., Ruban Z.S., Lomakina I.V. Use of triticale flour in baking of bread. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018;32(5):81–88. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10521. EDN: XROHBZ

4. Andreev N.R., Kolpakov V.V., Goldshtein V.G. To the question of profound triticales grain processing. *Food processing industry*. 2018;(9):30–33. (In Russ.). EDN: YAJWMX
5. Zverev S.V., Pankratyeva I.A., Politukha O.V., Grabovets A.I. High-carotenoid triticales is a promising crop for obtaining cereals for functional purposes. *Khleboproducty*. 2019;(4):54–55. (In Russ.). EDN: UBRCMU
6. Kuznetsova L.I., Savkina O.A., Lavrentieva N.S. Current state and prospects for the use of triticales grain flour in baking. *Khleboproducty*. 2019;(11):52–55. (In Russ.). DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-11-52-55. EDN: BYBBUA
7. Shpilev N.S., Lebed'ko L.V., Shepelev S.I., Torikov V.E., Mel'nikova O.V. Triticales is an important forage crop. *Vestnik of the Bryansk state agricultural academy*. 2023;4(98):19–24. (In Russ.). EDN: BLEXOA
8. Suhova O.V. Research of the chemical composition of tritikal grain as main raw materials containing proteins. *Bulletin NGIEI*. 2013;8(27):85–90. (In Russ.). EDN: RBNNAP
9. Zhu F. Triticales: Nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*. 2018;15(241): 468–479. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.09.009
10. Vitol I.S., Gerasina A.YU., Meleshkina E.P. Amylolytic enzymes in the complex grain quality evaluation of triticales variety "Timiryazevskaya 150" and their activation by moistening and drying. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2019;4(174):27–33. (In Russ.). EDN: NDKSND
11. Antanas S., Alexa E., Negrea M., Guran E., Lazureanu A. Studies regarding rheological properties of triticales, wheat and rye flours. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2013;17(1):345–349.
12. Apet T.K., Pashuk Z.N. *Spravochnik tekhnologa konditerskogo proizvodstva. V 2-kh tomakh. T.1. Tekhnologicheskiye retseptury* [Handbook of confectionery production technologist. In 2 volumes. T.1. Technological recipes]. Saint Petersburg: GIORO. 2004. 500 p. (In Russ.).
13. Kuricyna YU. S., Gar'kina P.K. Possibilities of expanding the range of flour confectionery products. *Innovative Machinery and Technology*. 2023;10(1):28–31. (In Russ.). EDN: WBILNV

Сведения об авторах

Триандофилиди Юрий Сергеевич – аспирант направления научной специальности 4.3.3 «Пищевые системы», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Сокол Наталья Викторовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Воронин Владимир Владимирович – магистрант направления подготовки 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Information about the authors

Yuriy S. Triandofilidy – Post graduate student of scientific specialty 4.3.3 "Food Systems", Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

Natalia V. Sokol – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Vladimir V. Voronin – Master's student of the Direction of Training 19.04.02 "Food products from vegetable raw materials", Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

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 16.11.2023;
одобрена после рецензирования 06.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 16.11.2023;
approved after reviewing 06.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

Научная статья

УДК 663.44

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-152-157

Исследование влияния растворов белков и углеводов на физические показатели качества пивного сусла

Мадина Борисовна Хоконова^{✉1}, Амина Сергеевна Джабоева²

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

^{✉1} dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

² tpop_kbr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9352-0862>

Аннотация. Работа посвящена определению составных частей пивного сусла, в наибольшей мере увеличивающих его вязкость путем исследования растворов мальтозы, белковых веществ, декстринов и гемицеллюлоз. После добавления ферментных препаратов в дробине плохо разрыхленного солода остается крахмала больше, чем в дробине хорошо разрыхленного зерна. При промывке дробины содержание сахаров в промывной воде понижается, а общий и высокомолекулярный азот и вязкость повышаются. Из-за недостаточного ферментативного гидролиза при соложении высокомолекулярные углеводы и белки растворяются в промывной воде и состав сусла ухудшается. В качестве объектов исследований служило лабораторное сусло пивоваренного производства с добавлением растворов мальтозы, белковых веществ, гемицеллюлоз и декстринов. Для определения влияния растворов мальтозы, белковых веществ, декстринов и гемицеллюлоз на физические показатели пивного сусла содержание их в растворе варьировали от 1 до 13%, от 1 до 7%, от 1 до 4%, от 1 до 7% соответственно. Исследование проводили при температуре 20°C и 70°C. Установлено, что содержание в сусле раствора мальтозы концентрацией от 1 до 13% не ухудшает качества продукта. Для производства современных сортов пива допускается 7%-ная концентрация растворов белков в сусле; для классических сортов пива концентрация белков в растворе должна составлять менее 1%. Максимальная концентрация раствора декстринов в пивном сусле температурой 20°C не должна превышать 2%, а гемицеллюлоз в солоде температурой 70°C – 7%.

Ключевые слова: пивоварение, осахаривание, сусло, ферменты, белки, мальтоза, декстрины, гемицеллюлозы, вязкость

Для цитирования. Хоконова М. Б., Джабоева А. С. Исследование влияния растворов белков и углеводов на физические показатели качества пивного сусла // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 152–157.
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-152-157

Original article

Study of the influence of protein and carbohydrate solutions on physical indicators of beer wort quality

Madina B. Khokonova^{✉1}, Amina S. Dzhaboeva²

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

^{✉1} dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

² tpop_kbr@mail.ru, // <https://orcid.org/0000-0001-9352-0862>

Abstract. The work is devoted to determining the components of beer wort, which most increase its viscosity by studying solutions of maltose, proteins, dextrans and hemicelluloses. After adding enzyme preparations, more starch remains in the grain of poorly loosened malt than in the grain of well-loosened grain. When washing spent grains, the sugar content in the wash water decreases, and total and high-molecular nitrogen and viscosity increase. Due to insufficient enzymatic hydrolysis during malting, high molecular weight carbohydrates and proteins dissolve in the wash water and the composition of the wort deteriorates. The objects of research were laboratory brewing wort with the addition of solutions of maltose, protein substances, hemicelluloses and dextrans. To determine the effect of solutions of maltose, protein substances, dextrans and hemicelluloses on the physical characteristics of beer wort, their content in the solution varied from 1 to 13%, from 1 to 7%, from 1 to 4%, from 1 to 7%, respectively. The study was carried out at temperatures of 20°C and 70°C. It has been established that the content of a maltose solution in the wort with a concentration of 1 to 13% does not impair the quality of the product. For the production of modern types of beer, a 7% concentration of protein solutions in the wort is allowed; for classic beers, the protein concentration in the solution should be less than 1%. The maximum concentration of a solution of dextrans in beer wort at a temperature of 20°C should not exceed 2%, and hemicelluloses in malt at a temperature of 70°C should not exceed 7%.

Keywords: brewing, saccharification, wort, enzymes, proteins, maltose, dextrans, hemicelluloses, viscosity

For citation. Khokonova M.B., Dzhaboeva A.S. Study of the influence of protein and carbohydrate solutions on physical indicators of beer wort quality. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):152–157. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-152-157

Введение. В пивоваренном производстве при переработке ячменя в дробине после фильтрации затора и промывки ее остается тем больше крахмала, чем менее разрыхлен солод [1–4]. Такая зависимость остается и при дополнительном доосахаривании дробины. После добавления ферментных препаратов в дробине плохо разрыхленного солода остается крахмала больше, чем в дробине хорошо разрыхленного зерна. При промывке дробины содержание сахаров в промывной воде понижается, а общий и высокомолекулярный азот и вязкость повышаются. Из-за недостаточного ферментативного гидролиза при соложении высокомолекулярные углеводы и белки растворяются в промывной воде, и состав сусла ухудшается [5–9].

Целью работы являлось определение влияния растворов мальтозы, белковых веществ, гемицеллюлоз и декстринов на физические показатели качества пивного сусла.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве объектов исследований служило лабораторное сусло пивоваренного производства с добавлением растворов мальтозы, белковых веществ, гемицеллюлоз и декстринов.

Для определения влияния растворов мальтозы, белковых веществ, декстринов и гемицеллюлоз на физические показатели

пивного сусла содержание их в растворе варьировали от 1 до 13%, от 1 до 7%, от 1 до 4%, от 1 до 7% соответственно.

Белковые вещества брали из заводского белкового отстоя и переводили в раствор после настаивания в 0,1 н. щелочи. Гемицеллюлозы получали по методу Приса, для опытов применяли их раствор до осаждения. Вязкость определяли вискозиметром Оствальда-Пинкевича.

В работе использовали общепринятые в пивоваренном производстве методы исследований [10].

Результаты исследования. Для определения влияния мальтозы на физические показатели качества пивного сусла содержание ее в растворе варьировали от 1 до 13%. Исследование проводили при температуре 20°C и 70°C. Полученные экспериментальные данные представлены в таблице 1.

Выявлено, что с повышением концентрации мальтозы в растворе от 1 до 13% время истечения, вязкость и удельный объем пивного сусла возрастают. В пробах температурой 20°C по сравнению с образцами температурой 70°C время истечения сусла увеличивается в 1,8–2,0 раза, вязкость – на 1,2–12,6%. Добавление растворов мальтозы одной концентрации в пробы температурой 20°C и 70°C не оказывало влияния на удельный вес сусла.

Таблица 1. Влияние концентрации растворов мальтозы на физические показатели качества пивного сусла
Table 1. The influence of the concentration of maltose solutions on the physical indicators of beer wort quality

Концентрация раствора мальтозы, %	Время истечения, с. (t=20°C),	Удельный вес, г/см ³	Вязкость, МПа·с	Время истечения, с. (t=70°C)	Удельный вес, г/см ³	Вязкость, МПа·с
1	14,0	1,0032	1,0032	8,0	1,0032	0,9908
2	14,1	1,0077	1,0149	8,0	1,0077	0,9953
3	14,7	1,0116	1,0622	8,1	1,0116	1,0116
4	14,9	1,0148	1,0799	8,2	1,0148	1,0273
5	15,1	1,0189	1,0989	8,2	1,0189	1,0314
6	15,7	1,0236	1,1479	8,3	1,0236	1,0489
7	16,0	1,0277	1,1745	9,0	1,0277	1,1419
8	16,0	1,0318	1,1791	9,0	1,0318	1,1464
9	17,0	1,0358	1,2578	9,0	1,0358	1,1509
10	17,2	1,0401	1,2779	9,1	1,0401	1,1684
11	17,3	1,0442	1,2903	9,2	1,0442	1,1860
12	18,0	1,0483	1,3478	9,2	1,0483	1,1907
13	18,2	1,0526	1,3684	9,2	1,0526	1,1955

Согласно техническим характеристикам сусло для современных сортов пива характеризуется удельным весом до 1,100 г/см³, а для более классических сортов – 1,030-1,070 г/см³. Следовательно, наличие в составе пивного сусла 1-13 %-ного раствора мальтозы не будет оказывать ухудшающее действие на ка-

чество классических и современных сортов пива.

Данные о влиянии различной концентрации растворов белков на физические показатели качества пивного сусла приведены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние концентрации растворов белков на физические показатели качества пивного сусла
Table 2. The influence of the concentration of protein solutions on the physical indicators of beer wort quality

Концентрация раствора белков, %	Время истечения, с. (t=20°C),	Удельный вес, г/см ³	Вязкость при 20°C, МПа·с	Время истечения, с. (t=70°C)	Удельный вес, г/см ³	Вязкость при 70°C, МПа·с
1	18,1	1,0450	1,3511	9,1	1,0450	1,1741
2	18,2	1,0460	1,3598	9,2	1,0453	1,1880
3	18,3	1,0460	1,3648	9,2	1,0460	1,1880
4	18,3	1,0451	1,3659	9,3	1,0461	1,1990
5	18,4	1,0450	1,3661	9,3	1,0462	1,1999
6	18,4	1,0452	1,3662	9,3	1,0462	1,2000
7	18,5	1,0453	1,3663	9,3	1,0463	1,2001

Из представленных в таблице 2 данных видно, что с увеличением концентрации белковых веществ значения физических показателей опытных проб повышаются.

При сопоставительном анализе образцов пивного сусла, приготовленных с добавлени-

ем растворов белков 1-7%-ной концентрации, установлено, что в пробах температурой 20°C по сравнению с пробами температурой 70°C время истечения быстрее в 2,0 раза, а вязкость – больше в 1,3 раза. Удельный объем пивного сусла температурой 70°C при введении

4-7%-ных растворов белков незначительно выше по сравнению с удельным объемом аналогичных проб температурой 20°C.

Присутствие в пивном солоде раствора белковых веществ концентрацией от 1 до 7% допустимо только в случае выработки современных сортов пива. Для производства классических сортов пива концентрация белков в растворе должна составлять менее 1%.

На качество пивного сусла наряду с мальтозой, белковыми и другими веществами значительное влияние оказывают такие продукты гидролиза крахмала, как декстрины. Для проведения исследования использовали растворы декстринов 1, 2, 3 и 4%-ной концентрации. Полученные экспериментальные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Влияние концентрации растворов декстринов на физические показатели качества пивного сусла

Table 3. The influence of the concentration of dextrin solutions on the physical indicators of beer wort quality

Концентрация раствора декстринов, %	Время истечения, с. (t=20°C),	Удельный вес, г/см ³	Вязкость, МПа·с	Время истечения, с. (t=70°C)	Удельный вес, г/см ³	Вязкость, МПа·с
1	17,3	1,0442	1,2903	9,2	1,0445	1,1860
2	20,2	1,0443	1,5079	10,3	1,0446	1,3289
3	21,2	1,0453	1,5813	10,6	1,0448	1,3666
4	23,1	1,0455	1,7246	11,2	1,0452	1,4451

Полученные результаты позволяют констатировать ту же закономерность изменения времени истечения и вязкости пивного сусла в зависимости от концентрации растворов декстринов, которая была установлена в отношении растворов мальтозы и сахаров. Концентрация раствора декстринов практически не оказывала влияния на удельный вес сусла. Следует отметить, что добавление растворов декстринов концентрацией 3% и более в пивное сусло температурой 20°C приводило к значительному повышению вязкости опытных проб и превышению нормируемого значения этого показателя – 1,55 МПа·с. Таким образом, для производст-

ва современных сортов пива предельно допустимой концентрацией раствора декстринов в пивном сусле температурой 20°C является 2%. Повышение температуры сусла до 70°C снижает вязкость опытных проб, что позволяет допустить наличие более высоких концентраций растворов декстринов в составе пивного сусла.

Свой вклад в формирование качества пивного сусла вносят гемицеллюлозы. Для определения влияния гемицеллюлоз на физические показатели качества пивного сусла концентрацию их в растворе варьировали от 1 до 7%. Данные исследования приведены в таблице 4.

Таблица 4. Влияние концентрации растворов гемицеллюлоз на физические показатели качества пивного сусла

Table 4. The influence of the concentration of hemicelluloses solutions on the physical indicators of beer wort quality

Концентрация раствора гемицеллюлозы, %	Время истечения, с. (t=20°C),	Удельный вес, г/см ³	Вязкость, МПа·с	Время истечения, с. (t=70°C)	Удельный вес, г/см ³	Вязкость, МПа·с
1	24,3	1,0453	1,8143	11,2	1,0463	1,4596
2	25,0	1,0455	1,8175	11,2	1,0468	1,4660
3	25,6	1,0457	1,8224	11,3	1,0468	1,4759
4	25,8	1,0458	1,8369	11,3	1,0469	1,4855
5	25,8	1,0458	1,8418	11,3	1,0470	1,5084
6	26,5	1,0459	1,8539	11,8	1,0470	1,5357
7	26,9	1,0459	1,8564	11,9	1,0471	1,5429

Анализ цифрового материала показал, что добавление в пивной солод растворов гемицеллюлоз приводит к резкому увеличению вязкости и времени истечения по сравнению с образцами солода, в состав которых вводили растворы мальтозы, белков и декстринов. В пробах температурой 20°C значения вязкости превышают нормируемый показатель 1,55 мПа·с. Повышение вязкости можно объяснить увеличением количества гидрофильных компонентов в системе за счет присутствия гемицеллюлоз, в результате чего образуются новые связи, способствующие переходу воды из свободно дисперсного состояния в связанное. По данным исследования, приведенным в таблице 4, можно сделать вывод о возможности применения в производстве пива солода температурой

70°C при максимальной концентрации в нем гемицеллюлоз 7%.

Выводы. На основании экспериментальных данных, полученных при исследовании влияния растворов мальтозы, белковых веществ, гемицеллюлоз и декстринов на физические показатели качества пивного сусла установлено, что содержание в сусле раствора мальтозы концентрацией от 1 до 13 % не ухудшает качества продукта. Для производства современных сортов пива допускается 7%-ная концентрация растворов белков в сусле; для классических сортов пива концентрация белков в растворе должна составлять менее 1%. Максимальная концентрация раствора декстринов в пивном сусле температурой 20°C не должна превышать 2%, а гемицеллюлоз в солоде температурой 70°C – 7%.

Список литературы

1. Белокурова Е. С. Биотехнология продуктов брожения: учеб. пособие. Санкт-Петербург: СПбГТУ, 2015. 64 с.
2. Контроль качества продукции физико-химическими методами: учеб. пособие для студ. вузов / В. В. Ашапкин [и др.]. Москва: ДеЛи принт, 2005. 124 с.
3. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 244–248. <https://doi.org/10.20914/2304-4691-2019-3-244-248>. EDN: UHGQSJ
4. Биохимия / под. ред. Е. С. Северина. 5-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 316 с.
5. Технология пищевых производств / под. ред. А. П. Нечаева. Москва: Колос, 2007. 189 с.
6. Фараджеева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология броидильных производств: учеб. пособие. Москва: Колос, 2002. 408 с.
7. Качмазов Г. С. Дрожжи броидильных производств: практическое руководство. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 224 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
8. Романова Е. В., Введенский В. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства: учеб. пособие. Москва: Российский университет дружбы народов, 2012. 188 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biblioclub.ru>
9. Неменуца Л. А., Степанищева Н. М. Современные технологии хранения и переработки плодощной продукции: научное издание. Москва: Росинформагротех, 2009. 172 с.
10. Ермолаева Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. Санкт-Петербург: Профессия, 2004. 536 с.

References

1. Belokurova E.S. *Biotechnologiya produktov brozheniya: ucheb. posobiye* [Biotechnology of fermentation products: textbook. allowance]. Saint Petersburg: SPbGTEU, 2015. 64 p. (In Russ.)
2. Ashapkin V.V. [et al.]. *Kontrol' kachestva produktsii fiziko-himicheskimi 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.)
3. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of grain mashes saccharified with enzymes of deep malt culture. *Aktual'naja biotekhnologiya*. 2019;3(30):244–248. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2304-4691-2019-3-244-248>. EDN: UHGQSJ
4. *Biokhimiya*. [Biochemistry]. Edited by E.S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 316 p. (In Russ.)

5. *Tehnologiya pishevykh proizvodstv*. [Food production technology]. Edited by A.P. Nechaev. Moscow: Kolos, 2007. 189 p. (In Russ.)
6. Faradzheva E.D., Fedorov V.A. *Obshchaya tekhnologiya brodil'nykh proizvodstv: ucheb. posobiye* [General technology of fermentation production: textbook allowance]. Moscow: Kolos, 2002. 408 p. (In Russ.)
7. Kachmazov G.S. *Drozhzhi brodil'nykh proizvodstv: prakticheskoe rukovodstvo* [Fermentation yeast: a practical guide]. Saint-Petersburg: Lan', 2012. 224 p. [Electronic resource]. Access mode: <http://e.lanbook.com> (In Russ.)
8. Romanova E.V., Vvedenskij V.V. *Tekhnologiya hraneniya i pererabotki produktsii rastenievodstva: ucheb. posobiye* [Technology of storage and processing of crop products: textbook allowance]. Moscow: Rossijskij universitet druzhby narodov, 2012. 188 p. [Electronic resource]. Access mode: <https://biblioclub.ru> (In Russ.)
9. Nemenushchaya L.A., Stepanishcheva N.M. *Sovremennye tekhnologii hraneniya i pererabotki plodoovoshchnoj produktsii*. [Modern technologies for storage and processing of fruits and vegetables]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2009. 172 p. (In Russ.)
10. Ermolaeva G.A. *Spravochnik rabotnika laboratorii pivovarenного predpriyatiya* [Handbook for a brewery laboratory worker]. Saint-Petersburg: Professija, 2004. 536 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Хоконова Мадина Борисовна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Джабоева Амина Сергеевна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7958-3942

Information about the authors

Madina B. Khokonova – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, Professor of the department of technology production and processing of agricultural product, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Amina S. Dzhaboeva – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov, SPIN-code: 7958-3942

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно планировали, выполняли и анализировали данное исследование.

Author's contribution. The author of this study directly planned, executed and analyzed this study.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 15.11.2023;
одобрена после рецензирования 07.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.

The article was submitted 15.11.2023;
approved after reviewing 07.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.

Научная статья

УДК 663.533

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-158-165

Определение оптимальных значений реакции среды при осахаривании крахмалистых заторов культурой *Aspergillus oryzae*

Ольга Константиновна Цагоева^{✉1}, Мадина Борисовна Хоконова²,
Валерий Андреевич Волков³

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

^{✉1}tsagoeva123@yandex.ru

²dinakbgsha77@mail.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-2791-311X](https://orcid.org/0000-0003-2791-311X)

³kapa0210@yandex.ru

Аннотация. Данная работа посвящена выявлению оптимальных значений реакции среды при осахаривании крахмалистых заторов культурой *Aspergillus oryzae*. При повышении температуры от 30° до 50°C оптимальные зоны pH амилолитической (АС) практически не изменяются, а осахаривающей (ОС) и декстринолитической (ДС) сдвигаются в щелочную сторону. Оптимальные значения всех трех показателей достигались при следующих условиях: температура 30°C, pH 4,7; температура 50°C, pH 5,0. В начальный момент снижение pH с 6,5 до 5,0 существенно не сказывается на активности α-амилазы. Через 72 ч при pH 5,0 АС уменьшается до 58% от ее максимального значения, а при pH 4,5 до 14%. При pH 4,5 наступает довольно резкая инактивация α-амилазы. Присутствие в ферментативном комплексе препарата ферментов, расщепляющих гемицеллюлозы, клетчатку, пентозаны, способствует переходу в раствор некоторого количества веществ, не сбраживаемых дрожжами и повышающих отброд в зрелых бражках. Приведенные данные указывают, что оптимум стабильности лежит в более щелочной зоне, чем оптимум активности. Поэтому оптимальные значения pH при различной продолжительности воздействия ферментов должны выбираться, исходя из целесообразного сочетания их активности и стабильности. В осахаривателе, где затор подвергается кратковременному воздействию ферментов, целесообразно максимально использовать активность α-амилазы и поддерживать pH затора в пределах 5,0-5,1 при температуре 50-55°C. Установлено, что условия осахаривания пшеничных заторов солодом и ферментным препаратом зависят от плотности бражки. Начальная плотность бражки при осахаривании ферментным препаратом и солодом составляет соответственно 8,2 против 10,8. При использовании *Aspergillus oryzae* и повышении температуры от 30° до 50°C оптимальные зоны pH АС практически не изменяются, а ОС и ДС сдвигаются в щелочную сторону. Оптимальные значения всех трех показателей достигались при следующих условиях: температура 30°C, pH 4,7; температура 50°C, pH 5,0.

Ключевые слова: спиртовое производство, *Aspergillus oryzae*, осахаривание, реакция среды, температура, активность ферментов

Для цитирования. Цагоева О. К., Хоконова М. Б., Волков В. А. Определение оптимальных значений реакции среды при осахаривании крахмалистых заторов культурой *Aspergillus oryzae* // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 158–165. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-158-165

Original article

Identification of optimal values of the medium reaction during saccharification of starchy mashes with *Aspergillus oryzae* culture

Olga K. Tsagoeva^{✉1}, Madina B. Khokonova², Valery A. Volkov³

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

^{✉1}tsagoeva123@yandex.ru

²dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

³kapa0210@yandex.ru

Abstract. This work is devoted to identifying the optimal values of the medium reaction during the saccharification of starchy mashes with the *Aspergillus oryzae* culture. With an increase of temperature from 30° to 50°C, the optimal pH zones of the amylolytic (AC) practically do not change, while the saccharifying (OS) and dextrinolytic (DS) zones shift to the alkaline side. The optimal values of all three indicators were achieved under the following conditions: temperature 30°C, pH 4,7; temperature 50°C, pH 5,0. At the initial moment, a decrease in pH from 6,5 to 5,0 does not significantly affect the activity of α -amylase. After 72 hours at pH 5,0, AC decreases to 58% of its maximum value, and at pH 4,5 to 14%. At pH 4,5, a rather sharp inactivation of α -amylase occurs. The presence in the enzymatic complex of the preparation of enzymes that break down hemicelluloses, fiber, pentosans, promotes the transition into solution of a certain amount of substances that are not fermentable by yeast and increase waste in mature mash. The data presented indicate that the stability optimum lies in a more alkaline zone than the activity optimum. Therefore, the optimal pH values for different durations of exposure to enzymes should be selected based on the appropriate combination of their activity and stability. In a saccharifier where the mash is briefly exposed to enzymes, it is advisable to make maximum use of α -amylase activity and maintain the pH of the mash in the range of 5,0-5,1 at a temperature of 50-55°C. It has been established that the conditions for saccharification of wheat mash with malt and an enzyme preparation depend on the density of the mash. The initial density of the mash during saccharification with an enzyme preparation and malt is 8,2 versus 10,8, respectively. When using *Aspergillus oryzae* and increasing the temperature from 30° to 50°C, the optimal pH zones of the AC practically do not change, and the SA and DC shift to the alkaline side. Optimal values of all three indicators were achieved under the following conditions: temperature 30°C, pH 4,7; temperature 50°C, pH 5,0.

Keywords: alcohol production, *Aspergillus oryzae*, saccharification, medium reaction, temperature, enzyme activity

For citation. Tsagoeva O.K., Khokonova M.B., Volkov V.A. Identification of optimal values of the medium reaction during saccharification of starchy mashes with *Aspergillus oryzae* culture. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;4(42):158–165. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-158-165

Введение. В условиях спиртового производства осахаривание крахмала протекает при различных температурах: в осахаривателе при 57-59°C и в бродильных чанах при 30°C. Продолжительность этих стадий технологического процесса также различна. Наряду с температурой и концентрацией среды важным фактором, влияющим на ход ферментативного гидролиза крахмала, является активная плотность среды. Амилолитические ферменты грибов проявляют свое действие в определенном интервале pH, оптимальное значение которого зависит от влияния pH на скорость реакции и стабильность фермента [1]. Оптимум стабильности характеризуется интервалом pH, при котором фермент наиболее длительно сохраняется в активном состоянии. Оптимум активности соответствует тому значению pH, который отвечает максимальной скорости ферментативного процесса в определенный отрезок времени [2].

Оптимальные значения активности и стабильности не всегда совпадают между собой.

По данным литературы оптимальные значения активной кислотности для амилазы *Aspergillus oryzae* соответствуют pH 4,5-5,5. Известна большая кислотоустойчивость амилолитических ферментов грибов по сравнению с амилазой солода.

Целью работы являлось выявление оптимальных значений реакции среды при осахаривании крахмалистых заторов культурой *Aspergillus oryzae*.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в 2017-2022 гг. в условиях ООО «Премииум» (КБР, Зольский район, с.п. Сармаково) и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Кабардино-Балкарского ГАУ.

Объектами исследований служили плесневые грибы *Aspergillus oryzae*, осахаренная масса, бражка и этиловый спирт. В качестве осахаривающего фермента использовали сан-супер.

С целью максимального использования активности амилолитических ферментов при

осахаривании и сохранении стабильности их действия в процессе брожения задавали ферментный препарат в две стадии: в осахариватель и бродильный чан.

Результаты исследования. Влияние pH на активность амилолитических ферментов

гриба *Aspergillus oryzae* при температуре 30 показано на рисунке 1.

При 50°C максимальная активность достигается при следующих значениях pH: АС – 4,0-5,5; ОС – 4,5-5,95 и ДС – 4,3-5,8 (рис. 2).

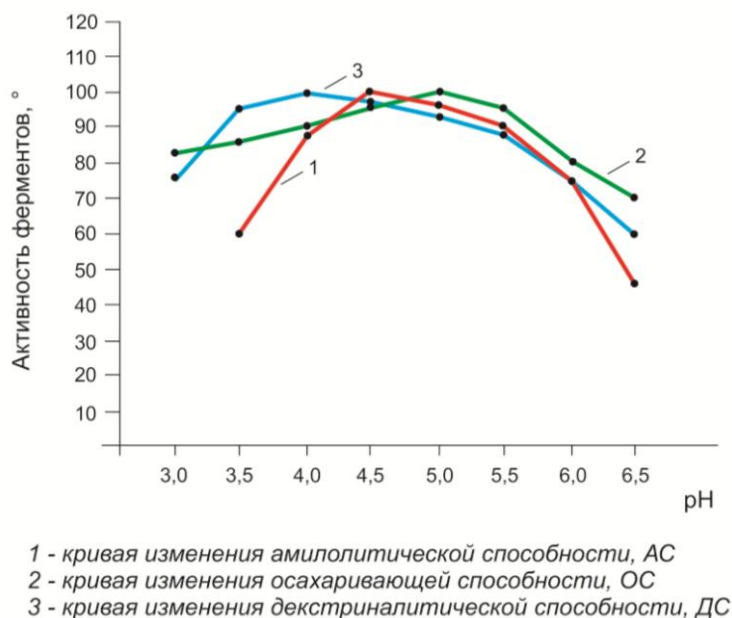


Рисунок 1. Влияние pH на активность амилолитических ферментов гриба *Aspergillus oryzae* при температуре 30°C:

Figure 1. Influence of pH on the activity of amylolytic enzymes of the fungus *Aspergillus oryzae* at a temperature of 30°C:

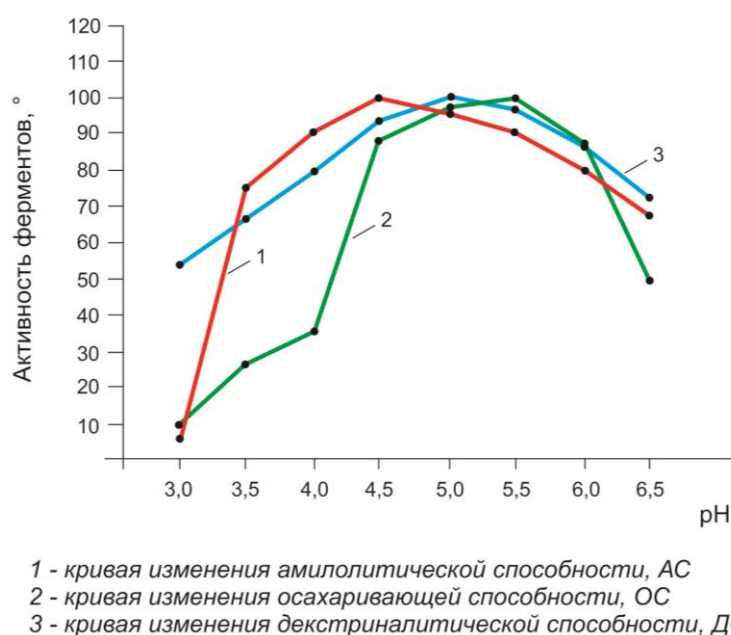


Рисунок 2. Влияние pH на активность амилолитических ферментов *Aspergillus oryzae* при температуре 50°C

Figure 2. Influence of pH on the activity of amylolytic enzymes of *Aspergillus oryzae* at a temperature of 50°C

Из анализа рисунков 1 и 2 следует, что при повышении температуры от 30° до 50°C оптимальные зоны pH АС практически не изменяются, а ОС и ДС сдвигаются в щелочную сторону. Оптимальные значения всех трех показателей (АС, ОС и ДС) достигались

при следующих условиях: температура 30°C, pH 4,7; температура 50°C, pH 5,0.

Представление об устойчивости амилолитических ферментов *Aspergillus oryzae* при различных значениях pH дает характер кривых, приведенных на рисунках 3, 4, 5.

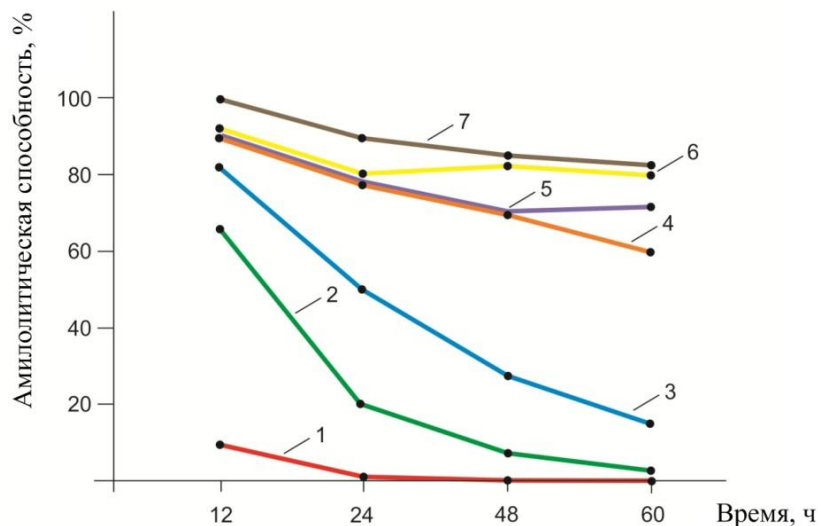


Рисунок 3. Влияние pH среды на устойчивость амилолитической способности гриба *Aspergillus oryzae*:

1 – pH 3,5; 2 – pH 4,0; 3 – pH 4,5; 4 – pH 5,0; 5 – pH 5,5; 6 – pH 6,0; 7 – pH 6,5

Figure 3. The influence of pH on the stability of the amylolytic ability of the fungus *Aspergillus oryzae*:

1 – pH 3,5; 2 – pH 4,0; 3 – pH 4,5; 4 – pH 5,0; 5 – pH 5,5; 6 – pH 6,0; 7 – pH 6,5

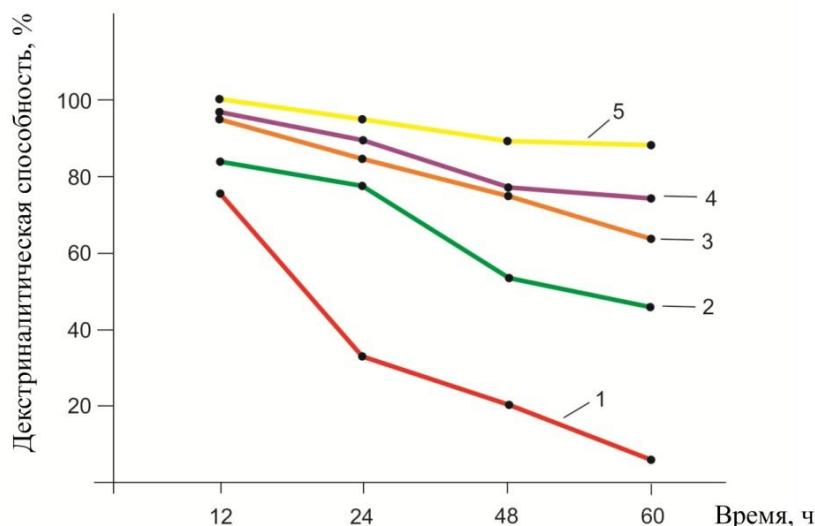


Рисунок 4. Влияние pH среды на устойчивость декстринолитической способности гриба *Aspergillus oryzae*:

1 – pH 3,0; 2 – pH 3,5; 3 – pH 4,0; 4 – pH 4,5; 5 – pH 5-6,5

Figure 4. The influence of pH on the stability of dextrinolytic abilities of the fungus *Aspergillus oryzae*:

1 – pH 3,0; 2 – pH 3,5; 3 – pH 4,0; 4 – pH 4,5; 5 – pH 5-6,5

Из рисунка 3 видно, что в начальный момент снижение pH с 6,5 до 5,0 существенно не сказывается на активности α -амилазы (АС=90%). Через 72 ч при pH 5,0 АС уменьшается до 58% от ее максимального значения, а при pH 4,5 до 14% [3–5]. Таким образом, при pH 4,5 наступает довольно резкая инактивация α -амилазы.

Декстриназа *Aspergillus oryzae* отличается большей кислотоустойчивостью [6–8]. Оптимальной зоной стабильности декстриназы можно считать pH 6,5–4,5, значительное ее инактивирование наступает при pH 4,0 и ниже (рис. 4).

Устойчивость осахаривающей способности хорошо сохраняется в интервале

pH 6,5–5,0. Инактивирование ее наступает при pH 4,5 (рис. 5).

Приведенные данные указывают на то, что оптимум стабильности лежит в более щелочной зоне, чем оптимум активности. Поэтому оптимальные значения pH при различной продолжительности воздействия ферментов должны выбираться, исходя из целесообразного сочетания их активности и стабильности. В осахаривателе, где затор подвергается кратковременному воздействию ферментов, целесообразно максимально использовать активность α -амилазы и поддерживать pH затора в пределах 5,0–5,1 при температуре 50–55°C [9].

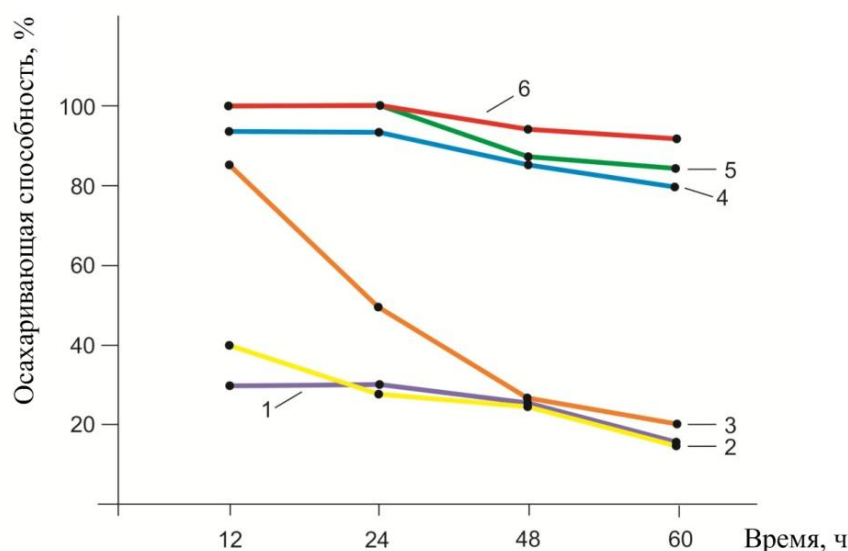


Рисунок 5. Влияние pH среды на устойчивость осахаривающей способности гриба *Aspergillus oryzae*:

1 – pH 3,0; 2 – pH 3,5; 3 – pH 4,0–4,5; 4 – pH 5,0; 5 – pH 5,5; 6 – pH 6–6,5;

Figure 5. The influence of pH on the stability of the saccharifying ability of the fungus *Aspergillus oryzae*:

1 – pH 3,0; 2 – pH 3,5; 3 – pH 4,0–4,5; 4 – pH 5,0; 5 – pH 5,5; 6 – pH 6–6,5;

В процессе брожения при медленном осахаривании конечных декстринов первостепенное значение приобретает действие декстриназы, активность которой необходимо сохранить до конца брожения [10]. Оптимум стабильности ДС при 30°C лежит в пределах pH 6,5–4,5, а активности – pH 3,5–4,7. Если учесть, что другие функции амилазы *Aspergillus oryzae* АС и ОС длительно сохраняются при pH 6,5–0,5, то оптимум pH при

брожении можно считать 5,0–4,7. Последнее также подтверждает целесообразность задачи ферментного препарата в два приема: в осахариватель первой ступени, где происходит разжижение и частичное осахаривание крахмала, и в бродильный чан.

В первые двенадцать часов интенсивность брожения в чанах, осахаренных солодом (рис. 6), такая же, как и в чанах, осахаренных ферментным препаратом.

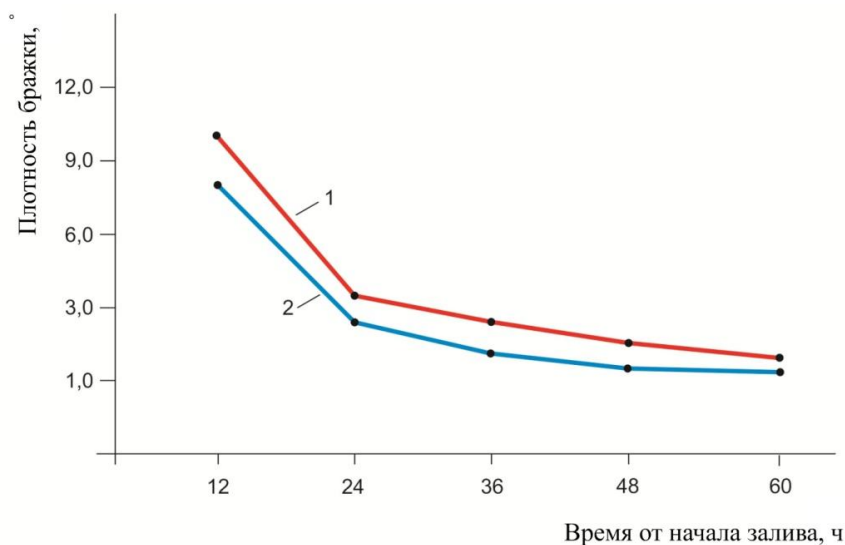


Рисунок 6. Интенсивность брожения пшеничных заторов при осахаривании солодом и ферментным препаратом:

1 – осахаривание солодом; 2 – осахаривание ферментным препаратом

Figure 6. Intensity of fermentation of wheat mash when saccharification with malt and enzyme preparation:

1 – saccharification with malt; 2 – saccharification with an enzyme preparation

В последующие часы, т. е. на 48, 52, 60-м часу брожения отброды в контрольных бро-
дильных чанах несколько ниже, чем в чанах,
осахаренных ферментным препаратом.

В свою очередь осахаривающая способ-
ность бражки, осахаренной ферментным
препаратом, характеризуется значительно
лучшими показателями (рис. 7).

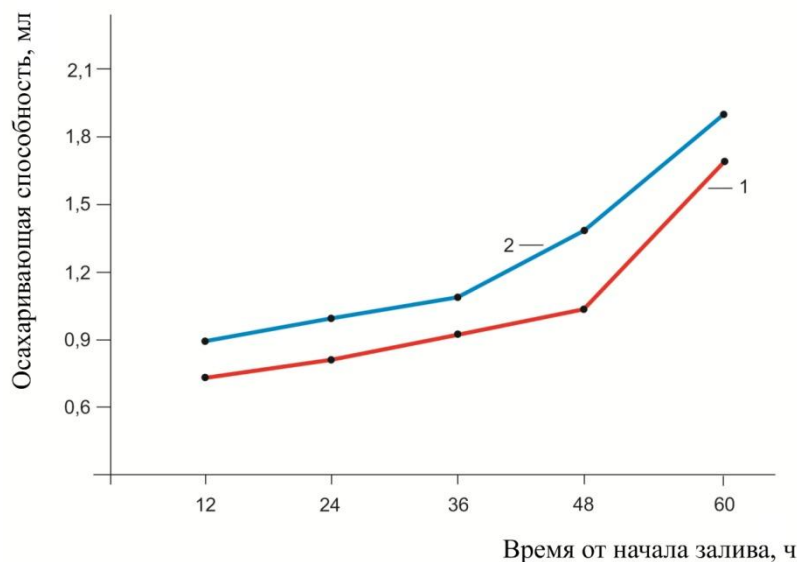


Рисунок 7. Изменение осахаривающей способности бражки в процессе брожения:

1 – осахаривание солодом; 2 – осахаривание ферментным препаратом

Figure 7. Change in the saccharifying ability of the mash during the process fermentation:

1 – saccharification with malt; 2 – saccharification with an enzyme preparation

Присутствие в ферментативном комплек-
се препарата ферментов, расщепляющих ге-
мицеллюлозы, клетчатку, пентозаны, спо-
собствует переходу в раствор некоторого

количества веществ, не сбраживаемых
дрожжами, следовательно, повышающих от-
брод в зрелых бражах.

Выводы. Таким образом, условия осахаривания крахмалистых заторов солодом и ферментным препаратом зависят от плотности бражки. Начальная плотность бражки при осахаривании ферментным препаратом и солодом составляет соответственно 8,2 против 10,8. При использовании *Aspergillus*

oryzae и повышении температуры от 30° до 50°C оптимальные зоны pH AC практически не изменяются, а ОС и ДС сдвигаются в щелочную сторону. Оптимальные значения всех трех показателей (АС, ОС и ДС) достигались при следующих условиях: температура 30°C, pH 4,7; температура 50°C, pH 5,0.

Список литературы

1. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 244–248. EDN: UHGQ SJ
2. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели продуктов брожения в спиртовом производстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 1(23). С. 56–59. EDN: CJYQ IL
3. Римарева Л. В., Оверченко М. Б., Игнатова Н. И., Абрамова И. М. Теоретические и практические основы ферментативного катализа полимеров зернового сырья в спиртовом производстве // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2008. № 3. С. 4–9. EDN: GWXYO Z
4. Ашапкин В. В. Контроль качества продукции физико-химическими методами: учеб. пособие для студ. вузов. Москва: ДеЛи принт, 2005. 124 с.
5. Технология спирта / ред. В. Л. Яровенко. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1996. 464 с.
6. Ашхотов Э. Ю. Экономические и экологические проблемы выбора технологии переработки (утилизации) отходов производства биоэтанола: научное издание. Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2009. 172 с.
7. Биохимия / под. ред. Северина Е. С. 5-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 316 с.
8. Технология пищевых производств / под. ред. А. П. Нечаева. Москва: Колос, 2007. 189 с.
9. Фараджева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология бродильных производств: учеб. пособие. Москва: Колос, 2002. 408 с.
10. Качмазов Г. С. Дрожжи бродильных производств: практическое руководство. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 224 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>

References

1. 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: UHGQ SJ
2. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of food products in alcohol manufacture. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;1 (23):56–59. (In Russ.). EDN: CJYQ IL
3. Rimareva L.V., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Abramova I.M. Theoretical and practical basis for fermentative catalysis of polymers of grain raw materials in spirit production. *Manufacture of alcohol and liqueur & vodka products*. 2008;(3):4–9. (In Russ.). EDN: GWXYO Z
4. Ashapkin V.V. [et al.]. *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.)
5. *Tekhnologiya spirta* [Alcohol technology]. Ed. V.L. Yarovenko. Moscow: Kolos, 1996. 464 p. (In Russ.)
6. Ashkhotov E.Yu. *Ekonomicheskiye i ekologicheskiye problemy vybora tekhnologii perera-botki (utilizatsii) otkhodov proizvodstva bioetanol: nauchnoye izdaniye* [Economic and environmental problems of choosing technology for processing (recycling) waste from bioethanol production: scientific publication]. Nalchik: Izd-vo M. i V. Kotlyarovykh, , 2009. 172 p. (In Russ.)
7. *Biokhimiya*. [Biochemistry]. Ed. E.S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 316 p. (In Russ.)

8. *Tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. [Technology of food production]. Ed. A.P. Nechaev. Moscow: Kolos, 2007. 189 p. (In Russ.)
9. Faradzheva E.D., Fedorov V.A. *Obshchaya tekhnologiya brodil'nykh proizvodstv: ucheb. posobiye* [General technology of fermentation production: textbook allowance]. Moscow: Kolos, 2002. 408 p. (In Russ.)
10. Kachmazov G.S. *Drozhzhi brodil'nykh proizvodstv: prakticheskoye rukovodstvo* [Fermentation yeast: a practical guide]. Saint Petersburg: Lan', 2012. 224 p. [Electronic resource]. Access mode: <http://e.lanbook.com> (In Russ.)

Сведения об авторах

Цагоева Ольга Константиновна – соискатель кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

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

Волков Валерий Андреевич – магистрант 2-го года обучения, направления подготовки Агрономия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Olga K. Tsagoeva – applicant for the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Madina B. Khokonova – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, Professor of the department of technology production and processing of agricultural product, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Valery A. Volkov – master's student of the 2nd year of study, direction of training Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно планировали, выполняли и анализировали данное исследование.

Author's contribution. The author of this study directly planned, executed and analyzed this study.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 15.11.2023;
одобрена после рецензирования 06.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.*

*The article was submitted 15.11.2023;
approved after reviewing 06.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.*

ЭКОНОМИКА

ECONOMY

Научная статья

УДК 338.43:631.1(470.64)

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-166-177

**Состояние и перспективы современной архитектуры росто-
развития агропродуктового комплекса КБР**

**Хадис Магомедович Рахаев^{✉1}, Мадина Николаевна Энеева²,
Агнеса Валерьевна Шахмурзова³**

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

^{✉1}r3bizengin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7211-3026>

²eneeva74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0425-7914>

³ashakhmurzova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5573-6926>

Аннотация. В статье на основании статистических данных за период 2010-2020 гг. с помощью индексного, корреляционного, матричного методов проведен анализ существующих производственно-технологических и организационно-хозяйственных связей в аграрном комплексе Кабардино-Балкарской Республики. Путем разбивки комплекса на два подкомплекса (растениеводческий и животноводческий) выявлены, формализованы и квантифицированы основные связи, формирующие подкомплексы. Установлен неоднородный противоречивый характер взаимосвязи основных ресурсных факторов (посевных площадей) с конечными результатами (валовой продукцией). В условиях растущих изменений климата и погоды выявлено и квантифицировано влияние климатических и погодных факторов на динамику основных параметров растениеводческого подкомплекса. Проведен анализ взаимосвязи конечных продуктов последнего (валовой сбор зерновых и зернобобовых культур, сена и др.) с основными параметрами (поголовье скота, надои и проч.) животноводческого подкомплекса. Установлены расхождения и противоречия. Выявленные зависимости позволяют дать оценку состоянию архитектуры аграрного комплекса КБР, определить так называемые «слабые места» в нем и указать резервы. Общий вывод, к которому пришли авторы – правильно структурированные связи, с одной стороны, элиминируют влияние негативных, а с другой усиливают влияние позитивных факторов и условий. Формирование эффективной архитектуры аграрного комплекса важно в условиях лимитирования так называемых базисных факторов сельского хозяйства: земли, пресной воды, рабочих рук, а также ухудшения экологии. Оно важно с точки зрения замещения дефицитных факторов профицитными. Например, земли и рабочих рук капиталом. Именно с этими факторами и условиями сталкивается сельское хозяйство в Кабардино-Балкарии и регионах России. Последнее делает актуальной задачу выявления, формализации и квантификации существующих технологических, организационно-хозяйственных и институциональных связей между различными структурами (отраслями, подотраслями, секторами, сегментами) аграрного комплекса КБР. На основании проведенных расчетов предложены основные направления улучшения взаимосвязей в аграрном комплексе КБР, позволяющие сформировать в нем устойчивые долгосрочные тенденции и повысить общую эффективность.

Ключевые слова: сельское хозяйство, комплекс, подкомплексы, архитектура, корреляция, линзирование, цифровизация, валовой сбор

Для цитирования. Рахаев Х. М., Энеева М. Н., Шахмурзова А. В. Состояние и перспективы современной архитектуры роста развития агропродуктового комплекса КБР // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42) С. 166–177.
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-166-177

Original article

The state and prospects of modern architecture of the growth development of the agricultural complex of the KBR

Khadis M. Rakhaev^{✉1}, Madina N. Eneeva², Agnesa V. Shakhmurzova³

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

^{✉1}r3bizengin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7211-3026>

²eneeva74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0425-7914>

³ashakhmurzova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5573-6926>

Abstract. In the article, based on statistical data for the period 2010-2020, using index, correlation, matrix methods, the analysis of existing production, technological, organizational and economic relations in the agricultural complex of the Kabardino-Balkarian Republic is carried out. By splitting the complex into two subcomplexes (crop and livestock), the main connections forming the subcomplexes are identified, formalized and quantified. The heterogeneous contradictory nature of the relationship between the main resource factors (acreage) and the final results (gross output) has been established. In the conditions of growing climate and weather changes, the influence of climatic and weather factors on the dynamics of the main parameters of the crop subcomplex has been revealed and quantified. The analysis of the relationship of the final products of the latter (gross harvest of grain and leguminous crops, hay, etc.) with the main parameters (livestock, milk yield, etc.) of the livestock subcomplex is carried out. Discrepancies and contradictions have been established. The revealed dependencies allow us to assess the state of the architecture of the agricultural complex of the KBR, identify the so-called "weak points" in it and indicate reserves. The general conclusion reached by the authors is that properly structured connections, on the one hand, eliminate the influence of negative factors, and on the other, strengthen the influence of positive factors and conditions. The formation of an effective architecture of the agricultural complex is important in conditions of limiting the so-called basic factors of agriculture: land, fresh water, workers, as well as environmental degradation. It is important from the point of view of replacing deficit factors with surplus ones. For example, land and workers with capital. It is precisely these factors and conditions that agriculture faces in Kabardino-Balkaria and the regions of Russia. The latter makes the task of identifying, formalizing and quantifying the existing technological, organizational, economic and institutional links between various structures (industries, sub-sectors, sectors, segments) of the agricultural complex of the KBR relevant. Based on the calculations carried out, the main directions for improving the interrelations in the agricultural complex of the KBR are proposed, allowing it to form stable long-term trends and increase overall efficiency.

Keywords: agriculture, complex, subcomplexes, architecture, correlation, lensing, digitalization, gross collection

For citation. Rakhaev Kh.M., Eneeva M.N., Shakhmurzova A.V. The state and prospects of modern architecture of the growth development of the agricultural complex of the KBR. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):166–177. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-166-177

Введение. Сельское хозяйство любой страны существует как целостная национальная хозяйственная система. Эта (и такая) сис-

тема формируется исторически множеством факторов и условий. Безусловно, что в ее формировании (и оформлении как системы)

активное участие принимают так называемые природно-климатические, погодные условия, особенности ландшафта, рельефа и т. д., а также искусственные, связанные с техникой, технологией, населением и т. д. Какого элемента больше, на наш взгляд, выяснять беспроблемно. Необходимо отметить, во-первых, связь и взаимосвязь между различными элементами, образующими данную систему, во-вторых, эволюционный характер отношений, т. е. если в отношении первого речь идет о взаимосвязи того же ландшафта и рельефа с геологией, а ландшафт и рельеф оказывают влияние на погоду (осадки, температуру, ветра и проч.) на той или иной территории, то в отношении второго (эволюции) речь идет о том, что постепенно наблюдается изменение того же ландшафта и рельефа местности как с помощью геологических сил, так и с помощью хозяйственного, технико-технологического факторов. Еще более глубокие изменения, но тоже эволюционно, происходят по части растительного и животного мира. Такие же глубокие эволюционные изменения протекают в почве, как основе сельского хозяйства.

Сельское хозяйство как система не консервативно, а, напротив, динамично. Это, правда, вовсе не означает, что она становится несистемой; по крайней мере, такое пока не видится, но не исключено. Дело в том, что как система сельское хозяйство становится, образуется, а не рождается, как многие (если не все) природные объекты. Но сельское хозяйство – это природно-социально-хозяйственная система, а потому она может быть лишь сформированной или формироваться. Чтобы образовалась система, необходимо не просто наличие элементов – природной среды, некоего социума, некоторой хозяйственной деятельности и т. д., но и взаимосвязь между всеми входящими в нее элементами. Причем в отличие от так называемых природных (например, той же солнечной системы или галактики или даже Вселенной) здесь надобна цель, которая могла бы объединить все элементы между собой. (Кстати, наличие цели как системообразующего параметра присуще, по нашему разумению, исключительно человеческим сообществам; по крайней мере, существам разумным, т. е. способным вырабатывать и формулировать цель (цели) в качестве элемента организации). В качестве цели в сельском хо-

зяйстве выступает обеспечение питания общества (популяции) людей с помощью производстве средств существования. Речь идет не о собирательстве, а производства средств существования, т. е. выращивании тех же ягод, злаков и т. п., приручение животных, птиц и т. д. Последняя деятельность уже становится не эпизодической, а периодической, постоянной в силу того, что целью является обеспечение продуктами питания и к тому же сделать это независимым от «капризов» погоды, климата и проч. Сельское хозяйство должно обеспечивать людей продуктами питания постоянно и в растущих объемах. Очерченный ареал такой деятельности, в которой участвуют земля, труд, техника, технологии, уже не расширяется, а совершенствуется. Происходит совершенствование труда, техники, технологий, к которым присоединяется эволюция почвы, ландшафта, климата, погоды и т. д., а также включение новых территорий в сферу сельского хозяйства и искусственное улучшение плодородия почв.

Сельское хозяйство Кабардино-Балкарии – многоотраслевой территориальный (региональный) комплекс с развитыми внутренними и внешними производственными, технологическими и проч. коммуникациями. Его представляют два развитых взаимосвязанных подкомплекса: растениеводческий и животноводческий.

Нынешние достижения сельского хозяйства Кабардино-Балкарии, на наш взгляд, обусловлены сформировавшейся и функционирующей моделью регионального сельского хозяйства. В связи с перечисленным заслуживает внимания выявление внутренних факторов и условий, которые сформировали и поддерживают архитектуру данного комплекса.

Цель исследования – выявить, формализовать и квантифицировать основные технологические, структурные и институциональные факторы и механизмы, формирующие современную архитектуру росто-развития аграрного комплекса Кабардино-Балкарской Республики.

Цель определила постановку и решение следующих задач:

- уточнить отдельные теоретические и методологические положения образования, функционирования и проектирования современных агропродовольственных комплексов;

- выявить основные структурные, организационно-технологические и институциональные особенности функционирования агропродовольственного комплекса КБР;

- провести анализ основных факторов и условий, формирующих современную архитектуру росторазвития сельского хозяйства КБР;

- разработать предложения по повышению эффективности существующего механизма росторазвития агропродовольственного комплекса Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы, методы, эмпирическая база и объекты исследования. Эмпирическую базу настоящего исследования составляют данные ТО ФСС России по Кабардино-Балкарской Республике (Кабардино-Балкариястат), систематизированные в статистических сборниках данного органа, а также данные министерств (Минсельхоза и Минэкономразвития КБР), многолетние наблюдения авторов. Методологическую основу исследования составляют положения экономической науки, выработанные в XIX-XX вв. классиками экономической мысли [1–5], а также современными исследователями [6–9], среди которых:

1) объем продукции не может превышать возможности всей совокупности используемых ресурсов (одним из видов данного положения является положение о кормовой базе; развитие популяции зависит от ёмкости кормовой базы) [10];

2) за счет комбинирования ресурсов можно как увеличивать (приближаясь к пределу), так и уменьшать (производить ниже нормы) размер конечного продукта; решающее значение имеет архитектура факторов и условий производства.

Под архитектурой понимается специфическое соотношение (компактификация) естественных (природно-климатических, погодных: количество осадков по сезонам, температура воздуха по сезонам, виды почв, ландшафтных, рельефных и им подобных) и искусственных (основных фондов, инвестиций в основной капитал (ОК), сельскохозяйственных угодий, посевных площадей, расходов чистой воды на орошение и сельскохозяйственные нужды, объем вносимых минеральных и органических удобрений на гектар площади, расход кормов на голову скота, валовые сборы сельскохозяйственных культур и т. д.) факторов и условий,

определяющих внешнюю и внутреннюю среду функционирования субъектов сельского хозяйства. Речь идет, во-первых, о соотношении различных факторов, образующих среду бизнеса, во-вторых, о местоположении факторов и условий – базисных и второстепенных, в-третьих, о взаимосвязях между факторами и условиями и продукцией сельского хозяйства в целом и различных его сегментов и секторов. Решение указанных задач возможно на основе корреляционного и матричного анализа [11–15].

Результаты и обсуждения. Корреляционный анализ установил, что, во-первых, между валовой продукцией сельского хозяйства (ВПСХ) и продукцией основных подотраслей: растениеводство (ПР) и животноводство (ПЖ) наблюдается высокая положительная корреляция, соответственно, 0,997 и 0,996. Во-вторых, другие естественные (климатические, погодные и др.) и искусственные (размеры посевных площадей, урожайность культур, фондовооруженность и энерговооруженность, инвестиции в ОК, численность занятых и проч.) оказывают разное влияние на динамику ВПСХ, но их значение не превышает уровень межотраслевой корреляции. Для более корректной оценки взаимосвязей следует разделить все факторы и условия по их влиянию на подотрасль. Например, такие факторы как частота и объем осадков, температура воздуха, плодородие почвы, объем вносимых минеральных удобрений, доля удобренной площади, расход воды на орошение и т. п. являются преимущественно факторами, которые формируют архитектуру росторазвития растениеводческого подкомплекса. А такие факторы как расход кормов (с выделением концентрированных) на условную голову крупного скота, валовой сбор сена и т. п. формируют преимущественно архитектуру росторазвития животноводческого подкомплекса. В результате для растениеводческого подкомплекса отобрано 39 факторов, а для животноводческого – 28.

Был проведен отдельный анализ архитектуры росторазвития двух подкомплексов сельского хозяйства КБР. Причем в двух ракурсах: общем и детальном. Последнее важно для растениеводческого подкомплекса, в котором «участвует» большое число факторов и условий. Например, одно дело получить кор-

реляцию продукции растениеводства валового сбора зерновой продукции и совершенно другое, если последний дифференцировать на типы зерновой продукции, т. е. пшеницы (к тому же с дифференциацией на озимую и яровую), ячменя, овса, кукурузы и проч. При общем анализе в сопоставление принимались лишь крупные конструкции. Например, лишь зерно или овощи, сено и т. п. Соответственно, и в дальнейшем исследование велось в контексте этих крупных конструкций, т. е. рассчитывалась корреляция зерна с теми же параметрами погоды (температурой и осадками), посевной площади, расходами воды на орошение и т. д., т. е. в расчет брались продуктовые сегменты сельского хозяйства. При детальном анализе в расчет брались, в том числе, связи между различными секторами, сегментами и видами продукции.

В связи с вышеизложенным следует указать на противоречивый характер в формировании современной архитектуры росто-развития растениеводческого и животноводческого подкомплексов.

Основной параметр растениеводческого подкомплекса – валовая продукция растениеводства с посевными площадями (посевные площади сельскохозяйственных культур, зерновых и зернобобовых культур, всех технических культур, картофеля, овощей открытого грунта, кормовых культур) коррелировала сильно (свыше 0,8), но отрицательно. С валовым сбором зерна и урожайностью зерновых наблюдается высокая (свыше 0,8) положительная корреляция, но с валовым сбором пшеницы корреляция отрицательная (-0,497), хотя с урожайностью положительная, но слабая (0,266). Заметную, но отрицательную корреляцию проявил валовой сбор подсолнечника (-0,607), а вот его урожайность – сильную и положительную (0,892). Повторение предыдущей связи, но с заметно иным уровнем, -0,349 и +0,943, отмечена корреляция с валовым сбором и урожайностью картофеля. Валовой сбор овощей коррелировал в обоих параметрах положительно, но по-разному; валовой сбор овощей имел корреляцию 0,470, а их урожайность 0,632. Сильная корреляция продукции растениеводства отмечена с валовым сбором плодов и ягод (понятное дело, что здесь основу формируют плоды, 0,932, что уступает лишь

урожайности картофеля 0,943) и валовым сбором бобов соевых (0,767). Правда, урожайность сои оказалась ниже валовых сборов (0,482). Влияние рапса повторило симметрию, которая наблюдается с зерновыми культурами: с валовым сбором рапса корреляции отрицательная (-0,73), а с урожайностью положительная (0,624). Сбор сена в обоих типах – однолетних и многолетних трав – проявил отрицательную, хотя и разную по уровню корреляцию (-0,545 и -0,820). Также отрицательной и сильной оказалась корреляция с использованием свежей воды на орошение (-0,866), а вот ее противоположность – объем внесенных минеральных удобрений в расчете на га посевов оказался и сильным, и положительным (0,887). Температура атмосферы и осадки, которые выражают климат и погоду, проявили себя по-разному. Так, если температура января по факту имела корреляцию 0,585, то по отклонениям от нормы уже 0,622. А вот температура июля по факту имела корреляцию 0,381, а по отклонению от нормы 0,168, т. е., во-первых, намного слабее влияла на динамику валовой продукции сельского хозяйства, во-вторых, асимметрична январской. Кстати, валовой сбор зерна с указанными параметрами повторяет предыдущую корреляцию, за исключением последнего параметра, т. е., корреляция между валовым сбором зерна и температурными параметрами атмосферы составляет, соответственно, 0,570, 0,607, 0,138 и -0,083. Интересно, что с урожайностью зерновых и зернобобовых отслеживается полная синхронность, только с несколько низким уровнем за исключением июльской фактической температуры. Осадки в отличие от температуры показали отрицательную и слабую корреляцию (от 0,2 до чуть более 0,3). Причем январские признаки имели более сильное влияние, чем июльские; и в этом наблюдается повторение тенденции температурного режима. Инвестиции в ОК имели несущественную корреляцию (всего 0,171), а стоимость основных производственных фондов (ОПФ), напротив, высокую положительную корреляцию (0,854). Также сильной корреляцией отмечается связь продукции растениеводства с численностью занятых (0,752). А вот энергетическая мощность в расчете на га посевных площадей хотя и имела положительную корреляцию

с продукцией растениеводства, но ниже, чем с ОПФ и численностью занятых (0,511). Наконец, последний фактор – индекс цен производителей сельскохозяйственной продукции – проявил низкую отрицательную корреляцию (-0,041).

Валовой сбор зерновых – один из значимых факторов, формирующих архитектуру росто­раз­ви­тия растениеводства. В наибольшей мере коррелировал с площадью зерновых и зернобобовых культур (0,931) и их же урожайностью (0,991); причем с последней более сильно, что указывает на интенсивный характер развития зернового сектора данного подкомплекса. При этом урожайность пшеницы (что озимой, что яровой) имела низкую корреляцию с валовым сбором зерновых культур (0,169 и 0,233), что может свидетельствовать о так называемом пшеничном участии в траектории роста валового сбора зерна. (И действительно, если в 2010 г. доля пшеницы в валовом сборе зерна составляла более 35%, то в 2020 г. только чуть больше 13%, т. е. снизилась почти в три раза). Поскольку урожайность зерновых является определяющим параметром развития зернового сегмента зернового хозяйства КБР, то правомерно оценить его архитектуру росто­раз­ви­тия. Анализ показал, что урожайность зерновых коррелировала с использованием свежей воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение заметно, но отрицательно (-0,736). Та же отрицательная, хотя и на порядок ниже, корреляция наблюдается у урожайности с осадками (с январскими -0,325 и -0,290, соответственно, с фактическим и отношением к норме, с июльскими, -0,143 и -0,193). Таким образом, по части водоёмкости (атмосферной и искусственной) зерновой сектор сельского хозяйства КБР демонстрировал отрицательную корреляцию. Причина такой зависимости понятна – использование воды на орошение и сельскохозяйственные нужды в КБР за период с 2010 по 2020 гг. снизилось с 254 млн м³ до 174,6 млн м³, т. е. более чем на треть. По январским осадкам также наблюдается снижение, а по июльским – высокая вариация.

Плодоводческий сектор сельского хозяйства КБР – один из наиболее динамично развивающихся секторов. За период с 2010 по 2020 гг. валовой сбор плодов и ягод в КБР вы-

рос более чем в 5,7 раза. Кстати, за этот же период по России в целом он вырос только в 1,8 раза. Достаточно сказать, что по валовому сбору плодов и ягод (где основу составляют плоды) Кабардино-Балкария занимала в 2020 г. первое место среди регионов России, производя 517,3 тыс. тонн, что составляет свыше 14% от валового сбора плодов и ягод в целом по России. В КБР сформирован полноценный плодовой подкомплекс, который достаточно хорошо описан в литературе [16–18]. В связи с этим заслуживает внимания архитектура росто­раз­ви­тия данного подкомплекса. Концептуально он уже зернового характера, в том смысле, что его цепочки ценностей не имеют столь же широкого ареала, как у зернового, но при этом он имеет свой воспроизводственный контур, обеспечивающий ему своеобразное автономное существование даже в системе сельского хозяйства КБР. Конечно, мы остановимся преимущественно на тех аспектах, которые получили недостаточное освещение в современной литературе и которые соответствуют предмету настоящего исследования.

Валовой сбор плодов и ягод коррелировал с валовой продукцией растениеводства положительно и сильно (0,932). Кстати, это второй по уровню коэффициент корреляции, уступает лишь корреляции валовой продукции растениеводства с урожайности картофеля (0,943), что указывает на значимость данного сектора для растениеводческого подкомплекса КБР. В свою очередь на динамику валовых сборов плодов и ягод наибольшее влияние оказали: внесение минеральных удобрений (0,711), стоимость ОПФ (0,657), численность занятых (0,684). Сильная, но отрицательная корреляция наблюдалась с использованием воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение (-0,772). Кстати, корреляция с атмосферными осадками, которая с январскими составляла, соответственно, -0,371 с фактическим и -0,354 с отношением к норме, и июльскими, соответственно, -0,289 и -0,327, повторяет связь с орошением, хотя и более низкую по уровню, что, на наш взгляд, указывает на дефицит водного параметра в развитии данного сегмента. Заметную (умеренную корреляцию) валовой сбор плодов проявлял с энергетической мощностью (0,664). Такая же заметная связь на-

блюдалась у него с параметрами погодноклиматического фактора. В частности, с январской температурой корреляция составила 0,604 с фактической и 0,629 с отклонениями от нормы, а июльской, соответственно, 0,466 и 0,313. В целом связь данного сегмента с температурным параметром положительная, т. е. состояние температурного фактора не сказывается негативно на валовом сборе плодов и ягод. Причем январские имеют благоприятное влияние; их корреляция оказалась на несколько процентных пунктов выше июльских. Если обобщить выявленные тенденции, то дальнейшее развитие данного подкомплекса следует увязать с улучшением двух основных параметров: обеспечение водой и обеспечение удобрениями. Оба параметра в той или иной мере связаны с ОПФ и инвестициями в ОК. Первый параметр демонстрирует умеренную корреляцию, второй низкую (0,012). Поэтому инвестиции в данный сегмент сельского хозяйства КБР должны быть направлены на развитие системы водоснабжения садов и ягодных плантаций. Впрочем, эти работы уже делаются в виде создания сети озер, прудов и т. д., позволяющих в т. ч. вести сбор влаги в осенне-зимний и весенне-летний периоды, с последующим распределением этой воды по участкам, где расположены сады и ягодные посадки. Но, как показывают средне- и долгосрочные прогнозы по водному балансу (в т. ч. осадкам) на территории Северного Кавказа, следует усилить этот аспект, перебросив в него средства, которые прежде направлялись на создание холодильников и хранилищ.

Другие сегменты растениеводства – овощной, кормовых культур, сена и др., проявляли разную корреляцию с продукцией растениеводства, но в целом влияние продукции этих секторов оказалось незначительным для формирования архитектуры современного растениеводческого подкомплекса КБР.

Валовая продукция животноводства положительно коррелировала со следующими факторами: производством яиц (0,970), производством молока (0,953), стоимостью ОПФ (0,883), надоями молока (0,876), производством скота и птицы на убой (0,820), валовым сбором бобов соевых (0,812), численностью занятых (0,733) и т. д. Большую группу составляют факторы, с которыми у продукции

животноводства имеется отрицательная корреляция. В порядке ранжирования по уровню факторы расположились в следующей последовательности: поголовье свиней (-0,947), валовой сбор сена однолетних трав (-0,864), посевные площади сельскохозяйственных культур (-0,857), валовой сбор зерна (-0,854), кормовых культур (-0,842), кукурузы на корм скоту (-0,755), однолетних трав (-0,837), многолетних трав (-0,748), валовой сбор рапса (-0,718) и т. д. А теперь попытаемся структурировать имеющиеся связи по так называемым технологическим направлениям.

Первое – по земельным ресурсам, которые в настоящем исследовании выражают посевные площади конкретных культур. Наблюдается общее правило – все посевные площади коррелировали с валовой продукцией животноводства отрицательно. Наиболее сильная корреляция получена с посевными площадями сельскохозяйственных культур (-0,857), кормовых культур (-0,842), однолетних трав (-0,837), кукурузы на корм скоту (-0,755), многолетних трав (-0,748). Таким образом, с посевными площадями корреляция продукции животноводства отрицательная и сильная, что характеризует обратную зависимость между ними. Причина такого отношения между параметрами заключается в том, что все посевные площади в исследуемый период сокращались: так посевные площади всех сельскохозяйственных культур сократились в 2020 г. по сравнению с 2010 г. на 3,2% (причем эта тенденция носит почти тотальный характер), площадь под кукурузой на корм – почти на треть, многолетних трав – почти на 45%, однолетних трав – на 65%. Отсюда логичность отрицательной и сильной корреляции между фактором посевных площадей и произведенной продукцией.

Второе – неоднозначная и неоднородная корреляция с валовыми сборами различных культур. Положительная корреляция отмечена между продукцией животноводства и валовыми сборами зерна (0,854), бобов сои (0,812), овощей (0,534). Таким образом, три культуры валовых сборов – зерно и зернобобовые, соя и овощи, коррелировали с продукцией животноводства положительно. Отрицательная корреляция отмечена с валовым сбором сена однолетних трав (-0,864), семян рапса (-0,718), семян подсолнечника (-0,663),

сена многолетних трав (-0,559) картофеля (-0,360). Таким образом, пять культур, валовые сборы которых – однолетние и многолетние травы, подсолнечник, картофель, рапс, коррелировали отрицательно с продукцией животноводства. По данным факторам наблюдается падение объемов¹. В частности, по семенам подсолнечника падение на треть, картофеля – на 10%, рапса – на 47%, однолетних трав – 62%, многолетних трав – 55%. Поэтому пропорции спада отразились также и на пропорциях уровня коэффициента корреляции. Хотя в отдельных случаях, например, между видами трав различие в 7%, а коэффициент корреляции в 0,3, тогда как у рапса снижение в 47% (на 8% ниже, чем у многолетних трав), а коэффициент корреляции выше на 0,2, т. е. нарушаются пропорции. Объяснение отмеченных расхождений заключается в том, что корреляция отражает не общее падение/рост, а флуктуации на траектории. Но есть куда большее «противоречие». Дело в том, что валовые сборы, будь то зерна или сена, технологически прямо коррелируют с конечными показателями животноводческого подкомплекса, т. к. выступают кормовой базой для скота, птицы и проч., поэтому объемы и динамика этих параметров важна для продукции животноводства. В отличие от валовых сборов культур посевные площади – пассивный фактор. Поэтому изменения в нем не столь существенны для конечного результата подкомплекса, что будет видно на примере следующей группы факторов.

¹Беглая визуальная оценка динамики осадков и температуры позволяет отметить наличие, что у первого, что у второго периодических колебаний, хотя четкой цикличности не обнаружено. И, тем не менее, она есть. Причем у осадков она более выраженная, чем у температуры. В этих условиях, казалось бы, культуры, которые зависят прямо или косвенно от поведения этих параметров погодно-климатического фактора должны на себе отражать колебания и осадков и температуры, что должен был бы «уловить» коэффициент корреляции. И в этой связи, например, тот же коэффициент корреляции между валовыми сборами сена многолетних трав положительно, но не сильно отозвался (+0,654) на колебания осадков, тогда как по однолетним отзыв оказался достаточно посредственным (+0,328), а вот, что касается температур, то и первые и вторые отозвались асимметрично, но не сильно (многолетние отозвались на июльские (-0,445), проигнорировав по существу январские (-0,193) температуры, а однолетние, наоборот, отозвались на январские (-0,350), проигнорировав июльские (-0,281)). Впрочем, отмеченная особенность нуждается в более глубоких изысканиях.

Третье – кормовая база современного животноводства отличается от традиционного, которое имело место, например, до середины прошлого столетия. Поэтому основным фактором, формирующим архитектуру роста развития животноводства, выступает расход кормов на одну голову, его соответствие и степень отклонения от норм. Фактор расхода кормов в расчете на одну голову КРС коррелировал с продукцией животноводства хотя и положительно, но ничтожно (0,033). Примечательно, что фактор концентрированных кормов имел корреляцию 0,434, хотя также невысокую, но, тем не менее, уже значимую. Противоречие, с которым сталкиваемся в отношении расхода кормов, не может быть объяснено снижением уровня расходов (здесь как раз наоборот, расход кормов в 2020 г. вырос на 111,5% по сравнению с 2010 г.). Но оно может быть объяснено неустойчивой динамикой – до 2013 г. расход кормов рос (+11,9 ц/голову или на 144,2%), а после происходит ежегодное снижение (-8,8 ц/голову или -23%). Таким образом, расход кормов демонстрирует неустойчивую тенденцию; причем на большей части траектории (7 из 10 лет) снижение. Более устойчивая и менее вариационная тенденция наблюдается по концентрированным кормам.

Выводы. Проведенный анализ позволяет высказать ряд предложений.

Первое – необходимо ускорить эволюцию сложившейся модели организации и управления сельского хозяйства КБР. Речь идет в первую очередь о дальнейшей концентрации и централизации ресурсов в крупных субъектах хозяйствования. Для этого необходимо более активно переходить к организации (и оформлению) крупных агроформирований различного типа (от узкоспециализированных с широкой горизонтальной интеграцией до вертикально интегрированных объединений холдингового типа – агрохолдингов), имеющих разнообразные длинные цепочки ценностей. Существующие в настоящее время в овощном, плодовом, птицеводческом и животноводческом сегментах интегрированные формирования показывают свою конкурентоспособность не только на внутрирегиональном уровне, но и на национальном. Вместе с тем рядом с ними существует большое число мелких хозяйств, ко-

которые не могут выпускать конкурентоспособную продукцию, а существуют потому, что интегрируются с более крупными, либо потому, что внутри региональной системы нет конкурентного механизма. Например, в животноводстве хозяйства (а это, как правило, хозяйства на основе крестьянских подворий), имеющие две-три коровы, не могут представлять конкурентные хозяйства. Они могут выступать источником самозанятости населения. Но при этом такие хозяйства часто становятся средой для разного рода манипуляций со статистикой¹.

Второе – требуется ускорить цифровизацию сельского хозяйства. Как показано в ряде источников [20–22], цифровизация – новые технологии. Но чтобы последняя не стала

благим пожеланием, необходимо провести то самое укрупнение субъектов хозяйствования, для которого цифровизация будет не ношей или модой, а жизненной необходимостью. Ее необходимо будет внедрить в растениеводство, отцифровав все участки и, получив полную карту состояния почвы, культур, коммуникаций и проч., интегрировав ее с техническими и технологическими условиями мониторинга, чтобы получать в режиме реального времени информацию о состоянии этих участков. Но те же технологии следует развивать и в животноводстве, используя технологию чипирования всех животных, чтобы иметь в любое время, от рождения (и даже раньше) до забоя, полную «историю» любого животного.

Список литературы

1. Кенэ Ф., Тюрго А. Р. Ж., Дюпон де Немур П. С. Физиократы. Избранные экономические произведения. Москва: Эксмо, 2008. 724 с. EDN: QSYXHL
2. Тюнен И. Изолированное государство. Москва: Экономическая жизнь, 1926. 326 с.
3. Челинцев А. Н. Теоретические основания организации крестьянского хозяйства. Харьков, 1919. 177 с. EDN: QSCCAV
4. Богданов А. А. Тектология (Всеобщая организационная наука). В 2-х книгах. Москва: Экономика. 1989.
5. Марк Порций Катон. Земледелие / Пер. и комм. М. Е. Сергеенко при участии С. И. Протасовой. Москва, 1950. 220 с.
6. Си Цзиньпин Теория и практика современного сельского хозяйства. Фучжоу: Fujian Education Press. 1999.
7. Сильванович В. И. Сельскохозяйственное производство: базисные факторы, основные результаты и условия инновационного развития: монография. Москва: ГГТУ, 2017. 210 с.
8. Рахаев Х. М., Энеева М. Н. Состояние пространственного развития сельского хозяйства и формирование агропродовольственного кластера России (проблемы теории, практики и методологии). Роли, Северная Каролина, США: Open Science Publishing, 2018. 232 с.
9. Рахаев Х. М., Жангоразова Ж. С., Утижев А. Х. Сельское хозяйство Кабардино-Балкарии: состояние, потенциал, проблемы, перспективы модернизации: монография. Lulu Press, 2015. 232 с. EDN: ZTDNSL
10. Риклефс Р. Основы общей экологии. Москва: Мир, 1979. 424 с.
11. Кендэл М. Д., Стьюарт А. Статистические выводы и связи / пер. с англ. Л. И. Гальчука, А. Т. Терехина; под ред. А.Н. Колмогорова. Москва: Наука, 1973. 899 с.
12. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа: монография / пер. с англ. А. И. Кочубинского, В. Е. Привальского; под ред. И. Н. Коваленко. Москва: Мир, 1983. 312 с.

¹Например, получается парадоксальная ситуация: поголовье скота (за исключением свиней) растет, а кормовая база (по крайней мере, традиционных кормов – травы, сено для тех же травоядных) снижается. Если в 2010 г. на одну голову КРС приходилось 228 кг сена обоих типов, то в 2020 г. только 89 кг, т. е. снижение составило более чем в 2,5 раза. При этом мы не берем в

учет овец и коз, лошадей и др. травоядных животных, в рационе питания которых сено необходимый продукт. Снижается также и площадь посевов кормовых культур. Причем урожайность последних не растет даже в той пропорции, в которой могло бы происходить замещение посевных площадей [19]. Но с другой стороны, растет использование разного рода вакцин.

13. Бююль А., Цёфель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / пер. с нем. Санкт-Петербург: ООО «ДиаСофтЮП», 2005. 608 с.
14. Гржибовский А. М. Корреляционный анализ // Экология человека. 2008. № 9. С. 50–60. EDN: JUUNNJ
15. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь. Москва: ВО «Наука», 1993. 331 с.
16. Расулов А. Р. Агроэкологические основы повышения продуктивности яблони и груши в условиях предгорий Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Москва, 1999. 42 с. EDN: ZLJGMB
17. Расулов А. Р., Хагажеев Х. Х., Расулов М. А. Прогрессивная технология возделывания яблоневых садов // Высокоточные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод; материалы международной научно-практической конференции. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2010. С. 151–154.
18. Расулов А. Р., Балов А. Х. Рост и продуктивность яблоневых садов интенсивного типа в Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2017. №2 (16). С. 16–19. EDN: YWNFGX
19. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие / под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. Москва. 2003. 456 с.
20. Новые технологии в сельском хозяйстве: сферы применения. URL: <https://tajagro.tj/blog/7659>
21. Халин В. Г., Чернова Г. В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10. С. 46–63. EDN: YNFXNZ
22. Аубакирова Г. М. Влияние цифровых технологий на конкурентоспособность страны: опыт Казахстана // Экономист. 2018. № 6. С. 85–95.

References

1. Kene F., Tyurgo A., Dyupon de Nemur P. Fiziokraty. *Izbrannye ekonomicheskie proizvedeniya* [Physiocrats. Selected economic works]. Moscow: Eksmo, 2008. 724 p. (In Russ.). EDN: QSYXHL
2. Tyunen I. *Izolirovannoe gosudarstvo* [An isolated state]. Moscow: Ekonomicheskaya zhizn', 1926. 326 p. (In Russ.)
3. Chelincev A.N. *Teoreticheskie osnovaniya organizatsii krest'yanskogo hozyajstva* [Theoretical foundations of the organization of the peasant economy]. Kharkov, 1919. 177 p. (In Russ.). EDN: QSCCAV
4. Bogdanov A.A. *Tektologiya (Vseobshchaya organizatsionnaya nauka. V 2-h knigah)* [Tectology (General organizational science). In 2 books]. Moscow: Ekonomika, 1989. (In Russ.)
5. Mark Porcij Katon. *Zemledelie. Per. i komm. M.E. Sergeenko pri uchastii S.I. Protasovoj* [Agriculture. Translation and comm. M.E. Sergeenko with the participation of S.I. Protasova]. Moscow, 1950. 220 p. (In Russ.)
6. Si Czin'pin. *Teoriya i praktika sovremennogo sel'skogo hozyajstva* [Theory and practice of modern agriculture]. Fuchzhou: Fujian Education Press. 1999. (In Russ.)
7. Sil'vanovich V.I. *Sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo: bazisnye faktory, osnovnye rezul'taty i usloviya innovatsionnogo razvitiya: monografiya* [Agricultural production: basic factors, main results and conditions of innovative development: monograph]. Moscow: GGTU, 2017. 210 p. (In Russ.)
8. Rakhaev Kh.M., Eneeva M.N. *Sostoyaniye prostranstvennogo razvitiya sel'skogo khozyaystva i formirovaniye agroproduktivnogo klastera Rossii (problemy teorii, praktiki i metodologii)* [The state of spatial development of agriculture and the formation of the agro-food cluster in Russia (problems of theory, practice and methodology)]. Raleigh, NC, USA: Open Science Publishing, 2018. 232 p. (In Russ.)
9. Rakhaev Kh.M., Zhangorazova Zh.S., Utizhev A.Kh. *Agriculture Kabardino-Balkaria: current status, potential, problems and prospects of modernization: monograph*. Raleigh: Lulu-Press, Inc., 2015. 232 p. (In Russ.). EDN: ZTDNSL
10. Riklifs R. *Osnovy obshchej ekologii* [Fundamentals of general ecology]. Moscow: Mir, 1979. 424 p. (In Russ.)
11. Kendel M.D. *Statisticheskiye vyvody i svyazi. Per. s angl. L.I. Gal'chuka, A.T. Terekhina; pod red. A.N. Kolmogorova* [Statistical inferences and connections. Translated from English. L.I. Galchuk, A.T. Terekhin; ed. A.N. Kolmogorov]. Moscow: Nauka, 1973. 899 p. (In Russ.)
12. Bendat J., Pearsol A. *Primeneniya korrelyatsionnogo i spektral'nogo analiza: monografiya* [Applications of correlation and spectral analysis: monograph]. Transl. from English. A.I. Kochubinsky, V.E. Privalsky; ed. I.N. Kovalenko. Moscow: Mir, 1983. 312 p. (In Russ.)

13. Buyul A., Zefel P. *SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем.* [SPSS: the art of information processing. Analysis of statistical data and restoration of hidden patterns: Trans. from German]. Saint Petersburg: OOO "DiaSoftYUP", 2005. 608 p. (In Russ.)
14. Grzhibovski A.M. Correlation analysis. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology]. 2008;(9):50–60. (In Russ.). EDN: JUUNNJ
15. Lopatnikov L.I. *Ekonomiko-matematicheskiy slovar'* [Economic and Mathematical Dictionary]. Moscow: VO "Nauka", 1993. 331 p.]
16. Rasulov A.R. *Agroekologicheskiye osnovy povysheniya produktivnosti yabloni i grushi v usloviyakh predgoriy Severnogo Kavkaza* [Agroecological foundations for increasing the productivity of apple and pear trees in the foothills of the North Caucasus]: *avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk*. Moscow, 1999. 42 p. (In Russ.). EDN: ZLJGMB
17. Rasulov A.R., Hagazheev H.H., Rasulov M.A. *Progressive technology of apple orchard cultivation. Vysokotochnye tekhnologii proizvodstva, hraneniya i pererabotki plodov i yagod: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [High-precision technologies for the production, storage and processing of fruits and berries: materials of the international scientific-practical conference]. Krasnodar: SKZNIISiV, 2010. Pp. 151–154. (In Russ.)
18. Rasulov A.R., Balov A.Kh. Growth and productivity of an intensive-type apple orchard in Kabardino-Balkaria. *Izvestiya Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2017;2(16):16–19. (In Russ.). EDN: YWNFGX
19. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoye posobiye* [Norms and diets for feeding farm animals. Reference manual]. Ed. A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, N.I. Kleimenov. Moscow., 2003. 456 p. (In Russ.)
20. *Novye tekhnologii v sel'skom khozyajstve: sfery primeneniya* [New technologies in agriculture: areas of application]. URL: <https://tajagro.tj/blog/7659> (In Russ.)
21. Khalin V.G., Chernova G.V. Digitalization and Its Impact on the Russian Economy and Society: Advantages, Challenges, Threats and Risks. *Upravlentskoe konsul'tirovanie*. 2018;(10):46–63. (In Russ.). EDN: YNFXNZ
22. Aubakirova G.M. The impact of digital technologies on the competitiveness of the country: the experience of Kazakhstan. *Ekonomist*. 2018. № 6. S. 85–95. (In Russ.)

Сведения об авторах

Рахаев Хадис Магомедович – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8316-6534, Scopus ID: 57224175726, Researcher ID: IUO-8023-2023

Энеева Мадина Николаевна – доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8624-1575, Scopus ID: 57211159348, Researcher ID: G-6423-2018

Шахмурзова Агнеса Валерьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Khadis M. Rakhaev – Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8316-6534, Scopus ID: 57224175726, Researcher ID: IUO-8023-2023

Madina N. Eneeva – Doctor of Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8624-1575, Scopus ID: 57211159348, Researcher ID: G-6423-2018

Agnesa V. Shakhmurzova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

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 26.07.2023;
одобрена после рецензирования 06.09.2023;
принята к публикации 15.09.2023.*

*The article was submitted 26.07.2023;
approved after reviewing 06.09.2023;
accepted for publication 15.09.2023.*

**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 – Батырова И. В.
Технический редактор – Казаков В. Ю.
Перевод – Гоова Ф. И.
Верстка – Рулёва И. В.

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. М. КОКОВА



Подписано в печать 22.12.2023 г. Дата выхода в свет 28.12.2023 г.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 20,9. Тираж 300.
Цена свободная.

Адрес издателя: 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-67-13
E-mail: kbgsha@rambler.ru

Адрес редакции: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-59-39
E-mail: kbgau.rio@mail.ru

Адрес типографии: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-95-84
E-mail: kbgau.tipografiya@mail.ru