

научно-теоретический и производственный журнал

# АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN  
SCIENCE

ISSN 0869-8155 (print)  
ISSN 2686-701X (online)

10  
2022



## Новости отрасли

В этом году Россия может собрать около 152 млн тонн зерна

18

## Ветеринария

Взаимосвязь показателей роста ремонтных телок по периодам

44

## Защита растений

Применение нового агрохимиката на картофеле

111

**БЕСПЛАТНО**  
скачать журнал  
и подписаться





# КРУЙЗЕР® МАКС

СТАБИЛЬНЫЙ РОСТ СОИ  
ДАЖЕ В ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ



Технология защиты сои от комплекса корневых гнилей, вредителей и септориоза с активным ростом культуры даже в холодных условиях

 Круйзер® Макс

syngenta®

Агроподдержка  
Сингенты

Получите совет эксперта



[syngenta.ru](https://syngenta.ru)



# 10 · 2022

Agrarnaya nauka

Том 363, номер 10, 2022

Volume 363, number 10, 2022

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

DOI журнала 10.32634/0869-8155

**Журнал «Аграрная наука» решением ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Распоряжение Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р**

**Журнал «Аграрная наука» включен в базу данных AGRIS (Agricultural Research Information System) — Международную информационную систему по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям.**

**Журнал «Аграрная наука» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты статей доступны на сайте eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>**

**Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью «ВИК — здоровье животных»**

**Шеф-редактор:** Костромичева И.В.

**Научный редактор:** Долгая М.Н.

**Дизайн и верстка:** Полякова Н.О.

**Журналист:** Седова Ю.Г.

**Юридический адрес:** 107053, РФ, г. Москва, Садовая-Спасская, д. 20

**Почтовый адрес:** 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 7

**Телефон редакции:** +7 (495) 777-67-67 (доб. 1453)

**E-mail:** [agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

**Сайты:** [www.vetpress.ru](http://www.vetpress.ru)

<https://agrarnayanauka.ru>

**Реклама в журнале:** +7 (927) 155-08-10

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство ПИ № ФС 77-67804 от 28 ноября 2016 года.

На журнал можно подписаться в любом отделении «Почты России».

Подписка — с любого очередного месяца по каталогу Агентства «Роспечать» во всех отделениях связи России и СНГ.

Подписной индекс издания: 71756 (годовой); 70126 (полугодовой).

По каталогу ОК «Почта России» подписной индекс издания: 42307.

Подписной индекс «УралПресс»:

Подписку на электронные копии журнала «Аграрная наука», а также на отдельные статьи вы можете оформить на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ) — [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Свободная цена.

Тираж 5000 экземпляров.

Подписано в печать 23.11.2022

Дата выхода в свет 29.11.2022

Отпечатано в типографии ООО «ВИВА-СТАР»:

107023, г. Москва, ул. Электровзводская, д. 20, стр. 3

Тел. +7 (495) 780-67-06, +7 (495) 780-67-05  
[www.vivastar.ru](http://www.vivastar.ru)

# 16+

# АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

Ежемесячный научно-теоретический и производственный журнал, выходящий один раз в месяц.

В октябре 1956 г. был основан журнал «Вестник сельскохозяйственной науки», а в 1992 г. он стал называться «Аграрная наука».

## Издатель:

Автономная некоммерческая организация «Редакция журнала «Аграрная наука» 107053, Россия, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20

## Главный редактор:

**Виолин Борис Викторович**, кандидат ветеринарных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра — «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук», г. Москва, Россия

## Редколлегия:

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

**Аббас Рао Захид**, д-р, доцент, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, Фейсалабад, Пакистан.

**Абилов А.И.**, доктор биологических наук, профессор, Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, г. Москва, Россия.

**Алиев А.Ю.**, доктор ветеринарных наук, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, г. Махачкала, Россия.

**Ансори Ариф Нур Мухаммад**, доктор ветеринарных наук, Университет Эйрланга, Сурабая, Индонезия.

**Андреева А.В.**, доктор биологических наук, профессор Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

**Баймуканов Д.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

**Василевич Ф.И.**, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия.

**Горелик О.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия.

**Гриценко С.А.**, доктор биологических наук, доцент Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

**Дахели Маджид Джавамард**, доктор ветеринарной медицины, Иранская научно-исследовательская организация по науке и технологиям, Тегеран, Иран

**Дерхо М.А.**, доктор биологических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

**Зайц Йосеф**, доктор ветеринарных наук, Университет ветеринарии и фармацевтики в Брно, г. Брно, Чехия.

**Карынбаев А.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Таразский Государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан.

**Концевая С.Ю.**, доктор ветеринарных наук, профессор, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

**Косилов В.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.

**Кушалиев К.Ж.**, доктор ветеринарных наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

**Лоретц О.Г.**, доктор биологических наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия.

**Лысенко Ю.А.**, доктор биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

**Миколайчик И.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, с. Лесниково Курганская область, Россия.

**Миронова И.В.**, доктор биологических наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

**Морозова Л.А.**, доктор биологических наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, с. Лесниково Курганская область, Россия.

**Некрасов Р.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, г. Подольск, пос. Дубровицы, Россия.

**Омбаев А.М.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, иностранный член РАН, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

**Панин А.Н.**, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Россия.

**Подобед Л.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт животноводства Национальной академии аграрных наук Украины, г. Харьков, Украина.

**Позябин С.В.**, доктор ветеринарных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия.

**Радчиков В.Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Беларусь.

**Ребезов М.Б.**, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва, Россия.

К основным целям издания относятся: продвижение российской и мировой аграрной науки, содействие прогрессивным разработкам и развитию инновационных технологий, формирование теоретических основ для производителей сельскохозяйственной продукции, поддержка молодых ученых, освещение и популяризация передовых научных исследований.

Научная концепция издания предполагает публикацию современных достижений в аграрной сфере, результатов ключевых национальных и международных исследований. К публикации приглашаются как отечественные, так и зарубежные авторы.

Журнал «Аграрная наука» способствует обобщению практических достижений в области сельского хозяйства, повышению научной и практической квалификации исследователей и практиков данной отрасли.

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна. Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов публикуемых материалов. Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.



**Толуприя Л.Ю.**, доктор биологических наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.

**Уша Б.В.**, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Россия.

**Фисинин В.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук, г. Москва, Россия.

**Херремов Ш.Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Союз промышленников и предпринимателей Туркменистана, г. Ашхабад, Туркменистан.

**Щербаков П.Н.**, доктор ветеринарных наук, доцент, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

**Юлдашбаев Ю.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

**Ятусевич А.И.**, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск, Беларусь.

## АГРОНОМИЯ

**Бунин М.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Центральная научная сельскохозяйственная библиотека, г. Москва, Россия.

**Годсвилл Нтсомбо Нтсефонг**, доктор PhD, Университет Яунде I, г. Яунде, Камерун.

**Гричанов И.Я.**, доктор биологических наук, доцент, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Пушкин, Россия.

**Джалилов Ф.С.**, доктор биологических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

**Джурраев М. Я.**, PhD, доцент, Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Андижан, Узбекистан.

**Долженко Т.В.**, доктор биологических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

**Драгавцева И.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия, г. Краснодар, Россия.

**Зейналов А.С.**, доктор биологических наук, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия.

**Исламгулов Д.Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

**Казахмедов Р.Э.**, доктор биологических наук, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Дербент, Россия.

**Калмыкова Е.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия.

**Насиев Б.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Национальной Академии наук Республики Казахстан, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

**Никитин С.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.С. Немцева, г. Ульяновск, Россия.

**Тирувенгадам Мутху**, доктор PhD, Университет Конкук, Сеул, Южная Корея.

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Афрасьяб Хан**, доктор гидромеханики и гидротехники, Universiti Kebangsaan Malaysia, Банги, Малайзия.

**Бабич О.О.**, доктор технических наук, доцент, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, г. Калининград, Россия.

**Дарвиш Амира М. Галал**, доктор философии, доцент Научно-исследовательского института возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA-City), Александрия, Египет.

**Дидманидзе О.Н.**, доктор технических наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

**Зенгин Гохан**, доктор философии, профессор, Сельчукский университет, Сельчуку-Конья, Турция.

**Иванов Ю.Г.**, доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

**Ишевский А.Л.**, доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. С-Петербург, Россия.

**Кребс Каролина де Соуза**, доктор PhD, Региональный университет Блюменау, г. Блюменау, Бразилия.

**Кузнецова Е.А.**, доктор технических наук, доцент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия.

**Максимова С.Н.**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток, Россия.

**Мамедов Г.Б.**, доктор технических наук, профессор Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа, Азербайджан.

**Моника Миронеску**, доктор технических наук, профессор, Университет Лучиана Блага в Сибиу, Сибиу, Румыния.

**Саркар Танмай**, доктор PhD, Политехнический институт Мальды, г. Мальда, Индия.

**Смауи Слим**, доктор PhD, Университет Сфакса, г. Сфакс, Тунис.

**Суйчинов А.К.**, доктор PhD, член-корр. АСХН Республики Казахстан, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Семей, Казахстан.

**Третьяк Л.Н.**, доктор технических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия.

**Трояновская И.П.**, доктор технических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

**Фавзи М. Махомулалли**, доктор философии, профессор, Маврикийский университет, Редут, Маврикий.

**Хан Мухаммад Усман**, доктор Ph.D, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, г. Фейсалабад, Пакистан.

**Хатко З.Н.**, доктор технических наук, доцент, Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп, Россия.

**Чернопольская Н.Л.**, доктор технических наук, доцент, Омский государственный аграрный университет, г. Омск, Россия.

**Шехата Мохамед Гамаль Мохамед**, доктор философии, доцент Исследовательского института возделывания засушливых земель (ALCRI) Город научных исследований и технологических приложений (SRTA City), Каир, Египет.

**Эль-Сохайми Собхи Ахмед**, доктор философии, профессор пищевой биохимии Город научных исследований и технологических приложений, Александрия, Египет.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

**Алещенко В. В.**, доктор экономических наук, Институт экономики и организации промышленного производства, г. Новосибирск, Россия.

**Баутин В.М.**, доктор экономических наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

**Гордеев А.В.**, доктор экономических наук, профессор, академик РАН, г. Москва, Россия.

**Гусаков В.Г.**, доктор экономических наук, профессор, академик Национальной академии наук, г. Минск, Беларусь.

**Киреева А. А.**, кандидат экономических наук, Институт экономики Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы, Казахстан.

**Кузьменко В. В.**, доктор экономических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия.

**Попова Е.В.**, доктор экономических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия.

**Рахметова Р.У.**, доктор экономических наук, профессор, университет Туран, г. Астана, Казахстан.

# 10 - 2022

Agrarnaya nauka

Том 363, номер 10, 2022  
Volume 363, number 10, 2022

ISSN 0869-8155 (print)  
ISSN 2686-701X (online)

© journal «Agrarian science»  
© authors

DOI журнала 10.32634/0869-8155

The journal is included in the list of leading scientific journals and editions peer-reviewed by Higher Attestation Commission (directive of the Ministry of Education and Science № 21-p by 12 February 2019), in the AGRIS database (Agricultural Research Information System) and in the system of Russian index of scientific citing (RSCI).

Full version is available by the link  
<http://elibrary.ru>

The journal is a member of the Association of science editors and publishers. Each article is assigned a number Digital Object Identifier (DOI).

Founder: Limited liability company  
“VIC Animal Health”

Senior editor: Kostromicheva I.V.

Executive editor: Dolgaya M.N.

Design and layout: Poliakova N.O.

Journalist: Sedova Yu.G.

Legal address: 107053, Russian Federation,  
Moscow, Sadovaya Spasskaya, 20

Postal address: 109147, Russian Federation,  
Moscow, st. Marxistskaya, 3 build. 7

Editorial phone: +7 (495) 777-67-67 (ext. 1473)

E-mail: [agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

Websites: [www.vetpress.ru](http://www.vetpress.ru)

<https://agrarnayanauka.ru>

Advertising: +7 (927) 155-08-10

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media Certificate PI No. FS 7767804 dated November 28, 2016. You can subscribe to the journal at any post office.

Subscription is available from next month according to the Rospechat Agency catalog at all post offices in Russia and the CIS. Subscription index of the journal: 71756 (annual); 70126 (semi-annual). According to the catalog of “Russian Post” subscription index is 42307.

You can also subscribe to electronic copies of the journal “Agrarian Science” as well as to particular articles via the website of the Scientific Electronic Library — [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) Free price.

The circulation of 5000 copies.

Signed in print 23.11.2022

Release date 29.11.2022

# АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

Scientific-theoretical and production journal coming out once a month.

The journal is edited since October 1956, first under the name “Agricultural science’s bulletin”. Since 1992 the journal is named “Agrarian science”.

## Publisher:

Autonomous non-commercial organisation “Agrarian science” edition”  
107053, Russia, Moscow, st. Sadovaya-Spasskaya, 20.

## Editor-in-chief:

**Violin B.V.**, candidate of veterinary science, Leading Researcher of All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”, Moscow, Russia

## Editorial board:

### ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

**Abbas Rao Zahid**, Dr. Associate Professor, University of Agriculture, Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

**Abilov A.I.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, FSBI Federal Research Center VIZH named after L.K. Ernst, Russia.

**Aliev A.Yu.**, Doctor of Veterinary Sciences, Caspian Regional Research Veterinary Institute, Makhachkala, Russia.

**Andreeva A.V.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

**Ansori Arif Nur Muhammad**, Doctor in Veterinary Science, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

**Baimukanov D.A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Dairy Cattle Technology Department, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, Corresponding member of National Academy of Sciences, Kazakhstan.

**Vasilevich F.I.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Scriabin, Moscow, Russia.

**Dakheli Majid Javanmard**, doctor of Veterinary Medicine, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

**Gorelik O.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia.

**Gritsenko S.A.**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk Region, Russia.

**Derkho M.A.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk Region, Russia.

**Zaits J.**, Doctor of Veterinary Sciences, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Brno, Brno, Czech Republic.

**Karynbaev A.K.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, M. H. Dulaty Taraz State University, Taraz, Kazakhstan.

**Kontsevaya S.Yu.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia.

**Kosilov V.I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

**Kushaliev K.Zh.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Zhanger khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.

**Loretts O.G.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia.

**Lysenko Yu.A.**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia.

**Mikolaichik I.N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Lesnikovo Kurgan region, Russia.

**Mironova I.V.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

**Morozova L.A.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Lesnikovo Kurgan region, Russia.

**Nekrasov R.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, LK Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Podolsk, Russia.

**Ombaev A.M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production, Almaty, Kazakhstan.

**Panin A.N.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia.

**Podobed L.I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine.

**Pozyabin S.V.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Scriabin, Moscow, Russia.

**Radchikov V.F.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific and Practical Center for Animal Husbandry of the National Academy of Sciences of Belarus, Zhodino, Belarus.

**Rebezev M.B.**, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

The journal is designed to advance Russian and world agrarian science, promotes innovative technologies’ development. Our main goals consist in supporting young scientists, highlight scientific researches and best agricultural practices.

The scientific concept of the publication involves the publication of modern achievements in the agricultural sector, the results of key national and international studies.

The journal “Agrarian Science” contributes to the generalization of practical achievements in the field of agriculture and improves the scientific and practical qualifications in the area.

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

For reprinting of materials the references to the journal are obligatory. The opinions expressed by the authors of published articles may not coincide with those of the editorial team. Advertisers carry responsibility for the content of their advertisements.

**Topuria L.Yu.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

**Fisinin V.I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Farming of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Kherremov Sh.R.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Union of Industrialists and Entrepreneurs of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan.

**Shcherbakov P.N.**, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk Chelyabinsk region, Russia.

**Usha B.V.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia.

**Yuldashbaev Yu.A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Yatusevich A.I.**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus.

### AGRONOMY

**Bunin M.S.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Central Scientific Agricultural Library, Moscow, Russia.

**Godswill Ntsomboh Ntsefong**, Doctor PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.

**Grichanov I.Ya.**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, All-Russian Research Institute of Plant Protection, Pushkin, Russia.

**Jalilov F.S.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Juraev M.Ya.**, PhD, Associate Professor, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan

**Dolzhenko T.V.**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia.

**Dragavtseva I.A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking, Krasnodar, Russia.

**Zeynalov A.S.**, Doctor of Biological Sciences, Federal Scientific Selection and Technological Center for Horticulture and Nursery, Moscow, Russia.

**Islamgulov D.R.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

**Kazakhmedov R.E.**, Doctor of Biological Sciences, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Derbent, Russia.

**Kalmykova E.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia.

**Nasiev B.N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.

**Nikitin S.N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N. S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia.

Thiruvengadam Muthu, PhD, Konkuk University, Seoul, South Korea.

### AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

**Afrasyab Khan**, Doctor of Fluid Mechanics and Fluid engineering Machinery, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.

**Babich O.O.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

**Darwish Amira M. Galal**, PhD, Associate Professor, Arid Lands Cultivation Research Institute (ALCRI), City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA-City), Alexandria, Egypt.

**Didmanidze O.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Zengin Gokhan**, PhD, Professor, Selcuk University, Seluklu-Konya, Turkey.

**Ivanov Yu.G.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Ishevsky A.L.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia.

**Krebs Caroline de Souza**, PhD, Blumenau Regional University, Blumenau, Brazil.

**Kuznetsova E.A.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia.

**Maksimova S.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia.

**Mammadov G.B.**, Doctor of Technical Sciences, Professor Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan.

**Monica Mironescu**, Doctor in Industrial Engineering, Professor Eng., University Lucian Blaga of Sibiu, Sibiu, Romania.

**Sarkar Tanmai**, PhD, Malda Polytechnic Institute, Malda, India.

**El-Sohaimy Sobhy Ahmed**, PhD, Professor of Food Biochemistry City of Scientific Research and Technological Applications, Alexandria, Egypt.

**Shehata Mohamed Gamal Mohamed**, PhD, Associate Professor Arid Lands Cultivation Research Institute (ALCRI) City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA City), Cairo, Egypt.

**Smaoui Slim**, PhD, University of Sfax, Sfax, Tunisia.

**Suychinov A.K.**, PhD, corresponding member. AAS of the Republic of Kazakhstan, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Semey, Kazakhstan.

**Tretyak L.N.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia.

**Troyanovskaya I.P.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia.

**Khan Muhammad Usman**, Ph.D., Faisalabad Agricultural University, Faisalabad, Pakistan.

**Khatko Z.N.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Maikop State Technological University, Maikop, Russia.

**Chernopolskaya N.L.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia.

**Fawzi M. Mahomoodally**, PhD, Professor, University of Mauritius, Reunion, Mauritius.

### REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

**Aleshchenko V. V.**, Doctor of Economics, Institute of Economics and Organization of Industrial Production, Novosibirsk, Russia.

**Bautin V.M.**, Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Gordeev A.V.**, Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Gusakov V.G.**, Doctor of Economics, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Minsk, Belarus.

**Kireeva A. A.**, Candidate of Economic Sciences, Institute of Economics of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan.

**Kuzmenko V. V.**, Doctor of Economics, Professor, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia.

**Popova E.V.**, Doctor of Economics, Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

**Rakhmetova R.U.**, Doctor of Economics, Professor, University of Turan, Astana, Kazakhstan.

## СОДЕРЖАНИЕ

### НОВОСТИ

8

### НОВОСТИ ОТРАСЛИ

Российский рынок СЗР: анализ ситуации и прогноз развития .....	9
Обеспечение продбезопасности: тенденции и перспективы .....	10
Сохранить озеро Байкал — одна из приоритетных задач нашего государства .....	12
Петр Чекмарев: «Цифровая трансформация сельского хозяйства неизбежна .....	13
В РФ за 9 месяцев текущего года потребление свинины вышло на самый высокий уровень потребления среди всех видов мяса .....	14
Растениеводство России: актуальные проблемы и пути решения .....	15
ИКАР: В этом году Россия может собрать около 152 млн тонн зерна. ....	18

### ИСТОРИЯ

Первый ветеринарный инспектор СССР .....	19
--	----

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Чернов А. Н., Афордзанди Д. М., Прищепенко Е. А., Газизов Р. Р. Характеристика цитотоксичности трепелов Зикеевского месторождения в отношении клеток легочного эпителия крупного рогатого скота .....	23
Вышегородцев В. В. «Низкая заболеваемость маститом обусловлена эффективными мероприятиями» .....	28
Использование хроматогенных питательных сред ассимаст plus для диагностики возбудителей мастита у крупного рогатого скота .....	30
Бурков П. В., Щербатов П. Н., Дерхо М. А., Ребезов М. Б. Особенности формирования поствакцинального иммунитета против цирковиральной инфекции свиней и его коррекции .....	32
Михайлова В. В., Лобова Т. П., Шишкина М. С., Скворцова А. Н. Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации за 2021 год .....	38
Горелик А. С., Горелик О. В., Миколайчик И. Н., Морозова Л. А., Чумаков В. Г., Морозов В. А., Мухамеджанова А. С. Взаимосвязь показателей роста ремонтных телок по периодам .....	44
Рыков Р. А. Метаболические процессы в организме коров при использовании в питании органического йода, белка микробного синтеза и <i>Spirulina platensis</i> .....	48
Нуржанов Б. С., Рахматуллин Ш. Г., Дусаев Г. К., Левахин Г. И. Изменение содержания химических элементов в тканях тела бройлеров при скормлении пробиотика <i>Bacillus cereus</i> и кукурузы .....	53
Петруша Ю. К., Лебедев С. В., Шейда Е. В., Рахматуллин Ш. Г., Гречкина В. В., Завьялов О. А., Фролов А. Н. Изучение продуктивных качеств и уровня химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона .....	57
Свежловичный жом или «Живой белок»: высокие удои при снижении затрат .....	63
Иолчиев Б. С., Волкова Л. А., Ветох А. Н., Волкова Н. А. Изучение особенностей спермапродукции и сперматогенеза у самцов рода <i>Ovis</i> разных генотипов .....	64
О. В. Горелик, М. Б. Ребезов, Н. М. Костомаров, С. Ю. Харлап, А. А. Белокозов, О. В. Белокозова, Н. И. Кульмакова. Влияние степени инбридинга на эффективность производства молока .....	69
Щеголев П. О., Лемякин А. Д., Чацкий А. А., Сабетова К. Д., Кофиади И. А., Белокозов С. Г. Полиморфизм гена каппа-казеина в популяциях молочного скота Костромской области и его влияние на молочную продуктивность коров .....	77

### АГРОНОМИЯ

Сизенцов А. Н., Бибарцева Е. В., Синеев Д. М. Сравнительная оценка уровня толерантности почвенных изолятов <i>Bacillus subtilis</i> в отношении химических соединений меди .....	86
Капсамун А. Д., Павлючик Е. Н., Иванова Н. Н. Изучение питательной и продуктивной ценности многолетних бобово-злаковых травосмесей на мелиорированных землях Верхневолжья .....	91
Газе В. Л., Голубова В. А., Яновская Н. В., Ковтунов В. В. Устойчивость разных видов сорго к осмотическому стрессу под действием NaCl .....	96
Гузенко А. Ю. Влияние сроков сева и норм высева на урожайность озимой пшеницы в условиях степной зоны черноземных почв Волгоградской области .....	100
Морозов Н. А., Ходжаева Н. А., Хрипунов А. И., Община Е. Н. Экологическая пластичность урожайности озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам в засушливых условиях Восточного Предкавказья .....	106
Прищепенко Е. А., Гарифутдинова К. Р., Батулина Р. П., Коршунов А. А. Применение нового агрохимиката «Татфармат (марка А)» на картофеле .....	111
Курьянович А. А., Таранова Т. Ю., Чекмасова К. Ю. Влияние сока проростков маша ( <i>vigna radiata</i> (L.) Wilczek.) на ростовые процессы и защиту от фитопатогенов яровой пшеницы ( <i>triticum aestivum</i> L.) на ранних этапах органогенеза .....	115

### АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Еркебаева С. У., Шингисов А. У., Алибеков Р. С., Габрильянц Э. А. Перспективность использования яблок и груш для получения биологически активных веществ .....	119
Майлыбаева Э. У., Еркебаева С. У., Тастемирова У. У., Алибеков Р. С., Шингисов А. У. Содержание флавоноидов в различных сортах груш казахстанской селекции .....	124
Алибеков Р. С., Еркебаева С. У., Габрильянц Э. А., Шингисов А. У. Общее содержание полифенолов и флавоноидов в сортах черешни казахстанской селекции .....	128
Шингисов А. У., Алибеков Р. С., Тастемирова У. У. Биологически активные вещества в сортах малины казахстанской селекции .....	132
Брюханов А. Ю., Шалапина Е. В., Васильев Э. В. Методика расчетов комбинированной ресурсосберегающей системы навозоудаления на свиноводческих комплексах .....	136
Фаткуллин Р. И., Калинина И. В., Науменко Н. В., Попова Н. В., Науменко Е. Е., Иванисова Е., Токар М., Антонова А. Д. Оценка биодоступности флавоноидов в растительных напитках с антиоксидантными свойствами .....	143

### ЭКОНОМИКА

Бобкова Е. Ю., Воробьев Д. И., Воробьева А. В., Авдошкина С. А., Темербаева М. В., Урюмцева Т. И. Оценка экономической эффективности освоения производства продуктов функционального питания. ....	149
Головина С. Г., Ручкин А. В. Развитие аграрной кооперации в современных условиях среды: эвристический потенциал междисциплинарных научных исследований .....	154
Акчурин С. В., Юлдашбаев Ю. А., Дюльгер Г. П., Акчурина И. В., Обухова М. Е., Латынина Е. С., Хренова Я. М. Социально-экономическое значение ординатуры для повышения качества подготовки специалистов в области ветеринарии .....	162



## CONTENTS

### NEWS

10

### INDUSTRY NEWS

Russian PPP Market: Situation analysis and development forecast .....	9
Ensuring food security: trends and prospects .....	10
Preserving Lake Baikal is one of the priorities of our state .....	12
Petr Chekmarev: "Digital transformation of agriculture is inevitable .....	13
For 9 months of this year in the Russian Federation, pork consumption reached the highest level of consumption among all types of meat .....	14
Crop production in Russia: current problems and solutions .....	15
IKAR: Russia can harvest about 152 million tons of grain this year .....	18

### HISTOTY

The first veterinary inspector of the USSR .....	19
--	----

### ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Chernov A.N., Afordany D.M., Prishpenko E.A., Gazizov R.R. Characteristics of cytotoxicity of native zeolite against cattle epithelial cells .....	23
Vyshegorodtsev V.V. The low incidence of mastitis is due to effective interventions .....	28
Use of Accumast Plus Chromatogenic Nutrient Media for the Diagnosis of Causative Agents of Mastitis in Cattle .....	30
Burkov P.V., Scherbakov P.N., Derkho M.A., Rebezov M.B. Aspects of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus infection and its correction .....	32
Shishkina M.S., Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N. Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2021 .....	38
Gorelik A.S., Gorelik O.V., Mikolaichik I.N., Morozova L.A., Chumakov V.G., Morozov V.A., Mukhamejanova A.S. Correlation of growth parameters to the growth periods among the replacement heifers .....	44
Rykov R.A. Metabolic processes in the body of cows when using organic iodine, microbial synthesis protein and <i>Spirulina platensis</i> in nutrition .....	48
Nurzhano B.S., Rakhmatullin S.G., Duskaev G.K., Georgy I., Levakhin G.I. Changes in the concentration of chemical elements in the body tissues of broilers when fed with the probiotic <i>Bacillus cereus</i> and coumarin .....	53
Petrusha Y.K., Lebedev S.V., Sheida E.V., Rakhmatullin S.G., Grechkina V.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N. Study of the productive qualities and the level of chemical elements in the body of broiler chickens of the Arbor Iress cross with different nutrient supply of the diet .....	57
Beet pulp or "Live protein": high milk yields at lower costs .....	63
Iolchiev B.C., Volkova L.A., Vetokh A.N., Volkova N.A. The study of features in sperm and spermatogenesis from males of the genus <i>Ovis</i> with different genotypes .....	64
Gorelik O.V., Rebezov M.B., Kostomakhin N.M., Harlap S.Yu., Belookov A.A., Belookova O.V., Kulmakova N.I. Influence of inbreeding degree on the milk yield efficiency .....	69
Schiogolev P.O., Lemyakin A.D., Chaitskiy A.A., Sabetova K.D., Kofidi I.A., Belokurov S.G. Polymorphism of the kappa-casein gene in dairy cattle populations of the Kostroma region and its effect on dairy productivity of cows .....	77

### AGRONOMY

Sizentsov A.S., Bibartseva E.V., Sineok D.M. Comparative assessment of the level of tolerance of <i>Bacillus subtilis</i> soil isolates in relation to chemical copper compounds .....	86
Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Ivanova N.N. Study of the nutritional and productive value of perennial legume-grass mixtures on reclaimed lands of the Upper Volga region .....	91
Gaze V.L., Golubova V.A., Yanovskaya N.V., Kovtunov V.V. Osmotic stress resistance of different sorghum species affected by NaCl .....	96
Guzenko A.Y., Sopunkov V.L. Influence of sowing dates and seeding rates on the yield of winter wheat in the conditions of the steppe zone of chernozem soils of the Volgograd region .....	100
Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Ecological plasticity of winter wheat yield when cultivating on different predecessors in arid conditions of Eastern Caucasus .....	106
Prishchepko E.A., Garafutdinova K.R., Ibatullina R.P., Korshunov A.A. Application of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on potatoes .....	111
Kuryanovich A.A., Taranova T.Y., Chekmasova K.Y. The effect of mung bean seedlings juice ( <i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek.) on growth processes and protection against phytopathogens of spring wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.) at early stages of organogenesis .....	115

### AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Yerkebayeva S.U., Shingisov A.U., Alibekov R.S., Gabrilyants E.A. The prospects of using apples and pears to obtain biologically active substances .....	119
Mailybayeva E.U., Yerkebayeva S.U., Tastemirova U.U., Alibekov R.S., Shingisov A.U. The content of flavonoids in various varieties of pears of Kazakhstan selection .....	124
Alibekov R.S., Yerkebayeva S.U., Gabrilyants E.A., Shingisov A.U. The total content of polyphenols and flavonoids in cherry varieties of Kazakhstan selection .....	128
Shingisov A.U., Alibekov R.S., Tastemirova U.U. Biologically active substances in raspberry varieties of Kazakhstan selection .....	132
Briukhanov A.Y., Shalavina E.V., Vasilev E.V. Calculation methods of a combined resourcesaving system of manure removal on pig-rearing complexes .....	136
Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Popova N.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Toka M., Antonova A.D. Assessment of the bioavailability of flavonoids in herbal beverages with antioxidant properties .....	143

### ECONOMY

Bobkova E.Y., Vorobyev D.I., Vorobeva A.V., Avdoshkina S.A., Temerbaeva M.V., Uryumtseva T.I. Assessment of economic efficiency of putting the functional food products into production .....	149
Golovina S.G., Ruchkin A.V. Development of agrarian cooperation in modern environmental conditions: heuristic potential of interdisciplinary scientific research .....	154
Akchurin S.V., Yuldashbaev Y.A., Dyulger G.P., Akchurina I.A., Obukhova M.E., Latynina E.S., Khrenova Y.M. Economic and social importance of residency for improving the quality of experts in the field of veterinary medicine .....	162



## ПРАВИТЕЛЬСТВО ВЫДЕЛИТ НА РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ 4,8 МЛРД РУБЛЕЙ

Россия может стать главным экспортером подсолнечного масла в мире, отметил председатель правительства РФ Михаил Мишустин на заседании кабмина. «Растут объемы масличных культур. Россия по итогам прошлого года уже занимала пятое место по поставкам на мировой рынок. По предварительным прогнозам можем стать главным экспортером подсолнечного масла», — сообщил он. Показатели нашей самообеспеченности этой продукцией превысят 200%, что более чем в два раза выше требований, установленных в доктрине продовольственной безопасности, уточнил Михаил Мишустин. Он напомнил, что для сохранения конкурентоспособности отечественных аграриев в бюджете предусмотрены субсидии на стимулирование производства масличных культур. Сегодня многие сельхозпроизводители сталкиваются с трудностями в связи с усложнением логистики и другими ограничениями, введенными недружественными странами, отметил премьер-министр. «Поэтому увеличиваем объем средств на предоставление субсидий в этой сфере», — заключил он. — В текущем году он составит свыше 4,8 млрд рублей. Ресурсы поступят в 43 региона, где возделывают такие культуры». Принятое решение позволит сельхозпроизводителям сохранить рентабельность производства.

(Источник: ТАСС)



## В ЯКУТИИ ВЫРОСЛО ПОГОЛОВЬЕ АБОРИГЕННОГО ЯКУТСКОГО КРС

Поголовье якутского скота генофондного государственного предприятия «Якутский скот» за прошедшие 3 года выросло вдвое, или на 195,4%. В том числе маточное поголовье — на 164,6%. По итогам первого полугодия текущего года, в восьми отделениях ГКП «Якутский скот» насчитывается 1255 голов якутского скота, из них 353 головы маточного поголовья. За 9 месяцев 2022 года получено 314 голов приплода телят, — по сравнению с тем же периодом прошлого года, на 73 теленка больше. Начиная с 2019 года, предприятием проведена большая работа по сохранению, охране и развитию генофонда якутского скота, выведению популяции из угрожающего статуса. А также — по увеличению поголовья аборигенного генофондного скота якутской породы и укреплению материально-технической базы хозяйства. Сегодня здесь содержится 40,7% голов от всего поголовья якутского скота по республике. (Источник и фото: официальный Telegram-канал Администрации Главы Республики Саха (Якутия) и Правительства Республики Саха (Якутия))

## РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ НА ОСНОВЕ БОРЩЕВИКА МАТЕРИАЛ ДЛЯ НАТРИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ



Группа исследователей из МГУ им. М.В. Ломоносова и Сколтеха создали из борщевика высококачественный углеродный материал для анодов натрий-ионных батарей. Борщевик Сосновского — агрессивно распространяющийся сорняк, вызывающий ожоги. Его завезли в Центральную Россию с Кавказа для сельскохозяйственного эксперимента, чтобы кормить скот, но идея не прижилась. Зато прижился борщевик, да настолько, что, согласно опубликованному этой весной прогнозу ученых «Сколтеха», к середине столетия им может зарастить вся европейская часть нашей страны. «Мы подумали: а здорово было бы одновременно избавиться от этого гадостного сорняка и получить что-то полезное взамен», — отметила соавтор исследования, ученый Зоя Бобылева (факультет наук о материалах МГУ, химический факультет МГУ). — Твердый углерод, который используется в анодах натрий-ионных аккумуляторов, можно производить из любой биомассы: скорлупы орехов, отходов бумажного производства и прочих, но вот борщевик никто еще не пробовал. А оказалось, что он неплохо подходит». Сегодня твердый углерод обеспечивает лучшее сочетание свойств для изготовления анода натрий-ионного аккумулятора, пояснил руководитель исследования, профессор Евгений Антипов (химический факультет МГУ, Сколтех). Созданный группой ученых твердый углерод из борщевика продемонстрировал кулоновскую эффективность 87%, что ставит его в один ряд с лучшими материалами этого класса, полученными из другого сырья. (Источник и фото: официальный сайт МГУ имени М.В. Ломоносова)

## НА ПОДДЕРЖКУ АПК КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ НАПРАВЛЕНО БОЛЕЕ 10 МЛРД РУБЛЕЙ

В ходе заседания правительства Красноярского края приняты изменения в региональную государственную программу «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» в связи с корректировкой краевого бюджета на 2022 год. «Финансирование программы увеличено на 81,8 млн рублей за счет средств краевого бюджета. Таким образом, на поддержку всех направлений агропромышленного комплекса региона в этом году направлено более 10 млрд рублей из бюджетов разных уровней», — сообщил первый замминистра сельского хозяйства и торговли края Александр Походин. На возмещение части затрат на производство и сбыт птицеводческой продукции выделено дополнительно 37,4 млн руб. (к запланированным 169 млн руб.). Средства предусмотрены на поддержку сельхозпроизводителей и увеличение выпуска местного куриного яйца — на 163 штук. Помимо этого, на возмещение сельхозорганизациям части затрат на уплату процентов по инвестиционным кредитам выделено 24 млн руб. (к ранее предусмотренным 105,4 млн руб.), что позволит дополнительно привлечь на развитие животноводства в крае около 200 млн руб. заемных средств. Также краевые деньги направлены на компенсацию местным аграриям части затрат на приобретение новых сельхозмашин и оборудования.

(Источник и фото: официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края)



Подпишитесь  
на наш Telegram канал!

# РОССИЙСКИЙ РЫНОК СЗР: АНАЛИЗ СИТУАЦИИ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ



Журнал «Аграрная наука» при поддержке группы компаний «Шанс», одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР), представляет экспертную рубрику «Три вопроса эксперту». В ней приглашенный специалист из ГК «Шанс» дает блиц-ответы на три вопроса по заявленной тематике. Сегодня эксперт рубрики — Василий Соннов, продакт-менеджер ГК «Шанс».

## 1 Как развивался рынок СЗР в прошлом году?

В 2021 году производители средств защиты растений достигли стабильного роста на фоне последствий пандемии и сложной международной ситуации. Общий объем продаж пестицидов 20 ведущих мировых компаний в 2021 году увеличился почти на 19% к 2020 году.

В России, по информации РСП ХСЗР, в 2021 году доля отечественных производителей на рынке СЗР выросла до 54% и составила 115,3 тыс. тонн препаратов.

## 2 Можно дать точный прогноз по дальнейшему развитию рынка СЗР?

Сегодня сложно давать однозначные долгосрочные прогнозы по развитию агрохимической отрасли, так как факторы, влияющие на стабильность прогноза, постоянно изменяются.

Традиционно рост стоимости урожая считался оптимистичным фактором для спроса на агрохимию, однако неустойчивые погодные и внешнеполитические условия могут повлиять на спрос и препятствовать росту объемов на рынке.

И все же аналитики склоняются к тому, что в перспективе мировой рынок пестицидов будет расти. Можно с определенной уверенностью прогнозировать увеличение доли рынка российских производителей СЗР. По информации РСП ХСЗР, отечественные компании в 2022 году займут 59% рынка со 130 тыс. тонн продукции.

Главное достижение нынешнего сельскохозяйственного сезона — феноменальный урожай зерновых. В этом году общая посевная площадь составила 80 млн гектаров. В следующем она должна увеличиться за счет вовлечения в оборот неиспользуемых земель сельхозназначения.

По данным Минсельхоза РФ, собрано около 150 миллионов тонн зерновых, из них две трети — пшеница. Аналогичная ситуация с фруктами и овощами. Так, картофеля собрано 7 млн тонн — на 18% больше, чем за тот же период прошлого года. Собрано около 5 млн тонн овощей открытого грунта, плодов и ягод — 1,46 млн тонн. Производство яблок в России растет третий год подряд. В целом все складывается неплохо с «борщевым набором» (туда входят картофель, морковь, свекла, капуста и лук). Цены на эти овощи вернулись к уровню 2020 года.

## 3 Отечественные производители готовы удовлетворить растущий спрос на СЗР для спекультур?

Растущие площади и урожаи спекультур остро ставят вопрос об увеличении доли препаратов для них в портфелях производителей СЗР. Прогнозируя быстрый рост этого сегмента сельхозрынка, ГК «Шанс» в 2022 году зарегистрировала для него несколько новых препаратов.

В октябре вышел «Чистосад, КС» — фунгицид широкого спектра действия на садовых и овощных культурах, включая картофель и виноград. Действующее вещество препарата — 345 г/л меди сульфата трехосновного. Как все медьсодержащие фунгициды, «Чистосад, КС» — препарат многоцелевого действия, направленный на подавление нескольких биохимических процессов физиологической жизнедеятельности патогена. Это позволяет ему воздействовать на вредные объекты с большей эффективностью, чем одноцелевые фунгициды.

В 2023 году работа по расширению продуктового портфеля ГК «Шанс» будет продолжена.



**ШАНС**  
группа компаний

**НОВИНКА!**

**ЧИСТОСАД, КС**

Многоцелевой медьсодержащий фунгицид



345 г/л сульфата меди трехосновной

**В следующем номере читайте о том, как грамотно выбрать и применять микроудобрения.**

ГК «Шанс» Тел.: 8 (800) 700-90-36, shans-group.com

Генеральным партнером завода-производителя «Шанс Энтерпрайз» по реализации продукции на территории РФ является ООО «Шанс Трейд».



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДБЕЗОПАСНОСТИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Актуальные вопросы продовольственной безопасности и проблему голода и недоедания в текущем году обсудили участники пресс-конференции «Всемирный день продовольствия: глобальная продбезопасность», прошедшей 14 октября в ТАСС. В мероприятии приняли участие директор отделения Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) для связи с Российской Федерацией Олег Кобяков и ректор Московского государственного университета пищевых производств Михаил Балыхин.



На сегодняшний день внимание ФАО сосредоточено на следующих 4-х направлениях — улучшении производства, качества питания, состояния окружающей среды и, на основе этого, обеспечении лучшего качества жизни населения мира, отметил директор отделения ФАО для связи с РФ Олег Кобяков.

Согласно ежегодному докладу ФАО и организаций-партнеров в прошлом году количество голодающих достигло 828 млн человек, сообщил эксперт. Как заявил в приветствии по случаю Всемирного дня продовольствия генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш, свыше трех миллиардов жителей нашей планеты по-прежнему не могут позволить себе здоровое питание. К 2030 году в условиях голода могут жить 670 млн человек, добавил спикер. «Существующие негативные тенденции последних трех лет говорят о том, что мы утратили темп, прогресс. Потребуется кардинальные усилия на уровне международного сообщества, отдельных стран-членов для исправления этой ситуации. Ныне в 20 странах или районах, включая два региональных очага голода, возможно дальнейшее ухудшение ситуации с продовольственной безопасностью», — рассказал Олег Кобяков.

Специоперация на Украине, как и различные вооруженные конфликты в ряде стран мира, усугубляют и без того сложную мировую ситуацию, так как Россия и Украина относятся к числу крупнейших мировых житниц,

производителей основных сельскохозяйственных зерновых и масличных культур, являются ключевыми экспортными сельхозпродуктами, ведущими поставщиками пищевых продуктов и удобрений, отметил спикер.

Эксперт перечислил меры, которые следует принимать в основных областях, напрямую связанных со стратегическими задачами стран-членов ФАО. Он отметил необходимость инвестиции в наиболее нуждающиеся страны (прежде всего), зачастую являющиеся как крупными производителями, так и крупнейшими потребителями продовольствия. В целях повышения доступности пищевых продуктов нужно уделять больше места производству на местах, пояснил спикер. Например, на поддержание сельхозпроизводства в настоящее время направляется всего 8% от общего объема финансирования, которое выделяется для обеспечения продбезопасности в чрезвычайных ситуациях. Конечно, в условиях кризиса, отсутствия физического и экономического доступа к пищевым продуктам население в первую очередь надо накормить, решив проблему голода, но в долгосрочном плане задачу обеспечения продбезопасности могут решить только инвестиции в сельхозпроизводства, развитие инноваций и новых технологий, заключил эксперт. Он акцентировал внимание на необходимости усиления прозрачности и координации рынков (для стабилизации цен на внутреннем и на мировом рынках), обеспечения

наиболее эффективного использования производимых товаров и производственных ресурсов. А также — отметил недопустимость политически мотивированных, неэкономических ограничительных мер.

Нужно производить больше качественной продукции, используя меньше ресурсов, потому что население планеты к 2050 году достигнет 9 млрд человек, резюмировал спикер. Среди результатов, которых можно достичь немедленно, — значительное сокращение потерь от порчи пищевой продукции. «Здесь, с одной стороны, мы ждем помощи со стороны науки и новых технологий, широкого внедрения в агропродовольственные цепочки, а, с другой стороны, общественности, — по широкому информированию населения и рациональному потреблению», — сказал эксперт.

Олег Кобяков отметил, что подписанное при посредничестве ООН соглашение о создании Черноморского зернового коридора облегчает доступ стран мира к продовольствию и удобрениям из Российской Федерации, а также к зерновой продукции России и Украины, являясь важным шагом для противодействия глобальному продовольственному кризису. ООН и FAO убеждены, что эта инициатива способствовала стабилизации мировых цен на продовольствие, повысив его физическую и экономическую доступность, прежде всего, в Средиземноморском регионе, на Ближнем Востоке, в Северной Африке, заключил спикер.

События ряда последних лет кардинальным образом меняют всю парадигму и концепцию отношения к пищевым ресурсам, отметил ректор МГУПП Михаил Балыхин. Кардинально меняется вся экосистема, большой акцент делается на доступе населения к продуктам и социальным аспектам, уточнил он. «В этой ситуации мы должны принимать достаточно резкие решения, так как сейчас, как никогда, специалисты в области аграрных, пищевых и биотехнологий — одни из самых актуальных и востребованных на рынке», — сказал спикер. Он выделил три ключевых тренда мировой повестки. «Первый — это глобальный вопрос продовольственной безопасности, качества питания, снижения нищеты и обеспечения равного уровня доступа населения планеты к продовольственным ресурсам. Это главный тренд, главный вызов, в рамках которого развивался МГУПП последние десятилетия», — сообщил ректор. В этом плане университет развивается очень активно: с одной стороны, вуз создает условия для массовой подготовки высокотехнологичных кадров, а с другой — точечные лабораторные комплексы, которые позволяют решать важные задачи науки высоких переделов, резюмировал спикер. Вторая задача, помимо обеспечения количества продовольствия, — его качество, отметил он.



«Надо начинать с рационального, осознанного потребления, рационального производства, снижения издержек, сохранения максимального количества сырья и продуктов, — это одно из важнейших научных направлений, которому мы уделяем большое внимание. И здесь две крайности. С одной стороны, это технологии высоких переделов, когда мы выходим на уровень использования до ста процентов сырья при производстве продуктов питания. С другой стороны, это функциональный подход к питанию, персонализированное питание, причем доступное. Мы пытаемся сгруппировать население по определенным категориям и подобрать наилучшие технологии для обеспечения максимального качества продуктов, достигая ситуации, когда питание становится отчасти лекарством», — рассказал Михаил Балыхин. Очень важен и третий тренд, отметил он. Девиз FAO ВОЗ — ни один человек на планете не должен остаться без внимания, напомнил спикер. «В рамках нашей политики мы его переформулируем таким образом: пищевая промышленность крайне социальна, потому что она касается каждого, ни один человек не проживет ни дня без еды и воды, и каждый нуждается в медицинском обеспечении», — сказал он. Эти аспекты вуз соединяет воедино, начиная с ветеринарного обеспечения, с ветконтроля, добавил ректор. Помимо этого, нужен персональный подход к каждому человеку, социальные лифты, в частности возможность использования пищевых технологий для решения глобальных социальных проблем, в том числе нищеты, — человек может не иметь достаточного благосостояния, но если он сыт и одет, то находится в зоне комфорта, пояснил он. В этом плане недавно была утверждена стратегия развития университета, которая получила одобрение Минобрнауки России и Правительства РФ в рамках программы «Приоритет-2030», куда попали только 50 университетов, в том числе МГУПП, отметил Михаил Балыхин.

«Мы предложили, я считаю, уникальную программу развития гуманитарных, социальных и продовольственных экосистем в городах страны — проект «Биоград», который должен стать программой развития наших городов, учитывающей все современные технологии не только пищевых производств, но и в целом переработки. Это фронтальные заделы в сфере обеспечения продовольствием и питанием людей, которые основаны на принципах здоровьесбережения. Первый образец будет построен на территории нашего университета. Это должна быть территория, где будут учтены все потребности человека: физические, эмоциональные, гуманитарные и, безусловно, продовольственные, пищевые. Это то, что, как я считаю, в наше непростое время сможет поддержать каждого из нас, что обеспечит качество жизни и реализацию семи из семнадцати целей устойчивого развития, связанных с образованием, социальными инициативами, питанием и здоровьесбережением», — сказал спикер. Он также сообщил, что на днях вуз получил одобрение Минобрнауки России о присвоении нового статуса — переименовании МГУПП в Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ). «Это новая веха в развитии вуза, безусловно, с учетом всей его девяностолетней истории в области пищевых технологий, но и с заделом на будущее, потому что сегодня пищевые технологии и биотехнологии неразделимы», — подытожил ректор.

Ю.Г. Седова





## СОХРАНИТЬ ОЗЕРО БАЙКАЛ — ОДНА ИЗ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАДАЧ НАШЕГО ГОСУДАРСТВА

В рамках расширенного заседания Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, прошедшего в Совете Федерации 18 октября 2022 года, состоялось обсуждение актуального вопроса «О мерах по сбережению и сохранению озера Байкал».

Этот вопрос рассматривается во исполнение Плана мероприятий по реализации Советом Федерации задач, поставленных Президентом России в ходе выступления на пленарном заседании XXV ПМЭФ, отметила заместитель председателя Комитета СФ Елена Зленко. «Озеро Байкал — не только уникальная экологическая система Российской Федерации, но и объект всемирного природного наследия ЮНЕСКО, — сказала она. — В этой связи у нас огромная ответственность перед гражданами России и перед всем миром за сохранение Байкала». Охрана озера, защита его от негативных антропогенных воздействий является одним из ключевых приоритетов государственной экологической политики нашей страны, резюмировала сенатор. Глава государства поставил задачу по сбережению и сохранению озера Байкал, — на это нацелен уникальный проект комплексного развития Байкальской территории, пояснила она. Законодатель сообщила, что правительством России совместно с правительством Иркутской области и «ВЭБ.РФ» был разработан проект программы социально-экономического развития Байкальского муниципального образования до 2040 года, предусматривающий различные мероприятия по модернизации городской среды и системы коммунальной инфраструктуры г. Байкальска. А в настоящее время профильным министерством совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти реализуется входящий в нацпроект «Экология» федеральный проект «Сохранение озера Байкал», направленный на улучшение экологического состояния Байкала, снижение антропогенной нагрузки на его экосистему, сохранение и восстановление биоресурсного потенциала и биологического разнообразия водных объектов Байкальской природной территории, отметила она. «Это проект сложный, межведомственный, здесь необходима четкая координация всех ответственных сторон», — подытожила сенатор.

Как сообщил руководитель Проектного офиса федерального проекта «Сохранение озера Байкал» Минприроды России Максим Стафеев, до конца 2022 года министерством будут ликвидированы девять свалок в национальных парках, расположенных недалеко от озера Байкал. Всего будут очищены 16 га заповедных территорий, отметил он. «В текущем году приступили и к ликвидации большой свалки в Тункинском заповеднике, — сказал спикер. — Работы на этой территории будут завершены в 2023 году. Кроме того, со следующего года в планах расширить мероприятия и совместно с регионами ликвидировать небольшие свалки в лесах,

на обочинах дорог, — которые можно собрать и вывезти, сделав тем самым чище территорию вокруг озера».

Сегодня на Байкале ведется большая работа по реконструкции и строительству очистных сооружений, сообщил чиновник. Специалисты неоднократно заявляли о том, что на озере отсутствуют очистные сооружения, полностью соответствующие требованиям норматива по очистке сточных вод, — решить этот вопрос позволит федеральный проект, уточнил он. Помимо этого, в 2022 году правительство полностью профинансировало модернизацию очистных сооружений в Улан-Удэ, для чего дополнительно было выделено 7,7 млрд руб. «Это крупнейший населенный пункт, который оказывает непосредственное влияние на реку Селенгу и Байкал, — пояснил спикер. — Работы начались в 2022 году (и на текущий момент идут по плану), срок завершения — 2024 год». Также ведется реконструкция трех очистных сооружений в Забайкальском крае. «Работы планируется завершить в этом году, — отметил чиновник. — И дополнительно, со следующего года, в проект будут включены очистные в Северобайкальске — во втором по величине городе, стоящем непосредственно возле Байкала». С 2023 года в перечень мероприятий федерального проекта войдут еще пять малых очистных сооружений в Бурятии. Всего сегодня готовится проектно-сметная документация по 18 объектам, сообщил спикер. Также с будущего года начнутся работы по строительству мусоросортировочных станций в охранной зоне, добавил он.

«Одно из важных направлений — государственный экологический мониторинг, — отметил Максим Стафеев. — По нему планомерно ведется работа с 2019 года. Мы дополнительно за весь проект выделили порядка 1,5 млрд рублей для доукомплектования первичного звена наблюдения Рослесхоза, Росгидромета, Росрыболовства». По данным чиновника, за время реализации федерального проекта удалось полностью укомплектовать подразделения Рослесхоза для мониторинга лесов.

«В настоящее время в работе у Минприроды находится создание единого геопортала о состоянии экологии озера Байкал, на котором в онлайн-режиме вместе с привлечением данных РЖД и других крупных операторов, ведущих промышленный мониторинг, мы сможем предоставлять сведения о состоянии экологии», — сообщил Максим Стафеев. Это будет актуальная и достоверная информация, верифицированная всеми органами власти, подытожил спикер.

Ю.Г. Седова

## ПЕТР ЧЕКМАРЕВ: «ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НЕИЗБЕЖНА»

В ходе II Конгресса по цифровизации АПК состоялось обсуждение передовых цифровых технологий агропромышленного комплекса России. Мероприятие, организованное ИД «Сфера» при поддержке ТТП РФ и Ассоциации отраслевых союзов АПК России, прошло 11.10.2022 в ЦВК «Экспоцентр» в рамках 27-й международной выставки «Агропродмаш-2022». Платиновым партнером конгресса выступила ИТ-компания КРОК.

Поддержка агропромышленных предприятий РФ, которые столкнулись с необходимостью обеспечения устойчивости бизнеса, крайне важна в ситуации неопределенности, отметил в приветственном слове к участникам директор по развитию бизнеса в АПК ИТ-компания КРОК Александр Эдер. Конгресс направлен, в том числе, на то, чтобы, обсудив тенденции развития ИТ в АПК, понять, какие потребности бизнеса предстоит закрыть в перспективе, очертить круг основных задач, стоящих перед предприятиями и перед отраслью в целом, и тем самым помочь отечественному агропрому достичь своих целей на пути к обеспечению продовольственной безопасности страны, уточнил он.

В рамках мероприятия было отмечено, что необходимость развития цифровых технологий продиктована растущей численностью населения РФ. А также — курсом на наращивание объемов экспортной продукции: предприятиям для удовлетворения повышения спроса на продукты питания необходимы новые, в том числе цифровые решения для увеличения производительности. Помимо этого, информационные технологии играют значительную роль в развитии бизнеса компаний агропрома и усилении их конкурентоспособности. При этом необходимо учесть, что цифровизация сельского хозяйства РФ не должна являться самоцелью. Кроме того, следует учитывать все отраслевые нюансы и геополитические реалии, избегая необдуманного использования импортных технологий, которым в случае отключения сложно будет найти аналог или замену, что может привести к существенным производственным проблемам, резюмировали спикеры.

Одним из ключевых докладов панельной дискуссии по теме «Цифровизация АПК в эпоху перемен: вызовы, прогнозы и меры государственной поддержки» стало выступление председателя комитета ТПП РФ по развитию АПК, гендиректора Ассоциации отраслевых союзов АПК «АССАГРОС», академика РАН Петра Чекмарева. Цифровая трансформация нашей отрасли неизбежна, однако необходимо понимать — такая трансформация не может произойти молниеносно, что совершенно нормально, отметил академик. По его данным, большинство наших сельхозспециалистов пока еще не подготовлены к цифровизации, с опаской относятся к иностранным технологиям и с трудом воспринимают программы на английском языке. Поэтому для успеш-



ной цифровой трансформации агропромышленного комплекса РФ, во-первых, крайне важны отечественные решения, — как аппаратные, так и программные (причем программы должны быть написаны на русском языке), а во-вторых, — обучение и повышение квалификации в части цифровых технологий специалистов АПК. «Главное, чтобы цифровизация работала для нашего сельского хозяйства, а не наоборот, — сельское хозяйство для цифровизации, — добавил академик. — Тут не надо делать ошибку. Иначе у нас вообще ничего не получится. Все должно идти снизу, — от земли, от людей».

Цифровизация в сельскохозяйственную отрасль РФ будет внедряться долго, особенно — в российское животноводство, в одно мгновение ее внедрить невозможно, это надо делать постепенно, пояснил он. В частности, для решения проблемы нужно ввести необходимые программы обучения в школах и вузах. «Если те, кто занимается внедрением цифровых технологий, считают, что достаточно нажать кнопку в компьютере и станет все понятно, то они заблуждаются, — сельхозпроизводителям эту кнопку некогда нажать, у них просто нет времени этим заниматься. Поэтому программы для специалистов сельского хозяйства должны быть простыми и надежными», — уточнил эксперт. Цифровизация в АПК страны придет неизбежно, только нужно содействовать этому процессу, оснастив агропром всей необходимой техникой, отметил он.

Для лучшего понимания ситуации академик предложил представителям ИТ-технологий переселиться в села, чтобы получить более реальное представление о проблемах сельских жителей, а затем заниматься внедрением цифровизации. «К сельскому хозяйству следует подходить бережно, с большим уважением и пониманием», — подытожил Петр Чекмарев.

Ю.Г. Седова



# В РФ ЗА 9 МЕСЯЦЕВ ТЕКУЩЕГО ГОДА ПОТРЕБЛЕНИЕ СВИНИНЫ ВЫШЛО НА САМЫЙ ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ СРЕДИ ВСЕХ ВИДОВ МЯСА

Ведущие эксперты обсудили актуальную ситуацию в животноводстве и птицеводстве РФ на бизнес-форуме компании «МЕГАМИКС» «Тренды, перспективы и новые решения для комплексного развития производителей животного белка», прошедшем 26.10.2022 на площадке МВЦ «Крокус Экспо». Мероприятие состоялось в рамках деловой программы Международной специализированной выставки кормов, кормовых добавок, ветеринарии и оборудования «КормВет — 2022», организованной при поддержке Минсельхоза России. Большую заинтересованность и оживленную дискуссию профессионального сообщества вызвало выступление гендиректора Национального Союза свиноводов Юрия Ковалева.

Он сообщил, что по итогам прошедших 9 месяцев текущего года в России отмечен рост потребления свинины на уровне 7,8% по сравнению с аналогичным периодом 2021 года. Так, за январь-сентябрь 2022 года потребление свинины выросло на 226 тыс. т, выйдя на самый высокий уровень потребления среди всех видов мяса, при этом потребление мяса птицы за тот же период выросло на 1,9% (на 67,3 тыс. т), а говядины снизилось на 6,2% (на 73,9 тыс. т). Как пояснил в презентации эксперт, это связано как с закупками впрок из опасений дефицита, так и с приростом цен на свинину, оказавшимся, согласно данным Росстата, ниже прироста цены по остальным видам мяса и, в первую очередь, на птицу. В результате, суммарный прирост потребления свинины и птицы обеспечил нам повышение потребления всех видов мяса почти на 3%. На увеличение потребления этого вида мяса в нашей стране повлиял ряд факторов. В их числе — снижение среднегодовых оптовых цен на продукцию свиноводства на 5–7%, связанное с резким ростом предложения на рынке. «Это очень много с учетом инфляции выше 10%, по другим видам мяса такого снижения не отмечается», — сказал Юрий Ковалев. — С точки зрения снижения цен, свинина оказалась одним из самых привлекательных продуктов для потребителя». Среди других факторов — существенное снижение разницы в стоимости мяса птицы и свинины и повышение цен на говядину, что привело к частичному перетоку спроса в сторону продукции свиноводства. А также — выплаты различным (в большинстве — малообеспеченным) слоям населения на сумму почти на 1 трлн руб. «Естественно, эти средства пошли в первую очередь на еду», — отметил спикер.

В течение года прирост производства свинины в СХП значительно увеличился. Так, в I квартале он составил 5,8%, во II — 8,4%, в III — 9,3%. За 9 месяцев прирост производства свинины в СХП составил 7,9%. Снижение производства свинины в ЛПХ (–10,8%) и КФХ (–12,2%) уменьшило общий прирост производства



свинины в РФ до 6,2% (+244,5 тыс. т). По итогам года прирост производства может превысить 8%, что составляет около 350 тыс. т дополнительного объема продукции на рынке.

По экспертным данным, темпы снижения экспорта продукции свиноводства замедлились с –25% в первом полугодии до –15% (около 130 тыс. т). Наибольшие темпы падения (–60%) демонстрируют субпродукты. По сравнению с первым полугодием, суммарный экспорт основной продукции (мясо, шпиг, свиньи) восстановился до уровня прошлого года, а по итогам 2022 года общий экспорт продукции свиноводства может превысить 170 тыс. т.

Экспорт в Беларусь за январь-сентябрь 2022 года вырос ~ в 2,5 раза, превысив 55 тыс. т и став главным направлением российского экспорта с долей в 43% от общего объема. Доля в общем экспорте стран Юго-Восточной Азии (Вьетнам и Гонконг) снизилась, — главным образом за счет резкого удорожания логистики и снижения внутренних цен, с 50% в 2021 году до 30% (в настоящее время в регионе наблюдается тенденция к росту внутренних цен на свинину, в связи с чем экспорт в них восстанавливается). Доля стран ЕАЭС, напротив, увеличилась — с 20% до 50%. В итоге, снижение экспорта во Вьетнам, Гонконг и Украину частично компенсировалось ростом поставок в Беларусь и в Казахстан, заключил эксперт.

Ю.Г. Седова

## РАСТЕНИЕВОДСТВО РОССИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Предварительные итоги развития отрасли растениеводства в 2022 году, задачи на 2023 год обсудили участники панельной дискуссии, прошедшей в рамках XXIV Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень». Организатором дискуссии, состоявшейся 06.10.2022, выступил департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России.



В ходе мероприятия директор департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России Роман Некрасов отметил, что ситуация в этом году для растениеводов складывается неплохо. «Необходимо приложить все усилия для того, чтобы убрать урожай и максимально выполнить план по севу озимых культур, — сказал он. — А ресурсы у нас для этого имеются». Отныне объем производства должен прирастать не менее чем на 3% в год, напомнил спикер. Он сообщил, что департамент растениеводства совместно с коллегами из департамента экономики Министерства сельского хозяйства РФ подготовил прогноз производства по основным видам сельскохозяйственных культур до 2030 года включительно.

«При формировании ежегодного трехпроцентного индикатора мы ориентировались на два момента, — сказал Роман Некрасов. — Момент первый — нам, безусловно, надо обеспечить продовольственную безопасность нашей страны. Поэтому объемы производства овощей открытого и защищенного грунта, картофеля, плодов и ягод ориентированы именно под эту задачу, — для того чтобы индикаторы Доктрины продбиза были выполнены. Второй подход и второй критерий, который мы закладывали при формировании планов нашего развития. Для нас крайне важно обеспечить доходность агропромышленного комплекса (продукция, которую мы создаем, не только должна быть произведена, она еще должна быть реализована). Именно поэтому вы видите, что темпы, допустим, роста производства масличных

культур существенно опережают темпы роста объемов производства зерновых культур». В этой связи он сделал акцент на проблеме возвращения в оборот заброшенных сельхозземель: «У нас есть застарелая беда: не на всех территориях нашей страны, но в Нечерноземье, в Сибирском, Уральском федеральных округах, на севере Приволжского федерального округа имеется большое количество земель, не введенных в сельхозоборот. Сегодня в зале присутствуют руководители и специалисты наших агрохимических служб. Коллеги, обращаюсь к вам. Перед нами в рамках Постановления Правительства РФ от 14 мая 2021 года N 731 стоят особые задачи. Мы должны обращать внимание не только на те площади, которые находятся в хозяйственном обороте, но и на те земли, которые мы с вами будем вводить в сельхозоборот». По этим землям необходимо обследование, помимо этого, по ним нужна детальная характеристика для того, чтобы составить четкий план по очередности ввода, его эффективности, по дополнительной товарной массе, которая будет произведена с этих объемов земель сельхозназначения, отметил эксперт. «Конечно, это не означает, что мы махнем рукой на земли, которые находятся в обороте», — добавил он.

Залогом стабильных урожаев в течение многих лет является долгосрочное поддержание плодородия почвы, наличие в ней питательных веществ, органического вещества, уточнил спикер. Поэтому использование минеральных органических удобрений, мелиоративных мероприятий, противозерозионных технологий возде-



ливания сельхозкультур — это важные элементы как аграрной политики России, так и региональных систем земледелия, добавил он.

«Перед началом любого сезона мы должны понимать стартовые позиции, — сказал спикер. — Агрохимики подготовили информацию о запасах влаги, которая сегодня есть в почвах Российской Федерации. Я не буду говорить о тех регионах, где есть переувлажнения и где остро ощущаются проблемы с озимым севом. Но обозначу субъекты, находящиеся у нас в «красной зоне». Так, уже сегодня есть понимание, что очень непросто будет следующий сельскохозяйственный сезон для субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. В российских ведущих зерновых регионах — Краснодаре, Ростове и Ставрополе — плохие и очень плохие запасы влаги. Поэтому, коллеги, нам следует сразу продумывать технологические решения (систему осенней обработки почвы), — нужно подумать над тем, каким образом собирать влагу в осенний, зимний и ранневесенний периоды. Эта задача очень серьезная. На большинстве территорий РФ мы видим, что влаги у нас достаточно. Темпы сева озимых культур в том же Приволжском федеральном округе превышают на 300 тысяч гектаров уровень прошлого года. Это решение абсолютно правильное (на моей памяти нет двух лет подряд, чтобы были с рекордами). И поэтому на следующий год надо продумывать не самые радужные и не самые благоприятные сценарии, которые возможны как в зерновом производстве, так и в производстве масличных культур».

В отрасли растениеводства 75% факторов управляемы, отметил эксперт. «Я представляю три основных направления деятельности, по которым мы будем строить нашу работу на следующий год: 30% — техника и технология, 25% — питание и средства защиты растений, 20% — генетика. От того, насколько будет раскрыт потенциал сортов и гибридов, зависит будущий урожай», — пояснил он.

По словам Романа Некрасова, начиная со следующего года, изменятся подходы к работе научных учреждений страны для внедрения в производство достижений в сфере селекции и семеноводства. «Мы ориентируем нашу науку на взаимодействие с крупным бизнесом, на взаимодействие с производством, для нас очень важно, чтобы исследования, которые ведут ученые, были более ориентированы под потребности конкретного производства. И это не только завязано на выполнение индикатора по самообеспеченности семенным материалом, который у нас к 2030 году должен составить 75 процентов, — это завязано на том, чтобы создавать устойчивые технологические цепочки внутри растениеводческого комплекса», — сказал он. К новым



серьезным результатам в среднесрочной перспективе, изменению парадигмы функционирования российского семеноводства должно привести решение, принятое правительством РФ, — о передаче 11 ведущих научных учреждений в ведение Министерства сельского хозяйства РФ, отметил спикер. Он сообщил о создании системы мониторинга семеноводческих участков. Более 78 тысяч геоточек зафиксировано в системе «Агроэксперт», — эту работу проводит подведомственный Минсельхозу России ФГБУ «Россельхозцентр». «Причем мониторится не только состояние растений на данных участках, — мониторим поступление сельхозпродукции, поступление будущих семян с этих участков, понимая, что возможны разные ситуации. Но сегодня можно говорить, что по значительной части продукции растениеводства семенным материалом мы закроем (в достаточной мере) себя сами. Эту работу мы планируем продолжать. В настоящее время верстаются планы приобретения семян отечественной селекции. За аналогию возьмем ту работу, которую провели по приобретению минеральных удобрений», — сказал эксперт. По его мнению, результаты, которые демонстрирует сегодня растениеводство, в том числе полученные урожаи, во многом обусловлены тем, что с удобрениями мы начали работать по-другому. Директор департамента сообщил, что подготовленный совместно с РАПУ план позволяет уходить от пиков приобретения, когда максимальный спрос сталкивается с минимальным предложением на рынке. «Закупать удобрения нужно в течение всего года и относительно равномерно. И мы с вами эту систему работы выстраиваем», — отметил он. В этом году идет опережающее приобретение, прежде всего, аммиачной селитры, КАСов и других азотосодержащих удобрений, сообщил эксперт. «Это значит, что мы уже сейчас начали готовиться к весне», — заключил он.

Роман Некрасов также сообщил о вступлении в силу с 01.03.2023 Федерального закона от 14.07.2022 № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В презентации своего доклада глава департамента отметил, что новые нормы, определяя навоз и помет как побочные продукты животноводства, исключают их из сферы регулирования законодательства:

- об отходах производства и потребления,
- об обращении с пестицидами и ядохимикатами.





Вводится отдельное регулирование обращения побочных продуктов животноводства, которое позволяет использовать их с целью повышения плодородия почв без наличия у сельхозтоваропроизводителя лицензии (как этого требовал ранее федеральный закон об отходах производства и потребления).

С целью исключения негативного влияния на окружающую среду, обращение побочных продуктов животноводства осуществляется на основании технологических регламентов, разрабатываемых сельхозтоваропроизводителями.

Хозяйствующие субъекты самостоятельно осуществляют отнесение веществ, образуемых при содержании сельхозживотных, к побочным продуктам животноводства или отходам.

«Не могу не сказать буквально пару фраз про органическую составляющую, потому что органическое вещество почвы формируется либо из пожнивных остатков, либо за счет внесения органического компонента извне. Поэтому принятые изменения в Федеральный закон от 14.07.2022 № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства...» существенно упрощает нашим аграриям работу с этой субстанцией для того, чтобы наращивать объемы применения органических удобрений в том числе», — пояснил спикер.

Эксперт отметил регулярно нарастающие объемы применения средств химизации в РФ. Он отметил следующие меры, предпринятые Минсельхозом России по обеспеченности средствами защиты растений (СЗР):

- ввоз партий пестицидов и агрохимикатов на территорию РФ будет осуществляться через любые пункты пропуска через Государственную границу Российской Федерации с проведением федерального государственного контроля (надзора) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами на складах временного хранения или в иных местах временного хранения;
- срок проведения экспертизы результатов регистрационных испытаний пестицидов и агрохимикатов сокращен со 124 до 66 рабочих дней со дня регистрации заявления;
- автоматически продлены до 31.12.2022 сроки действия свидетельств о государственной регистрации пестицидов и (или) агрохимикатов, сроки которых истекают (истекли) в 2022 году.

«Мы серьезно упростили порядок ввоза как средств защиты растений, так и действующих веществ. Эта мера была вынужденной, критической. Но все-таки основная наша задача — чтобы средства защиты растений производились у нас», — добавил глава департамента.

Со следующего года будет запущен новый федеральный проект по наращиванию объемов производства овощей и картофеля в РФ, сообщил Роман Некрасов. «Мы предусматриваем дополнительные меры поддержки наших картофелеводов и овощеводов, — сказал он. — Это как приоритеты при реализации проектов мелиорации, так и повышенные капрексы при строитель-

стве картофеле- и овощехранилищ, так и оказание дополнительной погектарной поддержки тем хозяйствам, которые занимаются производством этих видов продукции».

Что касается сельскохозяйственной техники, то уже сформирован план ее приобретения до 2030 года, сообщил спикер. «По тракторам мы обязаны выходить на цифру 500 тысяч машин. Только эта серьезная мощь позволит нам выполнять все агротехнические работы даже в те погодные окна, которые у нас проявились в этом году, когда нужно было очень быстро убрать, очень быстро обработать почву и очень быстро посеять. Я говорю сейчас, прежде всего, про Центральный и Южный федеральные округа. По зерноуборочным комбайнам мы понимаем, что цифра в 160 тысяч машин является неким минимальным уровнем. Но это, опять же, гарантия быстрой уборки и это гарантия качества урожая. К сожалению, в этом году зафиксированы случаи, когда мы не успели своевременно убрать зерновые колосовые, наблюдается прорастание пшеницы в колосе, падение качества. При таких условиях аграрии, естественно, говорят о том, что их производство неэффективное, экономически невыгодное. Если

бы эти площади были убраны в срок, если бы имелись в достаточном количестве мощности для сушки, первичной доработки и хранения, таких бы вопросов не возникало», — резюмировал он. Департаментом растениеводства сделан на основе плана приобретения сельскохозяйственной техники прогноз энергообеспеченности отрасли. «Выходим на показатель 170 лошадиных сил на 100 гектаров пашни. Залог роста, на мой

взгляд, мы закладываем сейчас, прежде всего, через расширение линейки техники, которая приобретается на льготных условиях через «Росагролизинг». 65 новых позиций добавлено в приказ Минсельхоза, в приказ № 50, и это позволяет аграриям закрывать всю линейку сельхозмашин, которые нужны для выполнения технологических операций. Это и узкоспециализированная техника для производства плодовоовощной продукции, ягод, и техника, используемая для первичной доработки сельхозпродукции. Коллеги, здесь мы всегда в контакте. Если имеются уникальные машины или какие-то позиции, по которым нужно отдельное усиление и дополнение, мы всегда готовы рассмотреть эти предложения для того, чтобы сделать меры государственной поддержки еще более эффективными для конкретных получателей, в первую очередь. Мы понимаем, что в текущем году возникли серьезные вопросы с поставками иностранных машин, иностранными комплектующими. Поэтому обнуление таможенных пошлин, приостановление взимания утильсбора — это то, над чем мы работаем с коллегами из Минпромторга для того, чтобы выполнить нашу главную задачу — обеспечить продовольственную безопасность Российской Федерации», — отметил Роман Некрасов.

Ю.Г. Седова



# ИКАР: В ЭТОМ ГОДУ РОССИЯ МОЖЕТ СОБРАТЬ ОКОЛО 152 МЛН ТОНН ЗЕРНА

Ведущие эксперты подвели первые итоги года и представили прогнозы до конца сезона в ходе V конференции «Российское растениеводство. Осень 2022», прошедшей 28.10.2022 в Москве. Организатором мероприятия, приуроченного к завершению сбора урожая и сева озимых, выступил информационно-аналитический портал Agrotrend.ru.

По итогам уборочной кампании наша страна, предположительно, получит 158 млн т зерна в бункерном весе, после рефакции — 145–148 млн т, из них 95–98 млн т пшеницы, сообщил председатель Комитета ТПП РФ по развитию АПК Петр Чекмарев. По его мнению, после рекордных показателей следует ожидать их резкого снижения, что регулярно наблюдалось в России. Например, в 1990 годы было собрано 116 млн т, а потом случился провал до 63 млн т, отметил спикер. По его прогнозу, если в этом сезоне сбор составит около 147,6 млн т, то в следующем он может сократиться до 100 млн т.

Петр Чекмарев акцентировал внимание на ситуации с озимыми. «На сегодняшний день сев озимых опаздывает, так как сроки уборки сместились», — пояснил он. По данным ТПП РФ, в прошлом году озимые посеяли на площади 17,5 млн га. В этом году, по сравнению с аналогичным прошлым периодом, отставание пока составляет 677 тыс. га. Причем в ЦФО засеяно площадей на 1,077 млн га меньше, чем в прошлом году, в ЮФО отставание составляет 30 тыс. га, в УФО — 7 тыс. га, в СФО — 68 тыс. га. «Понятно, что многие уже не увеличат площади, — сказал спикер. — Единственный, кто может сейчас чуть-чуть сгладить — это Южный федеральный округ». В валовом сборе зерна озимые составляют от 42% до 50%, напомнил эксперт. Таким образом, за счет снижения посевов на следующий год РФ может недобрать от 3 до 5 млн т зерна. Также в качестве рисков Петр Чекмарев отметил значительный рост издержек сельхозтоваропроизводителей, в частности, повышение цен на удобрения, сельхозтехнику, горюче-смазочные материалы. Для позитивных изменений, стабилизации ситуации необходимы серьезные государственные меры, заключил эксперт.

Несколько более высокие прогнозы на урожай дал гендиректор Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) Дмитрий Рылько. Так, валовый сбор ИКАР оценил на уровне 152 млн т, в том числе 100 млн т пшеницы. Оптимистичные оценки по урожаю будущего года аналитиков связаны с тем, что состояние уже взошедших озимых на Юге, в Поволжье и в Центре очень хорошее. «Мы посчитали нашу первую оценку по севу озимой пшеницы, — потому что в озимых всех интересует озимая пшеница, прежде всего, — отметил эксперт. — Считаем, что в этом году, в конечном счете, ее посеют на 16,2 миллионах гектаров. Сев очень рваный. В Центре у нас гигантская дыра. Мы считаем, что на 85 процентов — это погода и только на 15 процентов другие факторы». По данным спикера, в ЮФО близкий к рекордному сев озимых, в СКФО он тоже будет выше среднего, в ПФО также отмечена прибавка площадей. Серьезной проблемой является осенняя активность мышей на юге РФ (и в направлении Воронежа), с которой приходится



вести борьбу, чтобы она не повлияла на грядущий урожай, пояснил эксперт. «А так — ситуация хорошая», — добавил он. В этом году сев озимой пшеницы будет проведен на достаточно высоком уровне просто в силу экономических причин, уточнил спикер.

Тем не менее, резюмировал эксперт, есть вероятность, что ближе к реальным показателям в итоге окажутся данные Комитета ТПП РФ по развитию АПК, а оценки ИКАР — слишком высокими. «Если же все останется в том виде, как сейчас идет, и у нас не будет резкого ускорения уборки в течение ближайших недель, то тогда все уходит на весну, — со всеми вытекающими отсюда довольно трагическими последствиями», — сказал Дмитрий Рылько. Гендиректор ИКАР добавил, что объем урожая зерна свыше 140 млн т «наталкивается на колоссальные проблемы с нашей логистикой», с невозможностью «нормально сохранить» это зерно.

В рамках конференции было отмечено, что изменить сложившуюся в России ситуацию с нехваткой мощностей для хранения зерна можно с помощью инновационных технологий, в частности, относительно нового способа хранения зерна в пластиковых рукавах. Об этом сообщил гендиректор компании «Лилиани» Армен Налбандян, по данным которого в РФ в прошлом году в пластиковых рукавах хранилось около 8–9 млн т зерна. Эксперт также отметил, что сменную производительность посевной техники в среднем на 40% поможет увеличить использование технологии трехзвенной уборки зерна с применением бункеров-перегрузчиков. Кроме того, можно сэкономить порядка 30–40% за счет самостоятельного миксования минудобрений, создавая смеси из однокомпонентных удобрений под запросы конкретных хозяйств. Таким образом, отечественные сельхозтоваропроизводители смогут увеличить прибыль на 80%, подытожил эксперт.

Ю.Г. Седова



# ПЕРВЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ ИНСПЕКТОР СССР

Алиев А.А.<sup>1, ✉</sup>, Андреев Ю.А.<sup>2</sup>, Дресвянникова С.Г.<sup>1, 3</sup>, Шарпило В.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУ «Санкт-Петербургская городская станция по борьбе с болезнями животных»,

<sup>2</sup> Управление ветеринарии Санкт-Петербурга,

<sup>3</sup> Донской государственный технический университет

Ранее на страницах журнала «Аграрная наука» мы знакомили читателей с информацией о первом ветеринарном инспекторе Санкт-Петербурга Сергее Самборском, с отдельными фактами его биографии, рассказывали о влиянии, которое он оказал на организацию ветеринарного дела в Санкт-Петербурге. При сборе информации для подготовки раздела книги по истории ветеринарии Санкт-Петербурга/Петрограда/Ленинграда в период после 1917 года были найдены материалы еще об одной неординарной личности, сыгравшей важную роль в ветеринарии не только в этом городе, но и на всесоюзном уровне. К сожалению, судьба этого человека была трагична, а сведений о нем в профессиональной литературе очень мало. Речь идет о Борисе Михайловиче Беленьком — руководителе ветеринарного дела в Петрограде-Ленинграде в 20-е годы XX века, а в дальнейшем — руководителе ветеринарного управления Народного Комиссариата земледелия (Наркомзема) СССР и первом главном ветеринарном инспекторе при Наркомземе СССР.

В мае 1922 года Борис Михайлович Беленький был назначен заведующим ветеринарным отделом Губернского земельного управления Петрограда, которым руководил до октября 1927 года, а затем в связи с реорганизацией с октября 1927 по февраль 1930 года руководил объединенным (городским и губернным) ветеринарным подотделом губернского земельного управления. В феврале 1930 года он был переведен на должность заместителя начальника ветеринарного управления Наркомзема СССР. В 1932 и 1937 годах был главным ветеринарным инспектором и начальником ветеринарного управления Наркомзема СССР. В октябре 1937 года был арестован и в ноябре 1937 года расстрелян. Полностью реабилитирован в 1956 году.



Москва Дом Наркомзема.

фото С.Свидаля

Толчком к сбору информации об этом человеке явилась короткая, всего в восемь строк, информация в статье доктора ветеринарных наук, профессора, академика РАН А.С. Донченко и кандидата ветеринарных наук, ведущего научного сотрудника Сибирского федерального научного центра агробиотехнологии СО РАН Т.Н. Самоловой «Руководители и организаторы ветеринарной службы Российской Советской Федеративной Социалистической Республики (РСФСР), Союза Советских Социалистических Республик (СССР) и Сибирского края. 1917–1940 гг.».

С учетом того, что Б.М. Беленький более 20 лет отдал ветеринарной деятельности, оставил свой след в организации ветеринарного дела и в Петрограде — (Ленинграде), и в Ленинградской области (Петроградской губернии), и на всероссийском уровне, мы посчитали важным собрать о нем всю доступную информацию и рассказать о его жизни и судьбе.

Беленький Борис Михайлович родился 1892 году в г. Полоцке Витебской губернии в пределах «черты оседлости» в типичной и традиционной бедной еврейской семье.

Территория «черты оседлости» («черта еврейской оседлости») была первоначально определена указом Екатерины II 1791 года как территория России, где дозволялось селиться и торговать евреям (иудеям). За пределами «черты оседлости» запрещалось постоянное жительство евреям, за исключением нескольких категорий: купцов первой гильдии, лиц с высшим образованием, отслуживших рекрутов, ремесленников, караимов, горских и бухарских евреев.

Отец Беленького был по профессии портным, фактически дома не работал и уходил на промысел по окружающим помещичьим имениям; мать была домохозяйкой, подрабатывала парикмахершей. Проживала семья (6 человек, 5 детей) в бабушкином доме из двух комнат.

Отец в 1899 году переехал в Санкт-Петербург и высылал нерегулярно семье до 10 рублей в месяц. В 1901 году после грандиозного пожара в Полоцке, который уничтожил весь город, отец получил вид на жительство в Санкт-Петербурге (за пределами «черты оседлости»), и семья переехала в столицу. Семья поселилась в доме на Казанской улице, в квартире из одной комнаты и кухни. К тому времени отец стал брать работу на дом, помогал ему 12-летний младший брат Бориса.

В 1906 году Беленький поступил в еврейскую школу, по окончании которой в 1906 году продолжил обучение в частной мужской еврейской гимназии И.Г. Эйзенберта. Первоначально гимназия работала в Никольском переулке (сейчас улица Мясникова), позже переехала в здание на Театральной площади. Директор и учредитель гимназии Илья Гилариевич Эйзенбет сумел организовать преподавание на высочайшем уровне. В период функционирования гимназии под его началом работали специалисты разных областей, практически все — выпускники Санкт-Петербургского университета, либо прослушавшие ряд курсов в качестве вольных слушателей.

По окончании гимназии в 1912 году Б.М. Беленький поступил в Психоневрологический институт (основан в 1907 году выдающимся отечественным ученым Владимиром Михайловичем Бехтеревым. В настоящее время — Санкт-Петербургский научно-исследовательский психоневрологический институт им. В.М. Бехтерева). Однако ввиду скудных средств к существованию продолжить обучение и проживание в Санкт-Петербурге Б.М. Беленький не смог и в 1913 году потерял право на жительство в Петербурге.

Переехав в Юрьев (ныне — Тарту, Эстония), Беленький устроился на работу в аптеку, для получения вида на жительство и в 1913 году подал документы для зачисления в Юрьевский ветеринарный институт; в 1914 году приступил к обучению. Окончил институт Беленький в феврале 1918 года. В этом же году Юрьевский ветеринарный институт был переведен в Саратов, а Беленький стал дипломированным ветеринарным врачом последнего выпуска института.

О своей общественной позиции в то время Б.М. Беленький уже в советское время сообщал следующее: «Что касается общественной работы, то будучи в гимназии интересовался ею, следил за печатью. В 1912 году следил за рабочей печатью. Читал "Правду" и "Луч" (N.B. «Луч» — меньшевистская легальная ежедневная газета, выходившая в Санкт-Петербурге с 1912 по июль

1913 года). В то же время к каким-либо партийным группировкам не примыкал, полагая за отсутствием определенной социальной среды. Здесь я имею в виду рабочее движение, ибо такие общественные круги и в гимназии, и в институте как Сионистские организации /учился в еврейской гимназии/ всегда старались вовлечь, в том числе и меня в оборотку, но я сюда не шел сознательно. <...> Коммунистическое движение не захватило студенчество Юрьевского Института, оно само собой вовлекло в свои ряды партийные большевистские силы, которых в институте не было. Я же, следя за политической обстановкой, особого участия не принимал».

Подобные признания характеризуют определенную аполитичность Беленького. Но остаться в стороне от бурных событий 1917 года ему не удалось: «В период Февральской революции я совместно с тов. Нуромским принимали активное участие /т. Нуромский член партии, начальник Киевск. Окр. Ветер. управ./ по обработке некоторых частей Юрьевского гарнизона, равно, как и в студен. организ. начиная с конца 1916 г. /в отношении студен. организации/. Октябрьская революция застала меня в Юрьеве же. Насколько помню она здесь вначале не проявилась в определенной форме, еще вначале наблюдалось двоевластие, вернее продолжалось двоевластие». Известный деятель советской военной ветеринарии Алексей Константинович Нуромский был однокашником Беленького, с которым он сошелся в институте.

*Алексей Константинович Нуромский (1891–1937). Бригадный ветврач (звание соответствовало генеральскому), член ВКП(б) с 1918 года начальник ветеринарной службы Киевского ВО. Уроженец Вологодской губернии, после окончания школы поступил в духовную семинарию, где впервые познакомился с революционным движением. Принимал участие в революционной пропаганде и первых забастовках учащихся. Был аттестован как «политически неблагонадежный». В 1913 году политические ограничения с Нуромского были сняты, и он поступил на учебу в Юрьевский ветеринарный институт. Студенты избрали его заведующим подпольной политической библиотекой и председателем землячества. С февраля по сентябрь 1917 года А.К. Нуромский вел политическую работу, был избран членом Юрьевского Совета рабочих депутатов. Принимал участие в событиях Октябрьской революции. В июле 1918 года добровольцем ушел в Красную Армию. Был избран председателем революционного комитета 6-й Латышской артиллерийской батареи. Через два года стал комиссаром ветеринарной части 5-й армии. После окончания Высших военно-академических курсов А.К. Нуромский был назначен начальником ветеринарного управления сначала Западного фронта, а затем Украинского военного округа. Ему было присвоено звание бригадного военного врача, что соответствовало генеральской должности. За боевые заслуги в период Гражданской войны награжден орденом Красного Знамени. Расстрелян в декабре 1937 года, реабилитирован 6 сентября 1956 года.*



По окончании ветеринарного института в феврале 1918 года Беленький подал заявление в Петроградское губернское ветеринарное управление, куда 15 мая 1918 года и был принят на работу в качестве участкового ветеринарного врача сел Шум и Гостинополь Новоладожского уезда Петербургской губернии.



С января по март 1919 года работал уездным ветврачом при исполкоме г. Новая Ладога. В марте 1919 года был призван в Красную Армию, где ему присвоили должность старшего военного ветеринарного врача с дислокацией в Петергофе. Однако уже в августе 1919 года по ходатайству уездного руководства он был переведен в г. Волхов на должность уездного ветеринарного врача Новолadoжского уезда. Работал заведующим ветеринарным отделом Новолadoжского уездного земуправления до 1922 года.

*Новолadoжский уезд был образован в 1727 году в составе Новгородской провинции Новгородской губернии на основе Лadoжского уезда. В 1776 году уезд вошел в состав вновь образованного Новгородского наместничества. С 1781 года — в составе Санкт-Петербургской губернии (с 1924 года — в Ленинградской губернии). 14 февраля 1923 года центр Новолadoжского уезда был перенесен из Новой Ладоги в село Гостинополье, переименованное в связи с этим в город Волхов, а уезд был переименован в Волховский.*

В период работы в Волхове в 1920 году А.М. Беленький был принят кандидатом в члены РКП(б) (с декабря 1925 г. — ВКП(б)) — партбилет № 205063. Еще до этого он командировался для выступления на крестьянских собраниях в уезде, а после вступления в партию командировался «на все плановые и внеплановые кампании: перевыборы, продналог, учительские конференции. В период Кронштадтского восстания (Н.В. в документах того времени говорится именно о Кронштадтском восстании) проводил волостное и крестьянское собрание».

В мае 1922 года по распоряжению Губернского комитета на основании ходатайства Губернского земельного управления (Губземуправления) был переведен в Петроград и назначен на должность начальника ветеринарного подотдела Губземуправления. Здесь Беленького в 1922–1923 годах избирали членом партбюро коллектива, он проводил перевыборы избирательных комиссий в 1925 году, состоял руководителем партшколы и секретарем самообразования, вел работу агитатора-пропагандиста. Необходимо отметить, что в то время членство в ВКП(б), активная парторбота, практически были обязательными атрибутами (в дополнение к профессиональным качествам, а иногда и вопреки им) для продвижения по служебной лестнице. Профессиональные же качества Б.М. Беленького были таковы, что по службе он рос.



В 1927 году его назначили заведующим ветеринарным отделом Областного земельного управления (руководство ветеринарным делом и города, и области).

Обнаружилось в архиве и личное дело доцента Ленинградского ветеринарного института Беленького Бориса Михайловича. Согласно имеющейся в нем выписке из приказа по Ленинградскому ветеринарному институту № 66 от 21 марта 1929 года, Б.М. Беленький считается «...приступившим по временному исполнению обязанностей доцента по курсу ветеринарного законодательства». Согласно документам дела, состоял он в списках педагогического персонала института без денежного содержания до 27 февраля 1930 года (приказ по ЛВИ № 89).

В конце 1920-х — начале 1930-х годов система организации и управления ветеринарным делом в СССР пережила очередной этап крупных перемен. Его особенность состояла в адаптации к новым условиям аграрной политики советского государства, заключавшимся в коренной ломке структуры аграрной экономики страны и переходе к коллективизации. В январе 1930 года при Наркомземе СССР создали Ветеринарное управление, на которое автоматически возлагались функции упраздненного Комитета по ветеринарным делам при Совете труда и обороны СССР. Первым начальником Ветеринарного управления Наркомзема СССР стал Александр Васильевич Недачин (1888–1937).

В это время, в феврале 1930 года, Б.М. Беленький был переведен в Москву на должность заместителя начальника ветеринарного управления Наркомзема СССР. С января 1931 года по июнь 1932 года был начальником Главного ветеринарного управления Наркомзема, а с июля по ноябрь 1932 года — главным ветеринарным инспектором при Наркомземе СССР. Работа в должности Главного ветеринарного инспектора при Наркомземе СССР в 1932 году зафиксирована в личном деле Б.М. Беленького, с которым мы познакомились в Центральном государственном архиве историко-политических документов, который хранит документы комсомольских и партийных органов. Практически все руководители того времени были членами ВКП(б), напомним, что Б.М. Беленький был членом ВКП(б) с 1921 года. Интересны имеющиеся в личном деле характеристики, данные ему по партийной линии. Их несколько, но во всех отмечается нетвердость партийных убеждений и наличие особенностей высказываемых мнений.

А вот документ с грифом «Секретно» (ныне рассекреченный) за подписью отв. секретаря коллектива ВКП(б) Областзема и зав. сельскохозяйственной группой Рабочей Крестьянской Инспекции: «Отзыв о работе члена ВКП(б)»: «Партлинию и партвлияние проводит удовлетворительно, возложенные задачи по учреждению выполняются аккуратно, но нуждается в постоянном руководстве Бюро. <...> Недостаточно окоммунизирован аппарат, <...> пользуется авторитетом среди беспартийных, что же среди партийцев авторитет недостаточно заслужен. <...> Имеются особого склада в высказывании мнений, подчас обнаруживается нетвердость убеждений». Эти же лица сделали и выводы: «Выполняемая работа его способностям соответствует, использован целесообразно. В дальнейшем следует оставить на данной работе. Использовать на более ответственной работе в ОБЛЗУ нет возможности».

Нами были найдены и сведения о выговоре президиума ЦКК — НКРКИ (Центральная контрольная комиссия — Народный комиссариат Рабоче-крестьянской инспекции) за «слабую» организацию работы



Главветупра в январе 1932 года. В личной анкете отмечены и результаты партийной чистки — «считать проверенным».

С 1932 по 1936 год Б.М. Беленький работал в Наркомземе СССР на разных должностях: с ноября 1932 по октябрь 1934 года был начальником сектора ветеринарно-зоотехнической и массовой работы Главного управления животноводства Наркомзема СССР; после этого, до июня 1935 года, помощником начальника Главного управления Животноводства Наркомзема СССР; далее, до мая 1936 года, там же руководил группой по внешним сношениям и принимал участие в ряде зарубежных командировок в составе правительственных комиссий (1930 г. — Монгольская Народная Республика, ветврач-консультант в составе правительственной комиссии; 1934 г. — Дания, командировка от Наркомзема СССР по закупке скота). Отметим, что Беленький в совершенстве владел немецким языком. Семейное положение Б.М. Беленького, зафиксированное в анкетах: женат, двое детей.

Вновь главным ветеринарным инспектором СССР Беленький был назначен в мае 1936 года, по совместительству он исполнял обязанности начальника главного ветеринарного управления. В результате коренного переустройства животноводства и подчинения его административно-государственному регулированию, задачи ветеринарной службы в 1930-е годы полностью изменились и значительно усложнились. Об этом достаточно подробно говорится в профессиональной литературе. Приведем лишь мало известные факты, которые нам удалось обнаружить в архивах.

До 1936 года упоминания об организации ветеринарной инспекции содержатся в одном из постановлений, касающихся организации ветеринарного дела

в стране. Центральная контрольная комиссия ВКП(б) и коллегия Наркомата рабоче-крестьянской инспекции после тщательной проверки состояния ветеринарии 2 августа 1931 года приняли постановление «О состоянии ветеринарного дела и борьбы с эпизоотиями».

В архивных делах обнаружены документы, подтверждающие наличие в Ленинграде городской ветеринарной инспекции в 1932 году, руководил ею товарищ Коберник.

Таким образом, Б.М. Беленький был первым Главным государственным ветеринарным инспектором при Наркомземе СССР и в 1932, и в 1936–1937 годах. Записи о работе в его личном деле указывают, что он являлся Главным ветеринарным инспектором и одновременно временно исполняющим обязанности начальника главного ветеринарного управления Наркомзема СССР до мая 1937 года. Более подробные сведения о работе Б.М. Беленького в Наркомземе СССР надо искать не в петербургских, а в московских архивах.

К сожалению, судьба Б.М. Беленького сложилась трагично, как и многих других в те годы. После увольнения из Наркомзема он работал заведующим отделом перевозок Транспортной ветеринарной лаборатории Наркомата здравоохранения СССР. В октябре 1937 года он был арестован по обвинению в контрреволюционном заговоре и в ноябре расстрелян.

Ни в одних источниках и архивах нам не удалось обнаружить фотографии Б.М. Беленького. Но варианты поиска не исчерпаны, а обработка архивных документов и материалов занимает значительное время. И, возможно, к моменту издания книги «Страницы истории ветеринарии Санкт-Петербурга» мы будем обладать фотографией Б.М. Беленького и сможем разместить ее на страницах повествования.



А.Н. Чернов, ✉  
Д.М. Афордоањи,  
Е.А. Прищепенко,  
Р.Р. Газизов

Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение, Казань, Российская Федерация

✉ rt-kazan@mail.ru

Поступила в редакцию:  
30.07.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Albert N. Chernov<sup>1</sup>, ✉  
Daniel M. Afordoanyi<sup>1</sup>,  
Elena A. Prishpenko<sup>1</sup>,  
Rasim R. Gazizov<sup>1</sup>

Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science — a separate structural unit, Kazan, Russian Federation

✉ rt-kazan@mail.ru

Received by the editorial office:  
30.07.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

## Характеристика цитотоксичности трепелов Зикеевского месторождения в отношении клеток легочного эпителия крупного рогатого скота

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В последние годы возрастает интерес к изучению трепела, массовая доля цеолита в котором доходит до 50%. Целью настоящего исследования явилась оценка цитотоксического воздействия трепела Зикеевского месторождения на клетки легкого эмбриона коровы (ЛЭК).

**Методы.** Для характеристики цитотоксичности были отобраны 6 фракций трепела (карьер добычи — Зикеевское месторождение Жиздринского района Калужской области) с размерами частиц: № 1 — 0,03 мм, № 2 — 0,03–0,06 мм, № 3 — 0,09–0,15 мм, № 4 — 0,15–0,3 мм, № 5 — 0,3–0,5 мм. Для определения цитотоксичности готовили суспензии цеолитов на поддерживающей среде DMEM в концентрациях 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 мкг/мл. В качестве модели для определения токсичности трепелов была выбрана перевиваемая клеточная линия ЛЭК (эпителий легкого эмбриона коровы), полученная из Коллекции культур клеток позвоночных (ИЦИГ РАН, Россия). Клетки выращивали на среде DMEM с добавлением 10% фетальной бычьей сыворотки ("HyClone", США), пенициллина и стрептомицина (по 100 МЕ/мл), 20 мМ глутамина ("Sigma-Aldrich", США) в 96-луночных планшетах ("Costar", США) при +37 °C в атмосфере 5% CO<sub>2</sub>. Жизнеспособность клеток оценивали по активности митохондриальной дегидрогеназы по стандартной методике. Статистическая обработка данных производилась при помощи ПО "GraphPad Prism 6.0" (США). Эксперименты проводились в 5 повторах, за статистически достоверный уровень принимали  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Было выявлено, что концентрации всех фракций трепелов до 100 мкг/мл не оказывают цитотоксического эффекта на исследуемые клетки. Значительное цитопатогенное действие проявляется в диапазоне концентраций 300–1000 мкг/мл; оно находится в положительной корреляции с размером трепеловых частиц — доля некротических клеток при обработке монослоев максимальными концентрациями составляет до 99,7±2,9%, что может быть связано с механическим воздействием крупных частиц минерала на клеточные структуры.

**Ключевые слова:** минерал, трепел, цитотоксичность, культура клеток, крупный рогатый скот.

**Для цитирования:** Чернов А.Н., Афордоањи Д.М., Прищепенко Е.А., Газизов Р.Р. Характеристика цитотоксичности трепелов Зикеевского месторождения в отношении клеток легочного эпителия крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2022; 363 (10): 23-26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-23-26>

© Чернов А.Н., Афордоањи Д.М., Прищепенко Е.А., Газизов Р.Р.

## Characteristics of cytotoxicity of native zeolite against cattle epithelial cells

### ABSTRACT

**Relevance.** In recent years, there has been an increasing interest in the study of trepel, the mass fraction of zeolite in which reaches 50%. The purpose of this study was to assess the cytotoxic effect of the Zikeyevsky field trepel on the cells of the cow embryo lung (CEL).

**Methods.** To characterize cytotoxicity, 6 fractions of trepel were selected (mining quarry — Zikeyevskoye deposit of Zhizdrinsky district of Kaluga region) with particle sizes: no. 1 — 0.03 mm, no. 2 — 0.03–0.06 mm, no. 3 — 0.09–0.15 mm, no. 4 — 0.15–0.3 mm, no. 5 — 0.3–0.5 mm. To determine cytotoxicity, zeolite suspensions were prepared on a DMEM maintenance medium in concentrations 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 micrograms/ml. As a model for determining the toxicity of trepeles, a transplanted cell line of CEL (epithelium of the lung embryo of a cow) obtained from a Collection of vertebrate cell cultures (ICiG RAS, Russia) was selected. The cells were grown on a DMEM medium with the addition of 10% fetal bovine serum ("HyClone", USA), penicillin and streptomycin (100 IU/ml each), 20 mM glutamine ("Sigma-Aldrich", USA) in 96-well tablets ("Costar", USA) at +37 °C in an atmosphere of 5% CO<sub>2</sub>. Cell viability was assessed by the activity of mitochondrial dehydrogenase according to the standard method. Statistical data processing was performed using "GraphPad Prism 6.0" software (USA). The experiments were carried out in 5 repeats,  $p \leq 0.05$  was taken as a statistically significant level.

**Results.** It was found that concentrations of all fractions of trepels up to 100 micrograms/ml do not have a cytotoxic effect on the studied cells. A significant cytopathogenic effect is manifested in the concentration range of 300–1000 micrograms/ml; is in a positive correlation with the size of trepel particles — the proportion of necrotic cells when processing monolayers with maximum concentrations is up to 99.7±2.9%, which may be due to the mechanical effect of large mineral particles on cellular structures.

**Key words:** mineral, trepel, cytotoxicity, cell culture, cattle.

**For citation:** Chernov A.N., Afordoanyi D.M., Prishpenko E.A., Gazizov R.R. Characteristics of cytotoxicity of native zeolite against cattle epithelial cells. *Agrarian science*. 2022; 363 (10): 23-26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-23-26> (In Russian).

© Chernov A.N., Afordoanyi D.M., Prishpenko E.A., Gazizov R.R.

## Введение / Introduction

В последнее десятилетие достаточно интенсивно ведутся исследования по изучению возможности применения природных минералов с уникальными кристалло-структурными характеристиками в качестве удобрений и мелиорантов [1]. Известно, что цеолиты, трепелы, диатомиты, опоки и различные глины способны оказывать положительное влияние на агрохимические свойства почвы, оптимизируя их минеральный состав и кислотно-основные режимы, что значительно повышает урожайность сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции [2]. Природные минералы также активно используются в качестве действующих агентов в сорбционных технологиях, получивших широкое распространение в практике очистки жидких сред, газовых выбросов и почвы от опасных загрязняющих веществ [3, 4].

В последние годы возрастает интерес к изучению трепела, массовая доля цеолита в котором достигает до 50% (в зависимости от месторождения). Ранее данный минерал не получал широкого применения в мелиоративной практике по причине своего полимерного состава [5], однако в настоящее время в многочисленных исследованиях содержатся данные о влиянии трепела на переход радионуклидов в сельскохозяйственные культуры, их урожайность, агрохимические свойства почвы; оценена экономическая целесообразность применения трепела в растениеводстве [6].

Известно, что применение цеолитсодержащих компонентов приводит к повышению стрессоустойчивости, оказывает иммуномодулирующий, антигистаминный, антианемический эффекты, нормализует минеральный обмен. Доказано, что пероральное использование трепела оказывает выраженный энтеросорбционный и дезинтоксикационный эффект, наглядно показана возможность применения трепела в лечении гнойно-септических заболеваний [7].

Показана польза трепела для растений при использовании в качестве удобрений [8–10]. Минералы показывают свою эффективность для профилактики заболеваний [11].

Однако полноценного изучения путей и звеньев воздействия трепела на функционирование различных систем организма не проводилось, не изучено проявление цитотоксического эффекта данного минерала и не определены его токсические дозы.

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования явилась оценка цитотоксического воздействия трепела Зикеевского месторождения на клетки легкого эмбриона коровы (ЛЭК).

## Материал и методы исследования / Materials and method

Для характеристики цитотоксичности были отобраны 6 фракций трепела (карьер добычи — Зикеевское месторождение Жиздринского района Калужской области) с размерами частиц: № 1 — 0,03 мм, № 2 — 0,03–0,06 мм, № 3 — 0,09–0,15 мм, № 4 — 0,15–0,3 мм, № 5 — 0,3–0,5 мм. Для определения цитотоксичности готовили суспензии цеолитов на поддерживающей среде DMEM в концентрациях 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 мкг/мл; последние подвергали автоклавированию при 2 атм в течение 1 ч. Наиболее крупную фракцию трепела предварительно подвергали механической гомогенизации.

**Культура клеток.** В качестве модели для определения токсичности трепелов была выбрана перевиваемая клеточная линия ЛЭК (эпителий легкого эмбриона

коровы), полученная из Коллекции культур клеток позвоночных (ИЦиГ РАН, Россия). Клетки выращивали на среде DMEM с добавлением 10% фетальной бычьей сыворотки ("HyClone", США), пенициллина и стрептомицина (по 100 МЕ/мл), 20 мМ глутамина ("Sigma-Aldrich", США) в 96-луночных планшетах ("Costar", США) при +37 °C в атмосфере 5% CO<sub>2</sub>. Клетки культивировались при исходной концентрации 103 кл. на лунку в течение 48 ч до достижения 90–95%-ной конfluence-ности монослоя, после чего сывороточную питательную среду заменяли на суспензии трепелов на основе поддерживающей среды в исследуемых концентрациях. Срок экспозиции образцов цеолитов с клеточными монослоями составил 24 ч. Отрицательным контролем служили интактные клеточные монослои.

**MTT-тест.** Метаболическую активность эпителиальных клеток оценивали посредством колориметрического MTT-теста, основанного на способности восстанавливать тетразолиевый краситель до нерастворимого формазана, имеющего фиолетовое окрашивание. Трепелсодержащие суспензии в лунках заменяли на раствор MTT в среде DMEM (5 мг/мл) и инкубировали при +37 °C в течение 4 ч. После аспирации раствора красителя в лунки вносили по 200 мкл ДМСО, инкубируя в темноте в течение 15 мин для полного растворения кристаллов формазана. Значения оптической плотности регистрировали на ИФА-ридере при длине волны 570 нм. Долю жизнеспособных клеток рассчитывали по соотношению оптической плотности в опытных и контрольных лунках.

Статистическая обработка данных производилась при помощи пакета программного обеспечения "GraphPad Prism 6.0" (США). Эксперименты проводились в 3 повторностях, за статистически достоверный уровень принимали  $p \leq 0,05$ .

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Посредством MTT-теста были охарактеризованы изменения, связанные с воздействием рассматриваемых фракций трепела на метаболическую активность эпителиальных клеток крупного рогатого скота. Результаты представлены в виде диаграмм, в которых жизнеспособность клеток, культивируемых в присутствии трепеловых суспензий, выражена в процентах по отношению к контролю (рис. 1А–Д).

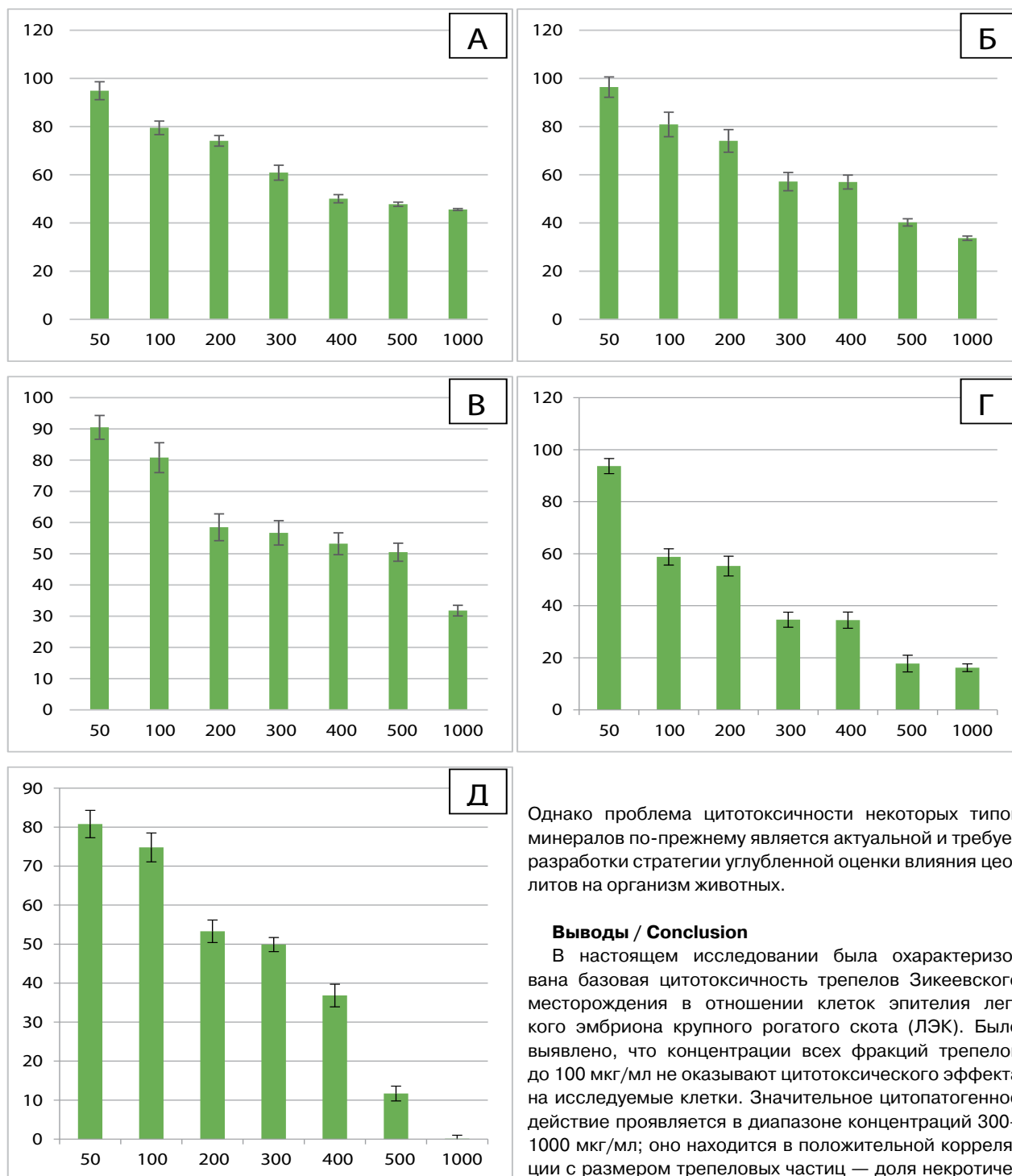
Из представленных диаграмм можно сделать вывод, что концентрации, не превышающие 50–100 мкг/мл, не обладают значимой цитотоксичностью для образцов № 1, 2, 3 — в них процент неапоптотических клеток составил в среднем 80,5±3,7%. При инкубации с трепелами в концентрациях 400–1000 мкг/мл доля апоптотических клеток существенно возрастала, находясь в диапазоне 66,2±5,4% — 88,7±4,9%. Данный эффект сопровождался положительной корреляцией между диаметром частиц и цитотоксическим воздействием образцов трепелов: наибольшей цитотоксичностью характеризовался образец № 5 с диаметром частиц до 0,5 мм. Доля апоптотических клеток в лунках с максимальной концентрацией трепела (1000 мкг/мл) достигла 99,7±2,9%. Принимая во внимание размер частиц данной фракции, это может быть связано с их механическим воздействием на клетки.

Известно, что трепелы, как и любые природные цеолиты, при контакте со слизистыми оболочками способны вступать в процессы деалюминации и кислотного выщелачивания, а при пролонгированном воздействии



**Рисунок 1. Метаболическая** активность эпителиальных клеток эмбриона коровы при 24-часовой инкубации с различными фракциями трепелов: А — образец № 1 (0,03 мм), Б — образец № 2 (0,03–0,06 мм), В — образец № 3 (0,09–0,15 мм); Г — образец № 4 (0,15–0,3 мм), Д — образец № 5 (0,3–0,5 мм). По оси X отображены концентрации трепела в суспензии (мкг/мл), по оси Y — доля живых клеток относительно отрицательного контроля (%).

**Fig. 1. Metabolic** activity of cow embryo epithelial cells during 24 hour incubation with various fractions of trepeles: А — sample No. 1 (0.03 mm), Б — sample no. 2 (0.03–0.06 mm), В — sample no. 3 (0.09–0.15 mm); Г — sample no. 4 (0.15–0.3 mm), Д — sample no. 5 (0.3–0.5 mm). The X axis shows the concentrations of trepeles in suspension (mcg/ml), the Y axis shows the proportion of living cells relative to negative control (%).



на эпителий выступают в роли раздражителей малой или умеренной силы, вызывающих катаболические изменения на клеточном уровне [12]. Можно утверждать, что концентрации рассматриваемого нами диапазона (50–100 мкг/мл) не индуцируют значимых структурно-функциональных отклонений, не несут патогенетического значения и, таким образом, могут быть рассмотрены в качестве компонентов минеральных удобрений.

Однако проблема цитотоксичности некоторых типов минералов по-прежнему является актуальной и требует разработки стратегии углубленной оценки влияния цеолитов на организм животных.

#### Выводы / Conclusion

В настоящем исследовании была охарактеризована базовая цитотоксичность трепелов Зикеевского месторождения в отношении клеток эпителия легкого эмбриона крупного рогатого скота (ЛЭК). Было выявлено, что концентрации всех фракций трепелов до 100 мкг/мл не оказывают цитотоксического эффекта на исследуемые клетки. Значительное цитопатогенное действие проявляется в диапазоне концентраций 300–1000 мкг/мл; оно находится в положительной корреляции с размером трепеловых частиц — доля некротических клеток при обработке монослоев максимальными концентрациями составляет до  $99,7 \pm 2,9\%$ , что может быть связано с механическим воздействием крупных частиц минерала на клеточные структуры.

Сведения о цитотоксических эффектах разных образцов трепелов на клетки организма продуктивных животных в дальнейшем будут использованы для их комплексной токсикологической оценки и позволят выработать стратегию их безопасного применения.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках ГЗ № FMEG-2021-0003, регистрационный номер: 121021600147-1.

## FUNDING

The materials were prepared within the framework of State order No. FMEG-2021-0003, registration number: 121021600147-1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самсонова Н.Е. Кремний в растениях и животных организмах. *Агрохимия*. 2019; 1: 86-96.
2. Куликова А.Х., Яшин Е.А., Черкасов М.С. Эффективность цеолита, в том числе модифицированного, в качестве удобрения кукурузы. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; 3 (51): 76-84.
3. Томсон А.Э., Соколова Т.В., Пехтерева В.С., Сосновская Н.Е. Роль природных органических и органоминеральных дисперсных материалов при получении чистой растениеводческой продукции. *Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной Году науки и технологий*. Краснодар, 2021: 274-276.
4. Суюндукова М.Б., Суюндуков Я.Т., Сафин Х.М., Семенова И.М., Хасанова Р.Ф. Природные цеолиты как элемент экологизации земледелия Башкирского Зауралья. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32 (4): 25-30.
5. Мерзлова О.А., Агеева Т.Н. Экономическая эффективность применения трепела в качестве известкового мелиоранта на загрязненных радионуклидами землях. *Мелиорация*. 2021; 1 (95): 50-60.
6. Лазаревич С.С., Ермоленко А.В., Шипилов Ю.В., Мисючик А.А. Влияние трепела на урожайность и радиологическое качество продукции сельскохозяйственных культур. *Вестник БГСХА*. 2011; (2): 70-75.
7. Колотилова М.Л., Иванов Л.Н. Цеолитсодержащий трепел в экспериментальной гепатологии. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2005; (3): 12-15.
8. Greger M., Landberg T., Nazarian S. Plant uptake of silicon nanoparticles. *7th Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts*. 2017; 40.
9. Yamaji N., Mitani-Vano N., Sakurai G. A Cooper active system of silicon transport in plants. *7th Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts*. 2017; 36.
10. Shelimanova E., Lyashenko A., Mikhalevich V. Complex processing of agriculture waste with production of energy, organic and organic-mineral granulated fertilizer. *Наукowyi visnik nubip Ukraini. Seriya: tekhnika ta energetika APK*. 2016; (256): 191-199.
11. Tamani-Shacoori Z., Chandad F., Rebillard A., Cillard J., Bonnaure-Mallet M. Silver-zeolite combined to polyphenol-rich extracts of *Ascophyllum nodosum*: potential active role in prevention of periodontal diseases. *PLoS One*. 2014; (9): 105-125.
12. Гайдаш А.А., Апчел В.Я., Ивченко Е.В., Белый В.И., Бакакин В.В. Влияние цеолитовых туфов на организм при пероральном поступлении. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2016; 1 (53): 115-123.

## ОБ АВТОРАХ:

### Альберт Николаевич Чернов

Доктор биологических наук, заведующий отделом животноводства и ветеринарии, главный научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра Казанский научный центр Российской академии наук:

20 А, ул. Оренбургский тракт, Казань, 420111, Российская Федерация

E-mail: rt-kazan@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9007-5641>

### Даниел Мавуена Афордоань

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории Молекулярно-Генетических и Микробиологических Методов— ФИЦ КазНЦ РАН, научный сотрудник Татарского НИИАХП — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН.

20 А, ул. Оренбургский тракт, Казань, 420111, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0002-0494-3693>.

Тел. 917-236-39-46.

E-mail: daforadoan@gmail.com

### Елена Александровна Прищепенко

Кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель Татарский НИИАХП — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Татарский НИИ-ИСХ — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН: 20 А, ул. Оренбургский тракт, Казань, 420111, Российская Федерация

E-mail: niiaxp2@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9068-3014>

### Расим Рашидович Газизов

Кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела воспроизводства почвенного плодородия Татарский НИИ-АХП — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Татарский НИИ-ИСХ — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН: 20 А, ул. Оренбургский тракт, Казань, 420111, Российская Федерация

E-mail: niiaxp2@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9922-9037>

## REFERENCES

1. Samsonova N.E. Silicon in plants and animal organisms. *Agrochemistry*. 2019; (1): 86-96. (In Russian)
2. Kulikova A.H., Yashin E.A., Cherkasov M.S. The effectiveness of zeolite, including modified, in the qualities of corn fertilizer. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skhozaystvennoy akademii*. 2020; 3 (51): 76-84. (In Russian)
3. Thomson A.E., Sokolova T.V., Pekhtereva V.S., Sosnovskaya N.E. The role of natural organic and organomineral dispersed materials in obtaining pure crop production. *Problemy transformacii estestvennykh landshaftov v rezul'tate antropogennoy deyatelnosti i puti ih resheniya: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferencii, posvyashchennoy Godu nauki i tekhnologii*. Krasnodar, 2021; 274-276. (In Russian)
4. Suyundukova M.B., Suyundukov Y.T., Safin H.M., Semenova I.M., Hasanova R.F. Natural zeolites as an element of ecologization of agriculture of the Bashkir Trans-Urals. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; 32 (4): 25-30. (In Russian)
5. Merzlova O.A., Ageeva T.N. Economic efficiency of the use of trepel as a lime meliorant on lands contaminated with radionuclides. *Melioraciya*; 2021; 1 (95): 50-60. (In Russian)
6. Lazarevich S.S., Ermolenko A.V., Shipilov Yu.V., Misyuchik A.A. The influence of trepel on yield and radiological quality of agricultural crops. *Vestnik BSKHA*. 2011; (2): 70-75. (In Russian)
7. Kolotilova M.L., Ivanov L.N. Zeolite-containing trepel in experimental hepatology. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*. 2005; (3): 12-15. (In Russian)
8. Greger M., Landberg T., Nazarian S. Plant uptake of silicon nanoparticles. *7th Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts*. 2017; 40.
9. Yamaji N., Mitani-Vano N., Sakurai G. A Cooper active system of silicon transport in plants. *7th Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts*. 2017; 36.
10. Shelimanova E., Lyashenko A., Mikhalevich V. Complex processing of agriculture waste with production of energy, organic and organic-mineral granulated fertilizer. *Naukoviy visnik nubip Ukraini. Seriya: tekhnika ta energetika APK*. 2016; (256): 191-199.
11. Tamani-Shacoori Z., Chandad F., Rebillard A., Cillard J., Bonnaure-Mallet M. Silver-zeolite combined to polyphenol-rich extracts of *Ascophyllum nodosum*: potential active role in prevention of periodontal diseases. *PLoS One*. 2014; (9): 105-125.
12. Gajdash A.A., Apchel V.Y., Ivchenko E.V., Belyj V.I., Bakakin V.V. The effect of zeolite tufts on the body when taken orally. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii*. 2016; 1 (53): 115-123. (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

### Albert Nikolaevich Chernov

Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Chief Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science is a separate structural subdivision of the Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: 20 A, st. Orenburg tract, Kazan, 420111, Russian Federation

E-mail: rt-kazan@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9007-5641>

### Daniel Mavuen Aforadoany

candidate of Biological Sciences, researcher at the laboratory of agrochemical and biological analyses of the Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science— FRC Kazan Scientific Center, senior researcher at the Laboratory of Molecular Genetic and Microbiological Methods— FRC Kazan Scientific Center. 20 A, st. Orenburg tract, Kazan, 420111, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-0494-3693>.

Tel.: 917-236-39-46.

E-mail: daforadoan@gmail.com.

### Elena Aleksandrovna Prishchepenko

Candidate of Agricultural Sciences, head of the Tatar NIIAHP — a separate structural unit of the FITC KazNC RAS, Tatar NIISH — a separate structural unit of the FITC KazNC RAS: 20 A, st. Orenburg tract, Kazan, 420111, Russian Federation

E-mail: niiaxp2@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9068-3014>

### Rasim Rashidovich Gazizov

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the Department of Soil Fertility Reproduction Tatar NIIAHP is a separate structural unit of the FITC KazNC RAS, Tatar NIISH is a separate structural unit of the FITC KazNC RAS: 20 A, st. Orenburg tract, Kazan, 420111, Russian Federation

E-mail: niiaxp2@mail.ru


<https://orcid.org/0000-0002-9922-9037>



# Продактив® AD<sub>3</sub>E

Кормовая добавка для животных

**СОДЕРЖИТ ВИТАМИНЫ А, D<sub>3</sub>, Е (D, L-α-Токоферол ацетат)**



**ПРИМЕНЯЕТСЯ ДЛЯ  
ПРОФИЛАКТИКИ  
НАРУШЕНИЙ  
ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ**

- Поддерживает репродуктивные функции
- Стимулирует иммунную систему организма животного
- Предотвращает возникновение заболеваний, связанных с ослаблением костей
- Оказывает комплексное общеукрепляющее и антистрессовое действие
- Помогает сохранять продуктивность на высоком уровне при наступлении стрессовых ситуаций

+7 (495) 777-67-67  
 [www.vicgroup.ru](http://www.vicgroup.ru)



ГРУППА  
КОМПАНИЙ  
ВИК

 **ТОП-21 производителей  
ветеринарной фармацевтики  
в мире**

## НИЗКАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ МАСТИТОМ ОБУСЛОВЛЕНА ЭФФЕКТИВНЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ

Главные задачи развития молочного животноводства — это повышение продуктивности коров и улучшение пищевых и санитарно-технологических качеств получаемого молока. Причиной его ухудшения является такое распространенное заболевание коров, как мастит. О том, как контролировать ситуацию с заболеваемостью маститом и как вообще проходят рабочие будни ветврача агрохолдинга, мы говорим с главным ветеринарным врачом ООО «Русская Аграрная Группа» АО «Рассвет» Владиславом Вышегородцевым.

**Владислав Викторович, представьте, пожалуйста, предприятие, на котором вы трудитесь.**

” ООО «Русская Аграрная Группа» — вертикально-интегрированный сельскохозяйственный холдинг замкнутого типа, основанный в 2004 году. Компания является крупнейшим сельскохозяйственным объединением в регионе по производству молока, зерновых культур и мяса. поголовье крупного рогатого скота составляет 13 200 голов, из которых дойное — 6200 голов.

Основные активы компании расположены в Рязанской области.

Сегодня в компании работает 1600 человек, из них более половины — с момента основания.

Руководители аграрной группы ежедневно следят за соблюдением оптимального баланса между опытом и прогрессом, базовыми навыками и инновационными технологиями, внедряемыми ведущими специалистами в производственный процесс.

Стабильность, перспективный рост, уважительное отношение к кадрам и ставка на качество на каждом этапе производства — основа деятельности ООО «Русская Аграрная Группа».

**Расскажите немного о себе, о том, какое место в вашей жизни занимает ветеринария.**

” В ООО «Русская Аграрная Группа» АО «Рассвет» я начал работать с 2019 года ветеринарным врачом. Спустя год перешел на должность главного врача отделения. Трудился на самых разных участках — работа с молодняком, ортопедия — при этом новотельная группа, пожалуй, самая интересная.

Вообще отмечу, что труд ветеринарного врача нешаблонный. Здесь нужно постоянно анализировать ситуацию на ферме, внедрять передовой опыт, творчески подходить к рабочему процессу. Один день на ферме никогда не похож на другой — постоянно получаешь новый опыт, развиваешься. В общем, если вы решили связать свою жизнь с ветеринарией, скучать точно не придется.

**Насколько значима проблема проявления мастита КРС? Какое место данная патология занимает в структуре заболеваемости?**

” Лидирующие позиции в структуре заболеваемости занимают патологии желудочно-кишечного тракта молодняка, а также заболевания конечностей, на третьем месте — гинекологические заболевания. В целом больных не много.



На фото: Владислав Вышегородцев

Для нашего предприятия выбытие по болезни — это нонсенс, преимущественно мы имеем дело с зоотехническим браком. Для того, чтобы животное с маститом было отправлено на выбраковку, оно должно быть либо хронически больным, не поддающимся лечению, либо потерявшим продуктивность после того, как переболело острым клиническим маститом. Но таких животных, как правило, не более 2–3 в месяц.

Низкое выбытие вовсе не означает, что нас эта проблема не волнует. Переболевшая корова в среднем может терять в продуктивности порядка 15%, плюс затраты на лечение и содержание, плюс браковка молока с ингибитором — это большие деньги для предприятия.

**Какие факторы, на ваш взгляд, сильнее всего влияют на заболеваемость коров маститом?**

” Здесь нельзя выделить что-то одно, заболевания вымени, пожалуй, самые многофакторные. Но человеческий фактор, думаю, все же основной, от этого никуда не уйти. Гигиена и санитария, особенно в межсезонье, также играют немаловажную роль. Много зависит от кормления — как продуктивность и общее состояние животного, так и уровень соматических клеток в молоке и заболеваемость в стаде в целом.

**Как часто вы перенимаете опыт других предприятий, что интересного применяют коллеги?**

” Основным наставником для меня является Михаил Юрьевич (прим. ред. — Михаил Юрьевич Сорокин — генеральный директор по животноводству АО «Рассвет»), у него очень большой опыт как



в ветеринарии, так и в зоотехнии, он активно поддерживает все наши нововведения.

С ветеринарами других предприятий получается пообщаться на выездных семинарах, проводимых, как правило, на базе хозяйств. Хотя проблемы, как и решения, везде схожи, все же отличия есть, чужой опыт всегда интересен и по-своему уникален. Сейчас есть масса возможностей обучаться, в том числе с помощью Интернета, но живое общение заменить трудно.

Часто принимать участие в семинарах не получается — плотный график работы не всегда позволяет это делать.

**Какая у вас точка зрения на процедуру одномоментного запуска — это модное веяние или необходимость?**

В условиях современного животноводства — скорее необходимость. Мы всегда применяли противомаститные шприцы для проведения запуска, подбирали оптимальный состав препарата, отвечающий нашим требованиям: профилактическая эффективность в совокупности с периодом ограничения по молоку, стоимость препарата для нас никогда не стояла во главе угла. При этом важно не забывать о том, что проведение запуска — это целый комплекс мероприятий и, если правильно их проводить, можно получить желаемый положительный результат.

Для снижения человеческого фактора у нас есть стандартный протокол проведения данной процедуры.

**Как вам удается контролировать ситуацию с заболеваемостью, какие вы используете точки контроля?**

Каждый месяц проводим полную проверку работы доильного оборудования, не считая планового технического обслуживания. Ежемесячно оцениваем общее состояние сосков животных, определяем процент и степень гиперкератоза. Проводим мониторинг больных животных на такие показатели, как эффективность лечения, количество повторных случаев, уровень заболеваемости в стаде и т.д. В течение последних 3 лет работы показатель по клиническому маститу у коров не превышает 2%. Такой результат объясняется тем, что все работники — от оператора машинного доения до ветеринарного врача — заинтересованы в низкой заболеваемости. Этот успех поощряется руководством материально.

**У вас есть успешный опыт использования салфеток для протирания вымени. Расскажите, пожалуйста, об этом.**

Ранее для обработки вымени использовали бумагу, она хороша, так как используется одна салфетка для одного животного, тем самым исключается перекрестное инфицирование бактериями от других коров. Но стоит бумага очень дорого. К выбору многообразных салфеток на тканной основе мы подходили особенно тщательно — нужно было подобрать износостойкий материал, обладающий хорошей впитывающей способностью. Учитывая риски возможного перезаражения вымени, мы используем одну салфетку для протирания сосков вымени одного животного, а для больных животных используются отдельные салфетки. После использования замачиваем в растворе дезинфектанта, стираем на горячем режиме и сушим. Для качественной стирки и сушки мы приобрели промышленное оборудование. Такой подход экономически и экологически оправдан. Думаю, мы спасли не одну тысячу деревьев.

Фото 1. «ACCUMAST Plus»



**Какие подходы вами используются для улучшения санитарных условий содержания животных?**

Регулярно, не менее 3 раз в неделю, для всех групп животных вносим в подстилку препараты-подсушители. Обработывается, как правило, задняя треть лежака, так как она наиболее подвержена загрязнению и имеет контакт с выменем коровы. На регулярной основе, не менее 1 раза в месяц, мы проводим дезинфекцию мест содержания животных методом орошения с использованием средств на основе глутарового альдегида.

**Диагностика — это основа выявления заболевания маститом коров. А что нового вы используете в лабораторной диагностике?**

В этом году в условиях предприятия отделение «Рассвет» для выявления возбудителей мастита провело тестирование хроматогенных питательных сред «ACCUMAST Plus», производства компании «FERA Diagnostics and Biologicals» (США). Важно отметить, что данные среды имеют ряд преимуществ:

- в отличие от стандартных питательных сред, «ACCUMAST Plus» имеет четыре питательных среды на одной чашке Петри, что позволяет выявлять порядка 12 возбудителей мастита;
- благодаря тому, что каждый возбудитель при росте на питательной среде дает характерную цветовую индикацию — интерпретацией результатов может заниматься любой ветеринарный врач на производстве;
- проведение исследований не требует сложного и дорогостоящего оборудования;
- использование питательных сред «ACCUMAST Plus» позволяет существенно сэкономить денежные средства, связанные с транспортировкой образцов до лаборатории;
- с помощью представленных сред «ACCUMAST Plus» возможно проводить исследование молока от больных животных с хроническим течением мастита с целью выявления мастита, вызванного стафилококками.

**Каких показателей вы хотели бы добиться?**

Мы на протяжении длительного времени удерживаем показатель по клиническому маститу менее 2%, хотелось бы менее 1%. Это не просто, но реально. Сейчас мы проводим большую работу в этом направлении и приоритет в работе — диагностика маститов. Это позволяет нам вовремя и рационально разработать стратегию по профилактике и лечению маститов у коров.

Записал Люсин Е.А.,  
ведущий ветеринарный врач-консультант  
Департамента животноводства ГК ВИК

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХРОМАТОГЕННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД «ACCUMAST PLUS» ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ МАСТИТА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Сегодня молочное животноводство является самой развивающейся отраслью сельского хозяйства, важной задачей которой является увеличение молочной продуктивности крупного рогатого скота. В настоящее время молокоперерабатывающие заводы требуют все большего качества от исходного сырья, при этом здоровье молочной железы — один из ключевых факторов, который позволяет получать высококачественную продукцию. К наиболее распространенному заболеванию молочной железы относится мастит. Он встречается во всех физиологических группах: новотел — 33%, раздой — 44%, сухостой — 23%. Высокая восприимчивость лактирующих животных к заболеванию обусловлена интенсивно протекающими процессами в тканях молочной железы.

В России среди продуктивного молочного скота маститом болеют около 15–16% поголовья, при этом потери молока могут составлять до 30% от годового удоя. Финансовые потери обусловлены снижением молочной продуктивности, преждевременной выбраковкой коров, затратами на диагностику и лечение, а также ухудшением качества молока.

Воспаление молочной железы, как и любого другого органа, является сложной реакцией организма. Оно сопровождается угнетением, снижением аппетита, нарушением функций сердечно-сосудистой системы, повышением температуры.

Мастит (Mastitis) — инфекционно-воспалительное заболевание молочных желез, развивающееся при снижении резистентности животного и преимущественно под воздействием факторов внешней среды (механические, термические, химические) и инфекционных патогенов.

Нарушения кормления, оптимальных условий содержания животных, ветеринарно-гигиенических и санитарных правил приводят к снижению общей естественной устойчивости организма, к развитию патогенов в вымени. Основными факторами являются техническое несовершенство доильных установок и нарушение технологии машинного доения. Частые причины развития интрамаммарной инфекции (ИМИ) — это микротравмы, ушибы, трещины сосков, чрез которые проникают инфекционные бактерии, вызывая воспалительный процесс в вымени. Ключевые возбудители мастита делятся на две группы: условно-патогенные (среда, где содержатся животные — *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Enterococcus spp.*) и контагиозные (инфекционные — *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus SCN*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Mycoplasma spp.*, *Corynebacterium bovis*).

У инфицированных коров обычно наблюдаются аномальные показатели молока и повышенное количество соматических клеток. По содержанию соматических клеток в молоке контролируют степень заболеваемости. Если выявляют более 200 тыс. соматических клеток в 1 мл молока от одной коровы, это свидетельствует о возможном начале воспалительного процесса в вымени, необходимо срочно установить инфекционного агента, который вызвал это воспаление, и разработать рациональную схему лечения.



Исходя из приведенных данных, своевременное выявление и назначение ветеринарных препаратов для лечения коров, больных маститом, является первостепенной задачей ветеринарного специалиста. В настоящее время существует несколько способов выявления возбудителей мастита у больных животных: микробиологический и метод ПЦР. Поскольку данные способы требуют транспортировки образцов в лабораторию, а результат приходится ждать от трех до десяти суток, для производственного опыта было принято решение протестировать непосредственно на животноводческом предприятии хроматогенные питательные среды для выявления возбудителей «ACCUMAST Plus» от производителя — компании «FERA Diagnostics and Biologicals» (США).

Таблица 1.

Идентификация возбудителей мастита из проб молока с помощью системы «ACCUMAST Plus»

Грамположительные бактерии	Грамотрицательные бактерии
<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>E. Colli</i>
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	<i>Klebsiella spp.</i>
<i>Aerococcus viridans</i>	<i>Enterobacter spp.</i>
<i>Streptococcus uberis</i>	<i>Pseudomonas spp.</i>
<i>Lactococcus spp.</i>	
<i>Staphylococcus aureus</i>	
<i>Staphylococcus haemoliticus</i>	
<i>Staphylococcus SCN</i>	
<i>Enterococcus spp.</i>	



Фото 1. Чашки Петри системы «ACCUMAST Plus» с посевом из отобранных проб молока и танка

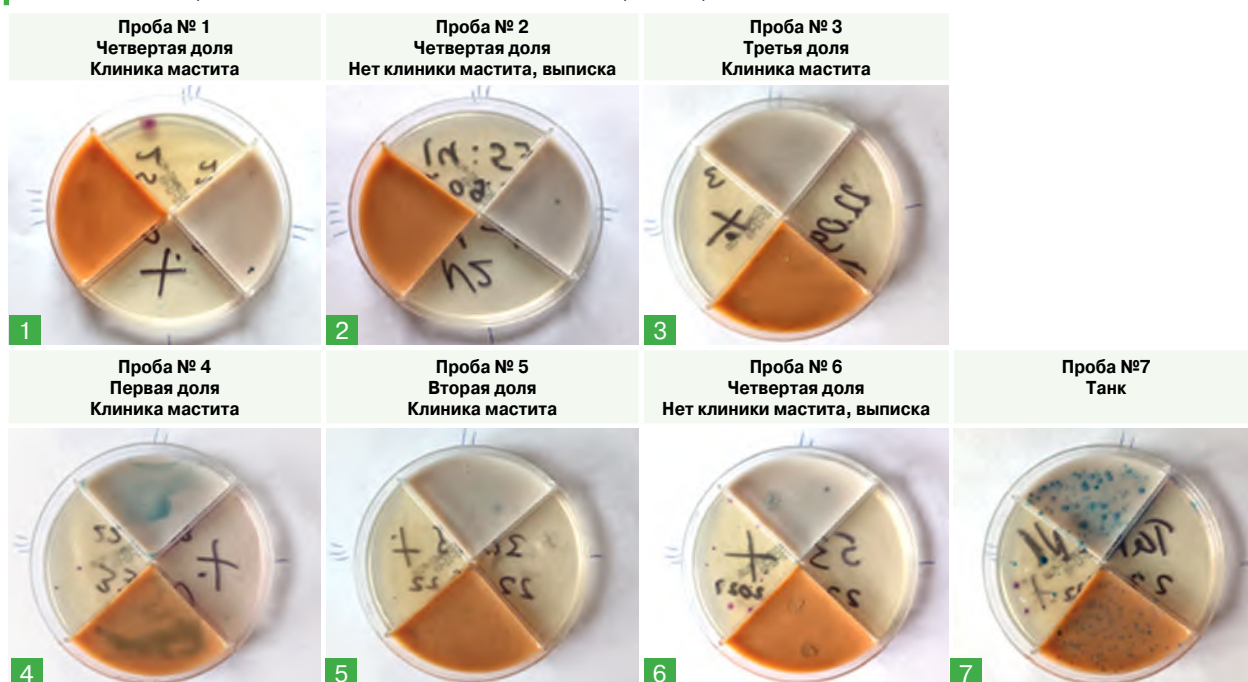


Таблица 2. Бактерии, выделенные из проб молока при помощи тест-системы «ACCUMAST Plus»

№	Инд. №	Доля вымени	Бактерия	Количество колоний	Бактерия	Количество колоний	Бактерия	Количество колоний	Бактерия	Количество колоний
1	2538	4	<i>Str. Agalactiae</i>	5	<i>St. Haemoliticus</i>	2	<i>Enterococcus spp.</i>	2	н/р	
2	631	4	<i>Lactococcus</i>	1	<i>St. Haemoliticus</i>	1	н/р		н/р	
3	1803	3	<i>Lactococcus</i>	1	н/р		н/р		<i>Pseudomonas spp.</i>	1
4	3390	1	<i>Lactococcus</i> <i>Str. Agalactiae</i>	7 1	<i>St. Haemoliticus</i>	с/р	<i>Enterococcus spp.</i> <i>Aerococcus viridans</i>	2 с/р	н/р	
5	3015	2	<i>Lactococcus</i>	27	<i>Staphylococcus SCN</i>	8	<i>Enterococcus</i>	1	<i>Pseudomonas spp.</i>	2
6	531	4	<i>Str. Agalactiae</i>	1	<i>St. Haemoliticus</i>	1	<i>Enterococcus</i>	10	<i>Pseudomonas spp.</i>	2
7	Танк № 1		<i>Str. Agalactiae</i> <i>Lactococcus</i>	5 4	<i>St. Haemoliticus</i> <i>Staphylococcus SCN</i> <i>St. Aureus</i>	35 47 8	<i>Str. uberis</i> <i>Enterococcus</i> <i>Str. disgalactiae</i> <i>Aerococcus viridans</i> <i>Str. agalactiae</i>	1 8 3 13 1	<i>Klebsiella spp.</i> <i>Pseudomonas spp.</i> <i>E.colli</i>	с/р

Примечания: \* — с/р — сплошной рост; \*\* — н/р — нет роста.

«ACCUMAST Plus» — это новая система диагностики всех типов мастита с возможностью дифференцировать *Streptococcus agalactiae*. Четырехсекторные планшеты (чашки Петри) «ACCUMAST Plus» содержат запатентованные селективные и хромогенные среды, которые позволяют в течение 8–24 ч идентифицировать наиболее распространенные возбудители мастита у коров (таблица 1).

Точность выявления вида бактерий из проб молока составляет 96%. Дифференциация возбудителя происходит согласно прилагаемому цветному шаблону. Сопоставляя цвета на шаблоне и цветовую индикацию в чашки Петри «ACCUMAST Plus», можно определить вид возбудителя.

Тестирование системы «ACCUMAST Plus» проводили в сентябре 2022 года в условиях крупного животноводческого предприятия в Калининградской области. В рамках опыта у коров были отобраны семь проб молока: четыре — с клинической формой мастита (1, 3, 4, 5), две пробы от выздоровевших животных (6, 2) и одна проба танкового молока (7).

Бактериологический посев проб молока проводили при помощи стерильных одноразовых тампонов на чашки Петри системы «ACCUMAST Plus», с учетом соблюдения асептики. Посевы инкубировали в условиях

предприятия при помощи инкубатора «Cultura M», при температуре 37 °C в течение 18 ч. После инкубации сопоставляли цветовую гамму на чашках Петри с патогеном и цветовую гамму на шаблоне (чек-лист).

Проведенный производственный опыт по тестированию системы «ACCUMAST Plus» (таблица 2) свидетельствует о том, что через хромогенную культуральную среду можно диагностировать мастит всего за 18 ч в условиях предприятия. Не требуется транспортировка в бактериологическую лабораторию проб молока и более длительного времени получения результата. Система «ACCUMAST Plus» дает возможность быстрой диагностики как клинического, так и субклинического мастита и принятия решения для рациональной антибиотикотерапии. Таким образом, используя с определенной регулярностью систему «ACCUMAST Plus», предприятие следит за здоровьем вымени коров, качеством получаемого молока, экономит время и финансы.

Мартышкин В.В.,  
ветеринарный врач-консультант  
Департамента животноводства ГК ВИК



ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ И ЖИВОТНЫХ —  
НАША ПРОФЕССИЯ

П.В. Бурков<sup>1</sup>,  
П.Н. Щербakov<sup>1</sup>,  
М.А. Дерхо<sup>1</sup>,  
М.Б. Ребезов<sup>2,3</sup> ✉

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Российская Федерация

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

✉ rebezov@ya.ru

Поступила в редакцию:  
28.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Pavel V. Burkov<sup>1</sup>,  
Pavel N. Scherbakov<sup>1</sup>,  
Marina A. Derkho<sup>1</sup>,  
Maksim B. Rebezov<sup>2,3</sup> ✉

<sup>1</sup> South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Ural State Agricultural University, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>3</sup> V. M. Gorbato Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉ rebezov@ya.ru

Received by the editorial office:  
28.08.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Особенности формирования поствакцинального иммунитета против цирковирусной инфекции свиней и его коррекции

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Профилактика цирковирусных заболеваний в свиноводстве является одной из актуальных проблем в отрасли. В статье приведены данные по результатам использования двух схем введения вакцин против цирковирусной инфекции пороссятам по иммунологическим, биохимическим и зоотехническим показателям.

**Методы.** Работы выполнены на пороссятах, которых в 21-суточном возрасте привили вакциной Ингельвак ЦиркоФЛЕКС (Германия) против цирковируса, но в опытной группе ее вводили совместно с «лейкоцитарным лизатом», полученным от гипериммунизированных данной вакциной доноров. Оценку результативности формирования поствакцинального иммунитета проводили по результатам иммунологических, биохимических, зоотехнических и статистических исследований.

**Результаты.** Установлено, что при сочетании вакцинации с введением «лейкоцитарного лизата» от гипериммунизированных доноров количество пороссят с положительной пробой на присутствие вируснейтрализующих антител составило 79,30–82,33%, в контроле — 67,80–71,60%. В крови пороссят опытной группы концентрация общего белка и альбуминов, начиная с 60-суточного возраста, превышает уровень контроля на 7,73–8,68 и 17,84–30,27% соответственно, как результат изменений в лейкоцитарном пуле крови в границах нормы. В опытной группе по сравнению с контрольной увеличивается сохранность животных на 9,02%, живая масса пороссят в конце периода доращивания — на 12,88 кг, или 31,85%, из расчета на одну голову и величина среднесуточных приростов живой массы — на 90 г, или 26,01%.

**Ключевые слова:** свиньи, вакцинация, схема вакцинации, поствакцинальный иммунитет, цирковирус

**Для цитирования:** Бурков П.В., Щербakov П.Н., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Особенности формирования поствакцинального иммунитета против цирковирусной инфекции свиней и его коррекции. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 32-37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>

© Бурков П.В., Щербakov П.Н., Дерхо М.А., Ребезов М.Б.

# Aspects of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus infection and its correction

## ABSTRACT

**Relevance.** Prevention of circovirus diseases in swine management is one of the urgent problems in the industry. The article provides data on the results of the use of two regimens for administering vaccines against circovirus infection to piglets according to immunological, biochemical and zootechnical indicators.

**Methods.** The work was carried out on piglets, which were vaccinated with "Ingelvak CircoFLEX" vaccine (Germany) against circovirus at the age of 21 days, in the experimental group it was administered together with "leukocytic lysate" obtained from donors hyperimmunized with this vaccine. Evaluation of the effectiveness of post-vaccination immunity formation was carried out based on the results of immunological, biochemical, zootechnical and statistical studies.

**Results.** It was established that when the vaccination was combined with the introduction of «leukocytic lysate» from hyperimmunized donors, the number of piglets with a positive test for the presence of viral neutralizing antibodies was 79.30–82.33%, in the control — 67.80–71.60%, as a result of changes in the leukocytic blood pool within the normal limits. In piglets of experimental group blood concentration of total protein and albumins starting from 60-day age exceeds control level by 7.73–8.68 and 17.84–30.27% respectively. In the experimental group, compared with the control group, the co-storage of animals is increased by 9.02%, the live weight of piglets at the end of the nursery period is increased by 12.88 kg, or 31.85%, based on one head and the value of medium increases in live weight — by 90 g, or 26.01%.

**Key words:** pigs, vaccination, vaccination schedules, post-vaccination immunity, circovirus

**For citation:** Burkov P.V., Shcherbakov P.N., Derkho M.A., Rebezov M.B. Aspects of post-vaccination immunity formation against porcine circovirus infection and its correction. Agrarian science. 2022; 363 (10): 32-37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37> (In Russian).

© Burkov P.V., Shcherbakov P.N., Derkho M.A., Rebezov M.B.



## Введение / Introduction

Рентабельность свиноводства напрямую связана с уровнем организации профилактических мероприятий на промышленных комплексах [1–5]. Цирковирусные болезни свиней (ЦВБС) — одно из экономически значимых заболеваний свиней [6, 7]. Цирковирусная инфекция свиней, вызываемая цирковирусом 2-го типа (ЦВС-2), является одним из самых распространенных заболеваний в современных свиноводческих комплексах. Она подавляет иммунную систему хозяина, учащает инфицирование и усиливает репликацию других патогенов; наиболее часто происходит дополнительное заражение вирусом репродуктивного и респираторного синдрома свиней, парвовирусом свиней, вирусом свиного гриппа, *Mycoplasma hyopneumoniae* и видами *Salmonella* [8–10]. Поэтому данную группу заболеваний принято называть «болезни, ассоциированные с цирковирусом свиней» [11].

В качестве основной меры профилактики вирусных инфекций, значительно минимизирующей потери, используют вакцинацию [12–14]. Использование вакцин позволяет снизить заболеваемость и повысить эффективность свиноводческого производства. По данным [12], вакцины против ЦВС-2 являются самым продаваемым профилактическим средством в свиноводстве. Они эффективны в индукции гуморального и клеточного иммунитета. Однако, несмотря на это инфекция ЦВС-2 все еще широко распространена среди вакцинированного поголовья. В исследованиях [15] отмечено, что при эпидемиологическом исследовании образцов сыворотки крови и тканей в вакцинированной стаде выявляется у каждой четвертой свиньи в условиях соблюдения режимов вакцинации. Это свидетельствует о том, что современные вакцины не обеспечивают полную иммунологическую защиту свиней от циркулирующего генотипа вируса [12]. Данная проблема актуализирует поиск путей, повышающих эффективность формирования поствакцинального иммунитета. В настоящее время предложено вакцинацию сочетать с введением таких иммуномодуляторов, как «Бетулин-ПГ» [16], антителосодержащие сыворотки [17], лигфол [18], селена [19] и т. д.

В связи с этим целью нашей работы явилась оценка эффективности способа повышения поствакцинального иммунитета, формируемого у поросят против цирковирусной инфекции, за счет использования «лейкоцитарного лизата», полученного от гипериммунизированных доноров.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Исследовательская часть работы согласована с ветслужбой ООО «Агрофирма Ариант» (Челябинская обл.). Дизайн работы предусматривал формирование двух групп из подсосных поросят: I группа — контрольная ( $n = 3618$ ), II группа — опытная ( $n = 3545$ ). Поголовье опытной и контрольной групп было привито вакциной «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия) против цирковируса в соответствии с рекомендациями производителя на 21-й день жизни. Животным опытной группы вакцинацию сочетали с введением «лейкоцитарного лизата» в дозе 0,20 мл на 1 кг живой массы. Лизат имел активность  $100 \pm 10$  ЭЕА/мл и был получен от доноров, гипериммунизированных используемой вакциной.

Поросят опытной и контрольной групп отнимали от матерей в 23–24-суточном возрасте, переводили в цех дорастивания, распределяя по групповым

клеткам по 20–25 голов. Технология кормления и содержания животных соответствовала рекомендациям Genesis.

Для лабораторных исследований у 5% животных, отобранных случайным образом, в 35-, 60- и 90-суточном возрасте (на 15-е, 40-е и 70-е сутки после вакцинации) отбирали образцы крови из краниальной полостной вены. Цельную кровь использовали для определения количества лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов на гематологическом анализаторе «Mindray BC 2800 Vet» (Китай) с видоспецифичными настройками для свиней; сыворотку крови — для определения: 1) специфических антител к цирковирусу при помощи наборов «ЦИРКО-Серотест» (ООО «Ветбиохим», Россия) иммуноферментным методом в соответствии с инструкцией по применению набора (для анализа использовали образцы сыворотки крови от 60- и 90-суточных поросят). Положительной проба считалась в том случае, если коэффициент связывания конъюгата с антителами сыворотки крови был более 20%; 2) биохимических показателей (общий белок (г/л), альбумины (г/л) — колориметрическим методом и глобулины (G, г/л) — расчетным методом).

Дополнительно определяли сохранность поголовья, среднюю живую массу (кг) поросят в конце периода дорастивания и уровень среднесуточных приростов живой массы (г) за период дорастивания.

Статистический анализ предусматривал расчет среднего значения признака (X) и его стандартной ошибки (Sx), был выполнен при помощи пакета программы «VERSA». Значимость различий была установлена на уровне  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

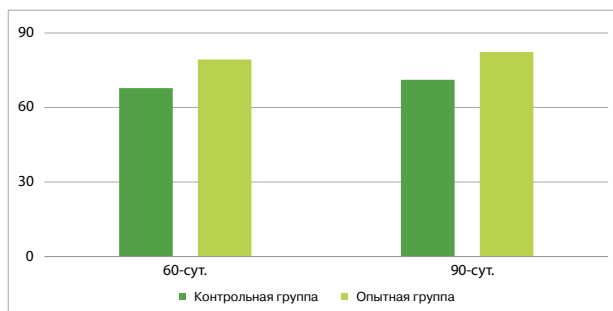
В условиях промышленного выращивания поросят период дорастивания является одним из наиболее критических, так как сопровождается наибольшим отходом животных. Поэтому при оценке эффективности вакцинации он и был выбран нами для учета.

Для выявления вируснейтрализующих антител в поствакцинальный период нами был использован метод ИФА, так как он корректно позволяет выявлять положительно и отрицательно реагирующих животных [20, 21]. При сравнительной оценке поголовья опытной и контрольной групп по содержанию специфических антител в сыворотке крови 60- и 90-суточных поросят (на 40-е и 70-е сутки после вакцинации) было выявлено, что количество положительных проб статистически значимо не зависело от срока исследований, а колебалось в рамках математической погрешности. Поствакцинальные антитела в контроле и опыте на 40-е и 70-е сутки после вакцинации выявлялись у 67,80–71,60 и 79,30–82,33% поросят в 5%-ной выборке каждой группы (рис. 1). Это дает основание утверждать, что к 40-м суткам после вакцинации гуморальный иммунитет практически полностью развивается в организме животных.

Результаты наших исследований по оценке эффективности формирования напряженности иммунитета после вакцинации согласуются с данными [13]. Автор отмечал, что количество положительных проб у вакцинированных поросят варьирует от 73,30 до 86,70%. По данным [22], вакцинация позволяет приобрести иммунитет к цирковирусу 71,80–91,30% поросят.

**Рис. 1.** Динамика выработки поствакцинальных антител у поросят (в% от количества голов в выборке)

**Fig. 1.** Dynamics of post-vaccinal antibody production in piglets (in% of the number of heads in the sample)



Об уровне неспецифической резистентности в организме поросят судили по изменчивости общего количества лейкоцитов и основных иммунных клеток в их пуле (лимфоцитов, моноцитов) (табл. 1). Динамика данных параметров в поствакцинальный период в опытной и контрольной группах была практически однотипной, но их вариабельность у опытных поросят находилась в рамках нормы, а у контрольных — или в пределах ее верхних значений, или за ее границами. В то-же время различия между группами, начиная с 60-суточного возраста были статистически значимыми. Так, общее количество лейкоцитов, отражающее иммунный потенциал организма, планомерно увеличивалось в поствакцинальный период, достигая максимума у 60-суточных поросят, то есть на 40-е сутки после вакцинации. При этом происходил прирост уровня лимфоцитов и моноцитов (в контроле — в 1,28 и 1,53 раза, в опыте — в 1,89 и 1,12 раза) по сравнению с 35-суточным возрастом. В крови 90-суточного молодняка (на 70-е сутки после вакцинации) наблюдались наибольшие различия между животными опытной и контрольной групп.

Так, в контроле общее количество лейкоцитов сохранялось на уровне 60-суточного возраста, количество лимфоцитов уменьшалось, а моноцитов, наоборот, возрастало. В опыте уровень лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов возвращался к значениям 35-суточного возраста.

Согласно данным [24], изменчивость лейкоцитарных клеток сопряжена с уровнем реактивности организма и отражает их участие в выработке нейтрализующих антител. Следовательно, лейкоциты и, соответственно, органы лейкопоза в организме животных опытной группы, по сравнению с контрольной, обладали более значимым потенциалом, позволяющим регулировать количество клеток в кровотоке в границах нормы, обеспечивая возможность более «качественного» протекания иммунных реакций. Это и послужило основанием для выработки вируснейтрализующих антител у большего количества поросят.

Известно, что приоритетным пластическим материалом в организме животных являются белки [25], которые в поствакцинальный период используются не только для обеспечения процессов роста и развития поросят, но и выработки поствакцинальных антител [26].

Поэтому мы охарактеризовали изменчивость белкового состава крови в период дорастивания и, соответственно, в поствакцинальный период (табл. 2).

Анализ данных показал, что белковый спектр крови поросят с возрастом изменялся, имел положительную динамику, отражая метаболизм протеинов в условиях роста и развития животных. При этом увеличивался уровень общего белка и альбуминов у поросят контрольной группы на 12,40 и 15,13%, опытной — на 20,67 и 40,94% соответственно. По уровню данных параметров начиная с 60-суточного возраста особи опытной группы достоверно превосходили своих аналогов из контроля. При этом количество глобулинов в крови хоть и увеличивалось с возрастом на 9,50–11,01%, но практически не имело различий у опытных и контрольных поросят.

Следовательно, изменчивость величины белкового коэффициента была результатом изменения количества в составе общего белка не столько глобулиновых фракций, сколько альбуминов, являющихся как основным белком крови, так и приоритетным транспортным и пластическим протеином [18].

Соответственно, это отразилось на величине зоотехнических параметров, которые отражают не только совокупность технологических параметров, но и уровень здоровья и жизнеспособности животных (табл. 3). Величина зоотехнических параметров, определяющих экономические показатели производства свинины и эффективности используемых схем вакцинации, показала, что в опытной группе, по сравнению с контрольной, сохранность животных повысилась на 9,02%.

**Таблица 1.** Показатели крови поросят в поствакцинальный период,  $\bar{X} \pm Sx$

**Table 1.** Blood counts of piglets in the post-vaccination period,  $\bar{X} \pm Sx$

Возраст поросят	Группа	Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	Моноциты, $10^9/\text{л}$
35 сут.	Контрольная	21,31±0,98	13,81±0,94	0,45±0,11
	Опытная	19,00±1,46	7,70±0,30*	0,42±0,08
60 сут.	Контрольная	23,39±0,32	17,71±0,55	0,69±0,06
	Опытная	21,09±0,39*	14,54±0,71*	0,55±0,02*
90 сут.	Контрольная	23,38±0,46	14,34±0,60*	1,51±0,11*
	Опытная	18,91±0,93*	7,84±0,25*	0,45±0,06
Границы нормы		11,00–22,00	3,80–16,50	0,00–1,00

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе, норма по [16]

**Таблица 2.** Белковый спектр крови поросят в поствакцинальный период,  $\bar{X} \pm Sx$

**Table 2.** Protein spectrum of piglet blood in post-vaccination period,  $\bar{X} \pm Sx$

Возраст поросят	Группа	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Белковый коэф., усл. ед.
35 сут.	Контрольная	64,50±1,99	21,80±1,80	42,70±0,93	0,51±0,03
	Опытная	65,30±1,50	23,20±1,30	42,10±0,74	0,55±0,06
60 сут.	Контрольная	67,20±1,20	24,10±0,59	43,10±0,56	0,56±0,05
	Опытная	72,40±0,70*	28,40±0,48*	44,00±1,10	0,65±0,05*
90 сут.	Контрольная	72,50±1,20	25,10±0,50	47,40±0,63	0,53±0,02
	Опытная	78,80±0,90*	32,70±1,00*	46,10±1,00	0,71±0,05*

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе

Таблица 3. Сравнительная оценка эффективности схем вакцинации по величине зоотехнических показателей

Table 3. Comparative evaluation of the effectiveness of vaccination schemes by the value of zootechnical indicators

Наименование показателя	Контрольная группа	Опытная группа
Количество поросят, гол.	3618	3545
Сохранность поголовья в период дорастивания, %	68,05	77,07
Средняя живая масса 1 головы при передаче на откорм, кг	40,44±0,78	53,32±0,94*
Среднесуточный прирост живой массы за период дорастивания, г	346,00±9,18	436,00±6,78*

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе

При этом были существенны и различия по уровню живой массы поросят в конце периода дорастивания (на 12,88 кг, или 31,85%, из расчета на одну голову) и величине среднесуточных приростов живой массы (на 90 г, или 26,01%).

### Выводы / Conclusion

Сравнительный анализ схем вакцинации показывает, что сочетание введения вакцины «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия) с «лейкоцитарным лизатом», полученным из крови доноров, гипериммунизированных данной вакциной, позволяет увеличить количество особей в стаде, имеющих положительную пробу в ИФА на присутствие вируснейтрализующих антител, до 79,30–82,33% по сравнению с 67,80–71,60% в контроле.

При этом изменения в лейкоцитарном пуле крови, включая лимфоциты и моноциты, происходят в отличие от контроля, в границах нормы, отражая потенциал органов лейкопоэза.

Поросята также превосходят своих контрольных аналогов по концентрации общего белка и альбуминов начиная с 60-суточного возраста, на 7,73–8,68 и 17,84–30,27% соответственно, эти показатели определяют степень обеспеченности белоксинтезирующих процессов белковыми субстратами, а также величину зоотехнических параметров.

В опытной группе, по сравнению с контрольной, увеличивается сохранность животных на 9,02%, живая масса поросят в конце периода дорастивания — на 12,88 кг, или 31,85%, из расчета на одну голову и величина среднесуточных приростов живой массы — на 90 г, или 26,01%.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что сочетание вакцинации с введением «лейкоцитарного лизата» повышает эффективность формирования поствакцинального иммунитета против цирковирусной инфекции свиней.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение № 22-16-20007 от 25.03.2022 г.).

### FUNDING:

The materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 «Conducting foundation scientific research and search for scientific research by individual scientific groups» (Agreement No. 22-16-20007 of 25.03.2022).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров В.Х., Федюк В.В., Кругликов А.Н. Влияние фитогенных препаратов на сохранность, рост, откормочные, мясные качества и показатели резистентности свиней. *Аграрная наука*. 2021; (10):17-23. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-17-23>
2. Терехов П.Ю., Капустин А.В., Лаишевцев А.И., Верховский О.А., Алипер Т.А. Специфическая профилактика стрептококкозов в промышленных свиноводческих комплексах с использованием вакцины «ВЕРРЕС-СТРЕПТО». *Аграрная наука*. 2021; (4S):56-59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-56-59>
3. Ребезов М.Б., Топурия Г.М. Ферментативный спектр сыворотки крови поросят. *Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК. Всероссийская научно-практическая конференция*. Курган, 2020; 298-301. eLIBRARY ID: 42874001. EDN: IRNQGK
4. Ребезов М.Б., Топурия Г.М., Сингариева Н.Ш. Иммунобиохимические показатели крови свиноматок. *Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России: Всероссийская научно-практическая конференция*. Курск, 2020; 330-334. eLIBRARY ID: 43121075. EDN: WYQHXS
5. Мурашов А.Г. и др. Эффективность использования пробиотика БИФИДУМ БАГ в рационе свиноматок на Южном Урале. *Аграрный вестник Приморья*. 2021; 3(23):54-58. eLIBRARY ID: 47370200. EDN: HCUTGN

### REFERENCES

1. Fedorov V.K., Fedyuk V.V., Kruglikov A.N. The influence of phytogetic preparations on the safety, growth, fattening, meat quality and resistance indicators of pigs. *Agrarian science*. 2021; (10):17-23. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-17-23> (In Russian)
2. Terekhov P.Yu., Kapustin A.V., Laishevcev A.I., Verkhovsky O.A., Aliper T.I. Specific prevention of streptococcosis with the use of vaccine "VERRES-STREPTO" in industrial pig-breeding enterprises. *Agrarian science*. 2021; (4S):56-59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-56-59> (In Russian)
3. Rebezov M.B., Topuria G.M. Enzymatic spectrum of piglet blood serum. *Engineering support in the implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex. All-Russian Scientific and Practical Conference*. Kurgan, 2020; 298-301. eLibrary ID: 42874001. EDN: IRNQGK. (In Russian)
4. Rebezov M.B., Topuria G.M., Singarieva N.S. Immunobiochemical blood parameters of sows. *Innovations in scientific and technical support of the agro-industrial complex of Russia: All-Russian Scientific and Practical Conference*. Kursk, 2020; 330-334. eLibrary ID: 43121075. EDN: WYQHXS. (In Russian)
5. Murashov A.G. et al. The effectiveness of the use of the probiotic BIFIDUM BAG in the diet of sows in the Southern Urals. *Agrarian Bulletin of Primorye*. 2021; 3(23):54-58. eLIBRARY ID: 47370200. EDN: HCUTGN. (In Russian)



6. Раев С.А., Южаков А.Г., Алексеев К.П., Аноятбеков М., Верховский О.А., Алипер Т.И. Мониторинг цирковирусных болезней свиней в условиях промышленных свинопредприятий. *Аграрная наука*. 2019; (11–12):30–32. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-333-10-30-32
7. Раев С. А., Южаков А. Г., Стаффорд В. В., Забережный А. Д., Алипер Т. И. Анализ распространенности цирковируса свиней третьего типа в промышленном свиноводческом хозяйстве. *Аграрная наука*. 2020; 342 (10):28–30. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-28-3>
8. Ouyang T., Zhang X., Liu X., Ren L. Co-Infection of Swine with Porcine Circovirus Type 2 and Other Swine Viruses. *Viruses*. 2019; 11(2):185. doi: 10.3390/v11020185.
9. Ma Z., Liu M., Liu Z., Meng F., Wang H., Cao L., Li Y., Jiao Q., Han Z., Liu S. Epidemiological investigation of porcine circovirus type 2 and its coinfection rate in Shandong province in China from 2015 to 2018. *BMC Vet Res*. 2021; 17(1):17. doi: 10.1186/s12917-020-02718-4.
10. Opriessnig T., Halbur P.G. Concurrent infections are important for expression of porcine circovirus associated disease. *Virus Res*. 2012; 164(1-2):20-32. doi: 10.1016/j.virusres.2011.09.014.
11. Niederwerder M.C., Bawa B., Serão N.V., Tribble B.R., Kerrigan M.A., Lunney J.K., Dekkers J.C., Rowland R.R. Vaccination with a Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) Modified Live Virus Vaccine Followed by Challenge with PRRS Virus and Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Protects against PRRS but Enhances PCV2 Replication and Pathogenesis Compared to Results for Nonvaccinated Cohort Controls. *Clin Vaccine Immunol*. 2015; 22(12):1244-1254. doi: 10.1128/CVI.00434-15.
12. Karuppannan A.K., Opriessnig T. Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Vaccines in the Context of Current Molecular Epidemiology. *Viruses*. 2017; 9(5):99. doi: 10.3390/v9050099.
13. Крысенко Ю.Г., Трошин Е.И. Сравнительная эффективность вакцинации при цирковирусной инфекции свиней. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2012; 209:183-186.
14. Burkov P.V. et al. Vaccine prophylaxis of lumpy skin disease IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 42017. doi: 10.1088/1755-1315/677/4/042017.
15. Xiao C.T., Harmon K.M., Halbur P.G., Opriessnig T. PCV2d-2 is the predominant type of PCV2 DNA in pig samples collected in the U.S. during 2014-2016. *Vet Microbiol*. 2016; 197:72-77. doi: 10.1016/j.vetmic.2016.11.009.
16. Земляничкина И.Р. Применение бетулина-ПГ для повышения напряженности поствакцинального иммунитета против рожи и цирковирусной инфекции свиней. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2013; 214:185-190.
17. Петрова О.Г., Донник И.М., Исаева А. Г., Крысенко Ю. Г. Профилактика цирковирусной инфекции свиней. *Аграрный вестник Урала*. 2014; 5(123): 30-35.
18. Максимова Е.В., Сафронов Д.И. Оценка эффективности иммунизации свиней моновакциной против репродуктивно-респираторного синдрома свиней и в сочетании с адаптогеном и иммуномодулятором. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016; 4(49): 32-38.
19. Кадымов Р.А., Асланов Р.И. Влияние селена на поствакцинальный иммунитет у овец. *Ветеринария*. 1989; 12:38-39.
20. Patterson A.R., Johnson J., Ramamoorthy S., Meng X.J., Halbur P.G., Opriessnig T. Comparison of three enzyme-linked immunosorbent assays to detect Porcine circovirus-2 (PCV-2)-specific antibodies after vaccination or inoculation of pigs with distinct PCV-1 or PCV-2 isolates. *J Vet Diagn Invest*. 2008; 20(6):744-751. doi: 10.1177/104063870802000605.
21. Стаффорд В.В. Цирковирусная инфекция свиней второго типа. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; 5(65):306-309. (In Russian)
22. Shin M.K., Yoon S.H., Kim M.H., Lyoo Y.S., Suh S.W., Yoo H.S. Assessing PCV2 antibodies in field pigs vaccinated with different porcine circovirus 2 vaccines using two commercial ELISA systems. *J Vet Sci*. 2015; 16(1):25-29. doi: 10.4142/jvs.2015.16.1.25.
23. Полозюк, О.Н., Ушакова Т.М. Гематология. *Персиановский: Донской ГАУ*. 2019. 159 с.
24. Li F. et al. Oral Immunization with *Lactobacillus casei* Expressing the Porcine Circovirus Type 2 Cap and LTB Induces Mucosal and Systemic Antibody Responses in Mice. *Viruses*. 2021; 13(7):1302. doi: 10.3390/v13071302.
25. Сайфутдинова Л.Н., Дерхо М.А. Белки крови и их информативность в оценке адаптационных ресурсов кур при технологическом стрессе. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2021; 245(1):169-176.
26. Niu G., Chen S., Li X., Zhang L., Ren L. Advances in Crosstalk between Porcine Circoviruses and Host. *Viruses*. 2022; 14(7):1419. doi: 10.3390/v14071419.
6. Raev S.A., Yuzhakov A.G., Alekseev K.P., Anoyatbekov M., Verhovskij O.A., Aliper T.I. Porcine circovirus associated diseases diagnosis at industrial pig farm conditions. *Agrarian Science*. 2019; (11–12):30–32. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-333-10-30-32 (In Russian)
7. Raev S.A., Yuzhakov A.G., Stafford V.V., Zaberezhny A.D., Aliper T.I. Analysis of spread of porcine circovirus type 3 detected in Russia. *Agrarian Science*. 2020; 342 (10):28–30. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-28-30> (In Russian)
8. Ouyang T., Zhang X., Liu X., Ren L. Co-Infection of Swine with Porcine Circovirus Type 2 and Other Swine Viruses. *Viruses*. 2019; 11(2):185. doi: 10.3390/v11020185.
9. Ma Z., Liu M., Liu Z., Meng F., Wang H., Cao L., Li Y., Jiao Q., Han Z., Liu S. Epidemiological investigation of porcine circovirus type 2 and its coinfection rate in Shandong province in China from 2015 to 2018. *BMC Vet Res*. 2021; 17(1):17. doi: 10.1186/s12917-020-02718-4.
10. Opriessnig T., Halbur P.G. Concurrent infections are important for expression of porcine circovirus associated disease. *Virus Res*. 2012; 164(1-2):20-32. doi: 10.1016/j.virusres.2011.09.014.
11. Niederwerder M.C., Bawa B., Serão N.V., Tribble B.R., Kerrigan M.A., Lunney J.K., Dekkers J.C., Rowland R.R. Vaccination with a Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) Modified Live Virus Vaccine Followed by Challenge with PRRS Virus and Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Protects against PRRS but Enhances PCV2 Replication and Pathogenesis Compared to Results for Nonvaccinated Cohort Controls. *Clin Vaccine Immunol*. 2015; 22(12):1244-1254. doi: 10.1128/CVI.00434-15.
12. Karuppannan A.K., Opriessnig T. Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Vaccines in the Context of Current Molecular Epidemiology. *Viruses*. 2017; 9(5):99. doi: 10.3390/v9050099.
13. Krysenko Yu.G., Troshin E.I. Comparative effectiveness of vaccination in porcine circovirus infection. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2012; 209: 183-186. (In Russian)
14. Burkov P.V. et al. Vaccine prophylaxis of lumpy skin disease IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 42017. doi: 10.1088/1755-1315/677/4/042017.
15. Xiao C.T., Harmon K.M., Halbur P.G., Opriessnig T. PCV2d-2 is the predominant type of PCV2 DNA in pig samples collected in the U.S. during 2014-2016. *Vet Microbiol*. 2016; 197:72-77. doi: 10.1016/j.vetmic.2016.11.009.
16. Zemlyanitsyna I.R. The use of betulin-PG to increase the intensity of post-vaccination immunity against erysipelas and porcine circovirus infection. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2013; 214:185-190. (In Russian)
17. O.G. Petrova, I. M. Donnik, A. G. Isaeva, Yu. G. Krysenko, Prevention of porcine circovirus infection. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014; 5(123): 30-35. (In Russian)
18. Maksimova E.V., Safronov D.I. Evaluation of the effectiveness of immunizing pigs with monovaccine against porcine reproductive and respiratory syndrome and in combination with an adaptogen and an immunomodulator. *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2016; 4(49): 32-38. (In Russian)
19. Kadyrov R.A., Aslanov R.I. Influence of selenium on post-vaccination immunity in sheep. *Veterinary medicine*. 1989; 12:38-39. (In Russian)
20. Patterson A.R., Johnson J., Ramamoorthy S., Meng X.J., Halbur P.G., Opriessnig T. Comparison of three enzyme-linked immunosorbent assays to detect Porcine circovirus-2 (PCV-2)-specific antibodies after vaccination or inoculation of pigs with distinct PCV-1 or PCV-2 isolates. *J Vet Diagn Invest*. 2008; 20(6):744-751. doi: 10.1177/104063870802000605.
21. Stafford V.V. Type two swine circovirus infection. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; 5(65):306-309. (In Russian)
22. Shin M.K., Yoon S.H., Kim M.H., Lyoo Y.S., Suh S.W., Yoo H.S. Assessing PCV2 antibodies in field pigs vaccinated with different porcine circovirus 2 vaccines using two commercial ELISA systems. *J Vet Sci*. 2015; 16(1):25-29. doi: 10.4142/jvs.2015.16.1.25.
23. Polozuk, O.N., Ushakova T.M. Hematology. *Persianovsky: Donskoy GAU*. 2019. 159 p. (In Russian)
24. Li F. et al. Oral Immunization with *Lactobacillus casei* Expressing the Porcine Circovirus Type 2 Cap and LTB Induces Mucosal and Systemic Antibody Responses in Mice. *Viruses*. 2021; 13(7):1302. doi: 10.3390/v13071302.
25. Sayfutdinova L.N., Derho M.A. Blood proteins and their informativeness in assessing the adaptation resources of chickens under technological stress. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2021; 245(1):169-176. (In Russian)
26. Niu G., Chen S., Li X., Zhang L., Ren L. Advances in Crosstalk between Porcine Circoviruses and Host. *Viruses*. 2022; 14(7):1419. doi: 10.3390/v14071419.

## ОБ АВТОРАХ:

**Павел Валерьевич Бурков**

кандидат ветеринарных наук, руководитель научно-исследовательского центра биотехнологии репродукции животных.  
Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. Гагарина 13, Троицк, Челябинской обл., 457100, Российская Федерация  
E-mail: burcovpavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

**Павел Николаевич Щербаков**

доктор ветеринарных наук, профессор кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы.  
Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. Гагарина 13, Троицк, Челябинской обл., 457100, Российская Федерация  
E-mail: scherbakov\_pavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

**Марина Аркадьевна Дерхо**

доктор биологических наук, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин.  
Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. Гагарина 13, Троицк, Челябинской обл., 457100, Российская Федерация  
E-mail: derkho2010@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

**Максим Борисович Ребезов,**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор.  
Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Российская Федерация, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого Российской академии наук, ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Российская Федерация  
E-mail: rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

## ABOUT THE AUTHORS:

**Pavel Valerievich Burkov**

Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Research Center for Animal Reproduction Biotechnology  
South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin st., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russian Federation  
E-mail: burcovpavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

**Pavel Nikolaevich Shcherbakov**

Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Infectious Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise  
South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin st., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russian Federation  
E-mail: scherbakov\_pavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

**Marina Arkadyevna Derkho**

Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Natural Sciences  
South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin st., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russian Federation  
E-mail: derkho2010@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

**Maksim Borisovich Rebezov,**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation  
V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin str., Moscow, 109316, Russian Federation  
E-mail: rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>



**AQUA  
PRO EXPO**

**Международная выставка**

оборудования и технологий добычи,  
разведения и переработки рыбы  
и морепродуктов

**11-13 апреля 2023**

Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

С 11 по 13 апреля 2023 года в Москве, на площадке ЦВК ЭКСПОЦЕНТР состоится Международная выставка оборудования и технологий добычи, разведения и переработки рыбы и морепродуктов **AQUAPRO EXPO**

**Выставка AQUAPRO EXPO** – отраслевая площадка для повышения продаж, импортозамещения и обеспечения поставок оборудования для разведения, промысла и переработки продукции водных биоресурсов рыбохозяйственным и рыбоперерабатывающим предприятиям, прочим предприятиям сбыта, холодильными упаковочным производствам России и зарубежных стран.

Разделы выставки: аквакультура, рыбный промысел, переработка, упаковка, сопутствующие услуги.

**Участие в выставке позволит:**

- **УВЕЛИЧИТЬ ПРОДАЖИ**
- **ОСВОИТЬ НОВЫЕ РЫНКИ СБЫТА**
- **УКРЕПИТЬ СВЯЗИ**
- **НАЙТИ НОВЫХ КЛИЕНТОВ И ПАРТНЕРОВ**
- **ПРОВЕСТИ АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОВ И НОВИНОК ОТРАСЛИ**

В рамках выставки пройдут практические конференции, посвященные вопросам выращивания и сбыта продукции аквакультуры, оптимизации затрат и повышению эффективности работы предприятий рыбной отрасли.

Участники выставки смогут выступить в качестве экспертов в рамках деловых мероприятий и презентовать свою продукцию и услуги специалистам.

Свяжитесь с организатором по номеру

**+7 (495) 320-80-41**

или по электронной почте [info@aquaproexpo.ru](mailto:info@aquaproexpo.ru)

Подробнее о выставке – на сайте [www.aquaproexpo.ru](http://www.aquaproexpo.ru)



**Итоги AQUAPROEXPO 2022** подтвердили актуальность и востребованность мероприятия. **62** компании из Москвы, Петербурга, Новосибирска, Петрозаводска, Краснодарского Края, Армении, Израиля приняли участие в выставке. На выставке были представлены новые технологии и рецептуры рыбной отрасли. Участники демонстрировали оборудование для оснащения рыбных ферм и переработки рыбы, корма, биопрепараты, системы контроля и очистки воды, а также оборудование и снаряжение для вылова рыбы и морепродуктов.

**2519** специалистов из **86** городов России, а также Узбекистана, Армении, Казахстана, Азербайджана посетили выставку за три дня работы.



**+7 (495) 320-80 41**  
[info@aquaproexpo.ru](mailto:info@aquaproexpo.ru)

**Забронируйте стенд**  
**[aquaproexpo.ru](http://aquaproexpo.ru)**

Шишкина М.С.,  
Лобова Т.П.,  
Михайлова В.В., ✉  
Скворцова А.Н.

Центральная научно-методическая  
ветеринарная лаборатория, Российская  
Федерация

✉ m.belyaeva@rambler.ru

Поступила в редакцию:  
28.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

# Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации за 2021 год

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** По данным ВОЗ, бешенство распространено на всех континентах кроме Антарктиды. Ежегодно от него умирает более 55 тысяч человек в мире. По данным информационного портала «Ветеринария и жизнь», в России ежегодно фиксируется до 10 случаев заболевания бешенством людей. За 2020 год, по данным статистических отчетов, зафиксировано 7 летальных случаев (два из них — у детей до 17 лет), в 2021 году — 6. В 2021 году за помощью в медицинские учреждения после укусов и нападения животных обратилось более 333 тыс. человек. В большинстве случаев (68,5%) — это было нападение собак.

**Методы.** На основании данных, полученных из официальных отчетов по форме 4-вет (годовая) за 2021 год, предоставляемых государственными ветеринарными лабораториями в ФГБУ ЦНМВЛ, проведен анализ эпизоотической ситуации и распространенности бешенства на территории РФ.

**Результаты.** На территории большинства субъектов РФ сохраняется неблагоприятная обстановка по бешенству. Заболевание регистрируется во всех федеральных округах. Ежегодно фиксируются летальные случаи среди людей. Сохраняется высокий уровень заболеваемости среди животных. В результате ежегодного эпизоотического мониторинга за 2021 год получено 1189 положительных результатов. Из них 47% случаев приходится на домашних питомцев (собаки, кошки), 44% — на диких животных, 9% — на сельскохозяйственных животных. Неблагополучные пункты зафиксированы в 63 субъектах РФ. Наиболее напряженная эпизоотическая ситуация сложилась в ПФО и ЦФО (385 и 257 положительных случаев соответственно).

**Ключевые слова:** бешенство, эпизоотический мониторинг, лабораторная диагностика.

**Для цитирования:** Шишкина М.С., Лобова Т.П., Михайлова В.В., Скворцова А.Н. Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации в 2021 году. *Аграрная наука.* 2022; 363 (10): 38-43. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-38-43>

© Шишкина М.С., Лобова Т.П., Михайлова В.В., Скворцова А.Н.

# Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2021

## ABSTRACT

**Relevance.** According to WHO, rabies is common on all continents except Antarctica. More than 55 thousand people die from it every year in the world. According to the Veterinary and Life information portal, up to 10 cases of human rabies are recorded in Russia every year. In 2020, according to statistical reports, 7 deaths were recorded (two of them in children under 17 years old), in 2021 — 6. In 2021, more than 333 thousand people applied for help to medical institutions after being bitten and attacked by animals. In most cases (68.5%) — it was dog attacks.

**Methods.** Based on the data obtained from official reports in the 4-vet (annual) form for 2021, provided by state veterinary laboratories, the Federal State Budgetary Institution TsNMVL analyzed the epizootic situation and the prevalence of rabies in the Russian Federation.

**Results.** On the territory of most subjects of the Russian Federation, an unfavorable situation for rabies persists. The disease is registered in all federal districts. The number of people turning to medical institutions for anti-rabies help is increasing. Human deaths are recorded every year. There is a high level of morbidity among animals. As a result of annual epizootic monitoring for 2021, 1189 positive results were obtained. Of these, 47% of cases occur in pets (dogs, cats), 44% — in wild animals, 9% — in farm animals. Unfavorable locations were recorded in 63 subjects of the Russian Federation. The tensest epizootic situation has developed in the Volga Federal District and the Central Federal District (385 and 257 positive cases, respectively).

**Key words:** rabies, epizootic monitoring, laboratory diagnostics.

**For citation:** Shishkina M.S., Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N. Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2021. *Agrarian science.* 2022; 363 (10): 38-43. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-38-43> (In Russian).

© Shishkina M.S., Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N.

Mariya S. Shishkina,  
Tatyana P. Lobova,  
Vera V. Mikhailova, ✉  
Anastasia N. Skvortsova

Central Scientific and Methodological  
Veterinary Laboratory, Moscow, Russian  
Federation

✉ m.belyaeva@rambler.ru

Received by the editorial office:  
28.08.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022



## Введение / Introduction

Бешенство — вирусное зооантропонозное природно-очаговое заболевание с контактным механизмом передачи возбудителя. Заболевание протекает по типу энцефаломиелита, сопровождается дегенерацией нейронов головного и спинного мозга и всегда заканчивается летально в результате паралича дыхательной и глотательной мускулатуры. Возбудитель бешенства относится к порядку *Mononegavirales*, семейству *Rhabdoviridae*. Патогенными для человека являются представители рода *Lyssavirus* (*Rabies lyssavirus*, или *Rabies virus*, — вирус бешенства) и рода *Vesiculovirus* (возбудитель везикулярного стоматита). Различают дикий или уличный (циркулирует среди животных и патогенен для человека) и фиксированный (получен путем многократного пассирования уличного штамма, не патогенен для человека и используется для изготовления антирабических вакцин) штаммы вируса бешенства. Заражение бешенством людей и животных обычно происходит при укусе, реже — при ослюнении поврежденных участков кожи или слизистых оболочек больными бешенством животными [1]. Зафиксированы случаи заражения людей бешенством при трансплантации органов [2, 3]. Инкубационный период обычно составляет от нескольких недель до нескольких месяцев и зависит от места проникновения, заражающей дозы и вирулентности вируса. Зафиксирован случай с инкубационным периодом длительностью более года [3]. Специфических клинических и патологоанатомических признаков нет. Болезнь протекает, как правило, в двух формах — буйной и тихой. Наиболее характерными являются: проявление агрессии, слюнотечение, светобоязнь, затрудненное глотание, паралич мускулатуры [4]. Все чаще стали встречаться атипичные проявления бешенства, такие как истощение, атрофия мускулатуры, симптомы геморрагического гастроэнтерита [5]. Специфического лечения от бешенства не разработано, поэтому после проявления первых клинических признаков со 100%-ной вероятностью наступает летальный исход. Единственным способом предотвращения распространения и развития рабической инфекции является иммунопрофилактика: пред- и постэкспозиционная профилактика людей, вакцинация домашних и сельскохозяйственных животных, а также оральная вакцинация диких плотоядных [6].

Диагностика бешенства основывается на анализе эпизоотических данных, клинической картины, но единственным способом постановки точного диагноза являются лабораторные исследования [7]. В ветеринарных лабораториях Российской Федерации (РФ) для проведения лабораторных исследований используются нормативные документы: ГОСТ 26075-2013 «Животные. Методы лабораторной диагностики бешенства», «Методические указания по лабораторной диагностике бешенства (утверждены 27 февраля 1970 г., б/н)». Наиболее широко используемым методом для диагностики бешенства является реакция флуоресцирующих антител (РИФ) благодаря относительно недорогой стоимости исследования, высокой чувствительности и специфичности. Однако для исследования подходит только патологический материал (головной мозг), отобранный в первые часы гибели животного, метод рекомендован как Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), так и Всемирной организацией здоровья животных (МЭБ) [8]. Так же применяются методы иммуноферментного анализа (ИФА), микроскопический метод с целью обнаружения теллец Бабеша—Негри, реакция диффузной преципитации (РДП), метод выделения вируса бешенства в культуре

клеток мышинной нейробластомы CCL-131 (или невриномы Гассерова узла крысы — НГУК-1), биопроба на белых мышках. Для диагностики бешенства в лабораторной практике все чаще применяют молекулярные методы диагностики, такие как полимеразная цепная реакция (ОТ-ПЦР) и секвенирование. Диагноз на бешенство считается установленным, если получен положительный результат любым из перечисленных методов, входящих в ГОСТ 26075-2013, или обнаружены тельца Бабеша—Негри [9]. В случае отрицательного или сомнительного результата проводится постановка биологической пробы на белых мышках либо выделение возбудителя в культуре клеток мышинной нейробластомы CCL-131 или невриномы Гассерова узла крысы — НГУК-1 [10, 11].

## Материал и методы исследования / Materials and method

При анализе эпизоотической ситуации использовались данные, полученные из официальных отчетов государственных ветеринарных лабораторий РФ, представленные по форме 4-вет (годовая) за 2021 год в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория» (ФГБУ ЦНМВЛ). Анализ эпизоотической ситуации проводили согласно современному административно-территориальному делению РФ. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения «Microsoft Excel».

## Результаты / Results

Согласно сведениям, полученным из официальной годовой ветеринарной отчетности по форме 4-вет, в 2021 году в государственные лаборатории РФ поступило более 10 000 патологических материалов для исследования на бешенство (таблица 1).

Сравнительное распределение проб по федеральным округам показано на диаграмме 1.

Как видно из диаграммы, наибольшее количество проб для диагностики бешенства поступило в ЦФО, ПФО, ДВФО, ЮФО. Это связано с ареалом обитания и численностью основного резервуара бешенства в РФ — рыжей лисицы. На втором месте по эпизоотической значимости идут енотовидные собаки [12].

На территории РФ выделяют очаги бешенства трех типов: природный (вирус поддерживается главным образом в популяции рыжей лисицы); полярный или арктический (вирус поддерживается в популяции песцов); антропогенный (вирус циркулирует в популяции домашних животных, главным образом у собак и кошек) [13].

Таблица 1. Количество поступившего патологического материала в разрезе федеральных округов.

Table 1. Amount of received pathological material in the context of federal districts.

Субъект РФ	Кол-во поступившего материала
Центральный федеральный округ (ЦФО)	3 691
Северо-Западный федеральный округ (СЗФО)	512
Южный федеральный округ (ЮФО)	1 649
Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО)	163
Приволжский федеральный округ (ПФО)	2 133
Уральский федеральный округ (УФО)	623
Сибирский федеральный округ (СФО)	766
Дальне-Восточный федеральный округ (ДВФО)	1 183

Диаграмма 1. Процентное соотношение исследованного материала по федеральным округам.

Diagram 1. Percentage ratio of the examined material by federal districts.

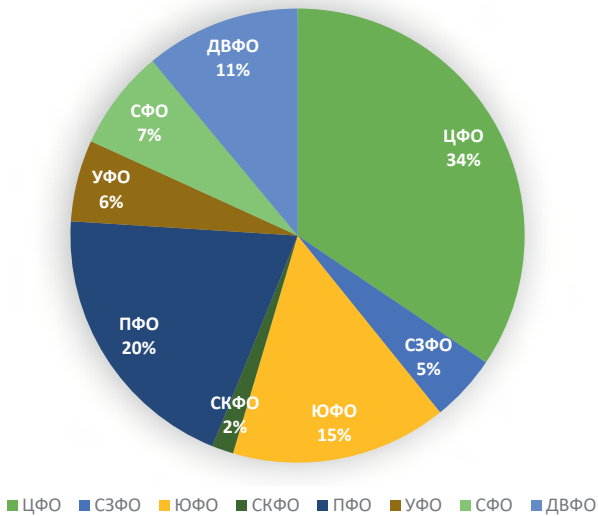


Диаграмма 2. Процентное соотношение положительных результатов по группам животных

Diagram 2. Percentage ratio of positive results by groups of animals.



Таблица 2. Количество исследованных и заболевших животных.

Table 2. The number of examined and diseased animals.

Вид животного	Исследовано	Заболело
Крупный рогатый скот (КРС)	284	140
Мелкий рогатый скот (МРС)	61	11
Лошади	26	10
Свины	207	0
Собаки	2584	325
Кошки	2387	238
Промысловые и дикие животные	4797	459
Пушные животные (зверосовхозы, частный сектор)	7	0
Прочие виды	367	6
ИТОГО	10 720	1 189

В таблице 2 представлены сведения о количестве исследованного биоматериала и результатах исследования по видам животных.

Почти 80% положительных результатов среди промысловых и диких животных приходится на рыжих лисиц, а именно 367 случаев. 11% (51 положительный результат) приходится на енотовидных собак, более 2% (12 положительных результатов) — на волков. Так же случаи заболевания бешенством в дикой фауне встречались среди енотов, представителей семейства куньих (барсуков, хорьков, куниц), рысей, лосей, медведей, шакалов, оленей, песцов, диких кошек, корсаков.

Наибольшее количество положительных результатов зафиксировано среди домашних (563 случая), промысловых и диких (459) животных. В России превалирует природный тип бешенства. Но в последние годы наблюдается тенденция к смещению типа бешенства в сторону антропоургического. Так, в 2020 году количество положительных случаев среди собак и кошек превысило количество положительных среди диких животных на 63 случая и составило 712 [14]. Домашние плотоядные составляют наибольшую группу риска заражения от диких животных [15].

К прочим видам животных были отнесены: хомяки, ежи, землеройки, мыши, крысы, кролики, летучие мыши, кроты, бурундуки, а также шиншилла, морская свинка, евразийская. Среди них выявлено 6 положительных случаев: кролик, дикий хомяк (Краснодарский край), дикий хомяк, еж (Оренбургская область), еж (Смоленская область), еж (Астраханская область).

Таблица 3. Количество положительных результатов по видам животных в разрезе регионов.

Table 3. The number of positive results by animal species in the context of regions.

Субъект РФ	Всего	КРС	МРС	Свины	Лошади	Собаки	Кошки	Промысловые и дикие	Пушные	Прочие виды
ЦФО										
Белгородская область	12	1	0	0	0	7	4	0	0	0
Брянская область	13	0	0	0	0	3	8	2	0	0
Владимирская область	25	0	0	0	0	8	3	14	0	0
Воронежская область	25	4	0	0	0	7	9	5	0	0
Ивановская область	11	1	0	0	0	3	1	6	0	0
Калужская область	13	0	0	0	0	0	0	13	0	0
Костромская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курская область	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0
Липецкая область	13	0	0	0	0	2	8	3	0	0
Московская область	20	0	1	0	0	9	3	7	0	0

Продолжение табл. 3.

Орловская область	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Рязанская область	18	0	2	0	0	6	8	2	0	0
Смоленская область	35	0	0	0	0	8	3	23	0	1
Тамбовская область	27	3	0	0	0	12	5	7	0	0
Тверская область	16	0	0	0	0	2	2	12	0	0
Тульская область	3	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Ярославская область	17	0	0	0	0	4	3	10	0	0
г. Москва	4	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Итого	257	10	3	0	0	74	64	105	0	1
СЗФО										
Республика Карелия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Коми	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Архангельская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вологодская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Калининградская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ленинградская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мурманская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Новгородская область	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Псковская область	13	1	0	0	0	3	2	7	0	0
г. Санкт-Петербург	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ненецкий АО	3	0	0	0	0	1	0	2	0	0
Итого	17	1	0	0	0	4	2	10	0	0
ЮФО										
Республика Адыгея	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Республика Калмыкия	13	0	0	0	0	6	5	2	0	0
г. Севастополь	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Краснодарский край	5	1	0	0	0	2	1	0	0	1
Астраханская область	21	3	3	0	0	5	7	2	0	1
Волгоградская область	68	18	0	0	1	27	8	14	0	0
Ростовская область	11	0	0	0	0	5	3	3	0	0
Республика Крым	13	0	0	0	0	2	4	7	0	0
Итого	134	22	3	0	1	47	29	29	0	3
СКФО										
Республика Дагестан	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Ингушетия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Кабардино-Балкария	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Республика Карачаево-Черкессия	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Республика Северная Осетия-Алания	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0
Чеченская республика	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ставропольский край	7	2	0	0	0	4	0	1	0	0
Итого	15	5	0	0	0	4	4	2	0	0
ПФО										
Республика Башкортостан	6	1	0	0	0	0	1	4	0	0
Республика Марий Эл	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Республика Мордовия	8	1	0	0	0	1	5	1	0	0
Республика Татарстан	25	3	0	0	0	10	8	4	0	0
Республика Удмуртия	5	1	0	0	0	1	2	1	0	0
Чувашская республика	8	1	0	0	0	1	1	5	0	0
Пермский край	5	1	0	0	0	0	1	3	0	0
Кировская область	11	0	0	0	0	4	0	7	0	0
Нижегородская область	56	2	0	0	0	17	7	30	0	0
Оренбургская область	17	3	1	0	0	8	1	2	0	2
Пензенская область	87	3	0	0	1	35	38	10	0	0
Самарская область	57	2	0	0	0	29	9	17	0	0
Саратовская область	96	11	2	0	0	30	31	22	0	0
Ульяновская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого	382	29	3	0	1	136	105	106	0	2
УФО										
Курганская область	9	1	0	0	0	5	0	3	0	0
Свердловская область	9	0	0	0	0	2	1	6	0	0
Тюменская область	84	21	0	0	3	10	4	46	0	0
Челябинская область	68	5	0	0	0	15	20	28	0	0
Ханты-Мансийский АО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ямало-Ненецкий АО	6	0	0	0	0	3	0	3	0	0
Итого	176	27	0	0	3	35	25	86	0	0
СФО										



Республика Алтай	7	3	0	0	1	0	0	3	0	0
Республика Тыва	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Республика Хакасия	70	12	0	0	1	3	1	53	0	0
Алтайский край	12	6	0	0	0	3	0	3	0	0
Красноярский край	55	9	0	0	1	6	5	34	0	0
Иркутская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кемеровская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Новосибирская область	6	2	0	0	0	0	0	4	0	0
Омская область	30	7	2	0	1	7	3	10	0	0
Томская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>181</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>108</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>ДФО</b>										
Республика Саха	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Бурятия	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0
Камчатский край	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Приморский край	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Хабаровский край	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Амурская область	15	4	0	0	0	6	0	5	0	0
Магаданская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сахалинская область	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Еврейский АО	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Чукотский АО	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Забайкальский край	5	2	0	0	1	0	0	2	0	0
<b>Итого</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Наиболее сложная эпизоотическая ситуация в 2021 году сложилась в Приволжском ФО (32% всех положительных случаев). В Саратовской (96 случаев), Пензенской (87 случаев), Самарской (57 случаев), Нижегородской (56 случаев) областях сложилась наиболее напряженная ситуация.

В ветеринарные лаборатории ЦФО поступила 3691 проба на исследование, из них 257 положительных, что составляет более 21% от числа всех положительных проб. Как видно из таблицы 3, наибольшее количество положительных случаев приходится на домашних (кошки, собаки) и диких животных.

Более 15% положительных случаев зафиксировано в СФО, из них 39% — в Республике Хакасия и 30% — в Красноярском крае.

На УФО приходится более 14% от всего количества положительных случаев бешенства. Сложная эпизоотическая ситуация в Тюменской и Челябинской областях.

Во всех регионах ЮФО в 2021 году зафиксированы случаи бешенства (более 11% от всех положительных результатов). Из них 57% положительных случаев — это собаки и кошки, 22% — дикие и 16% — сельскохозяйственные животные.

В ДФО — 27 положительных результатов, что составляет чуть более 2% от всех положительных. Неблагополучными являются Амурская область, Забайкальский край, Еврейский и Чукотский автономные округа.

Чуть более 1% положительных случаев зафиксировано и в СЗФО, и СКФО. В СКФО 15 положительных случаев, из них 5 приходится на КРС, 8 — на домашних и 2 — на диких животных. В СЗФО 17 положительных случаев, из которых 13 зафиксировано в Псковской области.

Учитывая размер ареала заболевания, большую протяженность границы со странами, неблагополучными по бешенству, вряд ли получится добиться в ближайшие годы полного искоренения эпизоотии. В сложившейся ситуации оптимальным направлением в противоэпизоотических мероприятиях будет: усиление мониторинга

**Рисунок 1.** Распространение бешенства животных в РФ.

**Figure 1.** The spread of animal rabies in the Russian Federation.



за эпизоотической ситуацией, проведение широкой антирабической вакцинации домашних животных, регулировка численности бездомных животных, оральная вакцинация диких животных и контроль их численности. Необходимо усилить контроль качества, проведенной вакцинации. Лица, которые регулярно подвергаются заражению бешенством (ветеринарные врачи, сотрудники лабораторий и т.д.), должны быть вакцинированы. Должна быть доступная и своевременная медицинская помощь людям, пострадавшим от подозреваемого в заболевании бешенством животных или контактировавших с ними.

### Выводы / Conclusion

Эпизоотический мониторинг бешенства проводится ветеринарной службой на всей территории РФ. В 2021 году заболевание установлено в 63 субъектах. Наиболее напряженная обстановка по-прежнему остается в ПФО (382 случая) и ЦФО (257 случаев). В совокупности на данные субъекты приходится более 50% всех положительных результатов, из них 60% — это домашние животные, 33% — дикие и промысловые, 7% — сельскохозяйственные животные. В целом эпизоотологическая обстановка в 2021 году РФ оценивается как неблагополучная.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Литусов Н.В. Вирус бешенства. Иллюстрированное учебное пособие. Екатеринбург: УГМУ. 2018: 10.
2. Валева Д.Х. Бешенство: история, эпидемиология, патогенез и современные методы диагностики антител к вирусу бешенства. Colloquium-journal. 2019; 13-3(37): 74-79.
3. Алманиязова С.Ж. Бешенство. Аналитический обзор. Медицинский журнал Западного Казахстана. 2012; 2(34): 8-12.
4. Заволока А.А., Заволока А.А. О бешенстве. VetPharma. 2013; 4: 24-31.
5. Белик Е.В., Дудников С.А., Бельчихина А.В. [и др.]. Эпизоотическая ситуация по бешенству на территории Владимирской области (2005-2009гг.): информационно-аналитический обзор. Владимир: ФГБУ ВНИИЗЖ, 2010; 18-30.
6. Зайкова О.Н. Эпидемиологическая ситуация по бешенству в Российской Федерации за период 2013 по 2019 годы и молекулярно-генетические особенности его возбудителя: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Москва, 2021; 8-9.
7. Гулюкин А.М. Значимость современных методов лабораторной диагностики и идентификации возбудителя бешенства для иммунологического мониторинга данного зооноза. Вопросы вирусологии. 2014; 59(3): 5-10.
8. World Organisation for Animal Health (OIE) (2017). Rabies (infection with rabies virus). In Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (mammals, birds and bees): 1 (2.1.17). OIE. Paris. France Available at: [www.oie.int/manual-of-diagnostic-tests-and-vaccines-for-terrestrial-animals/](http://www.oie.int/manual-of-diagnostic-tests-and-vaccines-for-terrestrial-animals/) (accessed on 11 April 2022).
9. Хисматулина Н.А., Гулюкин А.М., Шуралев Э.А. [и др.] Ускоренный метод диагностики бешенства в культуре клеток нейринома Гассера узла крысы (НГУК-1). Гены и клетки. 2014; 3 (9): 276-280.
10. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Дата обращения 15.04.2022]. <https://docs.cntd.ru/document/1200104625>
11. Официальный интернет-портал правовой информации. [Дата обращения 15.04.2022]. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210126?index=0&rangeSize=1>
12. Шебекин А.А., Гулюкин А.М., Зайкова О.Н. Обзор эпизоотической ситуации по бешенству в Российской Федерации за период с 1991 по 2015 годы. Ветеринария Кубани. 2016; 4: 4-6.
13. Тетеричев В.И. Эпизоотологическая ситуация по бешенству в Тульской области и совершенствование мер борьбы с этой болезнью на современном этапе: диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. Щелково, 2001; 4-6.
14. Михайлова В.В., Лобова Т.П., Шishкина М.С. и др. Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации в 2020 году. Аграрная наука. 2021; 7-8: 52-58.
15. Гулюкин А.М., Шабейкин А.А., Макаров В.В. [и др.] Особенности эпизоотического процесса и молекулярно-генетическая характеристика изолятов вируса бешенства, выявленных на территории Тверской области. Вопросы вирусологии. 2018; 63(3): 115-123.

## ОБ АВТОРАХ:

### Мария Сергеевна Шишкина,

Младший научный сотрудник отдела вирусологии  
Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория,  
ул. Оранжевая 23, Москва, 11622, Российская Федерация  
E-mail: m.belyaeva@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6930-5043>

### Татьяна Петровна Лобова,

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела вирусологии  
Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория,  
ул. Оранжевая 23, Москва, 11622, Российская Федерация  
E-mail: t.lobova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9167-2317>

### Вера Владимировна Михайлова,

Младший научный сотрудник отдела вирусологии  
Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория,  
ул. Оранжевая 23, Москва, 11622, Российская Федерация  
E-mail: vera.mihaylova.74@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9325-7299>

### Анастасия Николаевна Скворцова,

Младший научный сотрудник отдела вирусологии  
Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория,  
ул. Оранжевая 23, Москва, 11622, Российская Федерация  
E-mail: nefedovi5748@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3071-0225>

## REFERECES

1. Litusov N.V. Rabies virus. Illustrated tutorial. Yekaterinburg: USMU. 2018: 10 (In Russian.).
2. Valeeva D.Kh. Rabies: history, epidemiology, pathogenesis and modern methods of diagnosing antibodies to the rabies virus. Colloquium-journal. 2019; 13-3(37): 74-79 (In Russian.).
3. Almaniayova S.Zh. Rabies. Analytical review. Medical Journal of Western Kazakhstan. 2012; 2 (34): 8-12 (In Russian).
4. Zavoloka A.A., Zavoloka An.A. About rabies. VetPharma. 2013; 4: 24-31 (In Russian).
5. Belik E.V., Dudnikov S.A., Belchikhina A.V. [et al.] Epizootic situation on rabies in the territory of the Vladimir region (2005-2009): information and analytical review. Vladimir: FGBU ARRIAH, 2010; 18-30 (In Russian).
6. Zaikova O.N. The epidemiological situation of rabies in the Russian Federation for the period 2013 to 2019 and the molecular genetic features of its pathogen: dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Moscow, 2021; 8-9. (In Russian).
7. Gulyukin A.M. The significance of modern methods of laboratory diagnostics and identification of the rabies pathogen for immunological monitoring of this zoonosis. Issues of virology. 2014; 59 (3): 5-10 (In Russian).
8. World Organisation for Animal Health (OIE) (2017). Rabies (infection with rabies virus). In Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (mammals, birds and bees): 1 (2.1.17). OIE. Paris. France Available at: [www.oie.int/manual-of-diagnostic-tests-and-vaccines-for-terrestrial-animals/](http://www.oie.int/manual-of-diagnostic-tests-and-vaccines-for-terrestrial-animals/) (accessed on 11 April 2022).
9. Khismatullina N.A., Gulyukin A.M., Shuralev E.A. [et al.] An accelerated method for diagnosing rabies in a rat Gasser's ganglion neuroinoma cell culture (NGUK-1). Genes and cells. 2014; 3 (9): 276-280 (In Russian).
10. Electronic fund of legal and normative-technical documents. [Accessed 04/15/2022]. <https://docs.cntd.ru/document/1200104625> (In Russian).
11. Official Internet portal of legal information. [Accessed 04/15/2022]. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210126?index=0&rangeSize=1> (In Russian).
12. Shebeikin A.A., Gulyukin A.M., Zaikova O.N. Overview of the epizootic situation of rabies in the Russian Federation for the period from 1991 to 2015. Veterinary Medicine of the Kuban. 2016; 4: 4-6 (In Russian.).
13. Teterichev V.I. The epizootological situation of rabies in the Tula region and the improvement of measures to combat this disease at the present stage: dissertation for the degree of candidate of veterinary sciences. Shchelkovo, 2001; 4-6 (In Russian).
14. Mikhailova V.V., Lobova T.P., Shishkina M.S. [et al.] Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2020. Agrarian science. 2021; 7-8: 52-58 (In Russian).
15. Gulyukin A.M., Shabeikin A.A., Makarov V.V. [et al.] Features of the epizootic process and molecular genetic characteristics of rabies virus isolates identified in the Tver region. Issues of Virology. 2018; 63 (3): 115-123 (In Russian).

## ABOUT THE AUTHORS:

### Mariya Sergeevna Shishkina,

Junior Researcher Department of Virology  
Central Scientific and Methodological Veterinary Laboratory, 23  
Orangereynaya st., Moscow, 11622, Russian Federation  
E-mail: m.belyaeva@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6930-5043>

### Tatyana Petrovna Lobova,

candidate of biological sciences, Senior Researcher Department of Virology  
Scientific and Methodological Veterinary Laboratory, 23 Orangereynaya st., Moscow, 11622, Russian Federation  
E-mail: t.lobova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9167-2317>

### Vera Vladimirovna Mikhailova,

Junior Researcher Department of Virology  
Central Scientific and Methodological Veterinary Laboratory, 23  
Orangereynaya st., Moscow, 11622, Russian Federation  
E-mail: vera.mihaylova.74@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9325-7299>

### Anastasia Nikolaevna Skvortsova,

Junior Researcher Department of Virology  
Central Scientific and Methodological Veterinary Laboratory, 23  
Orangereynaya st., Moscow, 11622, Russian Federation  
E-mail: nefedovi5748@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3071-0225>

А.С. Горелик<sup>1</sup>, ✉  
О.В. Горелик<sup>2</sup>,  
И.Н. Миколайчик<sup>3</sup>,  
Л.А. Морозова<sup>3</sup>,  
В.Г. Чумаков<sup>3</sup>,  
В.А. Морозов<sup>3</sup>,  
А.С. Мухамеджанова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС, Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, с. Лесниково, Курганская обл., Российская Федерация

<sup>4</sup> Торайгыров университет, Павлодар, Республика Казахстан

✉ temae077ex@mail.ru

Поступила в редакцию:  
24.06.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-44-47

Artem S. Gorelik<sup>1</sup>, ✉  
Olga V. Gorelik<sup>2</sup>,  
Ivan N. Mikolaichik<sup>3</sup>,  
Larisa A. Morozova<sup>3</sup>,  
Vladimir G. Chumakov<sup>3</sup>,  
Vladimir A. Morozov<sup>3</sup>,  
Akmaral S. Mukhamejanova<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Lesnikovo village, Kurgan region, Russian Federation

<sup>4</sup> Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

✉ temae077ex@mail.ru

Received by the editorial office:  
30.06.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Взаимосвязь показателей роста ремонтных телок по периодам

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В Свердловской области используется уральский тип голштинизированного черно-пестрого скота. Проведение голштинизации выявило ряд проблем в разведении помесных животных, в том числе снижение продуктивного долголетия коров. Это ставит новые задачи по решению вопросов воспроизводства стада и выращиванию ремонтного молодняка. Изучение взаимосвязи динамики живой массы по периодам роста в разрезе линий молодняка актуально и имеет практическое значение. В результате проведенных исследований установлено, что телки линии Вис Бэк Айдиала 1013415 по живой массе во все периоды превосходят своих сверстниц из линии Рефлексн Соверинга 198998, несмотря на то, что они выращивались в одинаковых условиях содержания и кормления и при рождении имели практически одинаковую живую массу. В 6-, 10- и 12-месячном возрасте разница по живой массе оказалась достоверной при  $p \leq 0,05-0,01$  в пользу телок из линии Вис Бэк Айдиала 1013415. По периодам роста установлена положительная сопряженность с изменением живой массы. Корреляция между живой массой по периодам и возрастом первого осеменения отрицательная.

**Ключевые слова:** коровы, ремонтный молодняк, живая масса, продуктивность, периоды роста, мясное животноводство

**Для цитирования:** Горелик А.С., Горелик О.В., Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Чумаков В.Г., Морозов В.А., Мухамеджанова А.С. Взаимосвязь показателей роста ремонтных телок по периодам. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 44-47. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-44-47>. (In English).

© Горелик А.С., Горелик О.В., Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Чумаков В.Г., Морозов В.А., Мухамеджанова А.С.

# Correlation of growth parameters to the growth periods among the replacement heifers

## ABSTRACT

**Relevance.** In Sverdlovsk region the Ural type of Holsteinized black-and-white cattle is raised and used. Admixing of Holstein line revealed a number of problems in the breeding of crossbred livestock, including decrease of the cows' productive longevity. This poses new challenges for solving the issues of the herd reproduction and growing of young replacement livestock. The research of correlation between the dynamics of live weight gain by periods of growth along the young livestock lines is relevant and has practical significance. In result of the research it was found that the heifers of Vis Back Ideal 1013415 line outcompeted their peers from the Reflection Sovering line 198998 in terms of live weight in all periods, provided that they were raised under the same conditions, same feeding and same care; moreover all heifers had practically the same live weight at birth. At 6, 10 and 12 months of age, the difference in live weight was significant at  $p \leq 0.05-0.01$  in favor of heifers of the Vis Back Ideal 1013415 line. According to the periods of growth, a positive conjugation of body weight changes was revealed. The correlation between live body weight by periods and the age of the first insemination is negative.

**Key words:** cows, replacement livestock, live weight, productivity, growth periods, beef farming

**For citation:** Gorelik A.S., Gorelik O.V., Mikolaichik I.N., Morozova L.A., Chumakov V.G., Morozov V.A., Mukhamejanova A.S. Correlation of growth parameters to the growth periods among the replacement heifers. Agrarian science. 2022; 363 (10): 44-47. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-44-47>

© Gorelik A.S., Gorelik O.V., Mikolaichik I.N., Morozova L.A., Chumakov V.G., Morozov V.A., Mukhamejanova A.S.



### Введение / Introduction

In any country ensuring food security poses big challenges for the farmers, as they have to increase production yield and improve the quality of agricultural products, including products of animal origin [1–8].

Great importance is referred to development of dairy cattle breeding as a branch of livestock husbandry, where milk — the valuable food product and raw material for food industry — is obtained [9–12].

For its production, highly productive dairy cattle are used, the main livestock of which belongs to related breeds of Dutch origin — i.e. Holstein breed, Black-and-White mottled breed, etc. [13–15].

The gene pool of the Holstein breed, which is considered the best dairy breed in the world, has been widely used for a long time, for more than four decades running, and it keeps on being used to improve domestic livestock, including the Black-and-White mottled breed in order to increase abundant milk yield and to improve technological characteristics in industrial dairy production [16–18].

A wide array of Holsteinized black-and-white mottled cattle has been derived. This cattle features high proportion of Holstein breed blood, and this cattle differs in its economically useful traits and phenotypic parameters depending on the region of breeding and breed resources used for crossing. In Sverdlovsk region, the Ural type of Holsteinized black-and-white cattle is used. Despite the many positive results of holsteinization, a number of negative features were revealed also during the breeding of crossbred animals, including a decrease of the cows' productive longevity. In its turn, this poses new challenges for herd reproduction and growing of the young replacement livestock, which is increasingly required to replace the main herd [19, 20].

The research of influence of the breed origin on growth and development of young replacement livestock is relevant and has practical importance.

The aim of the work was to study the correlation between growth rates and growth periods among the young replacement heifers of different lines.

### Материал и методы исследования / Materials and method

The objects of research were the replacement heifers of Holsteinized black-and-white mottled cattle. The research was carried out in the pedigree cattle reproducing farms for breeding of Holsteinized black-and-white mottled cattle of Ural type of the Sverdlovsk region. The scope of research included all cows, that finished lactation period. For analysis the data were used from the database for zootechnical and pedigree data registration «SELEKS. Dairy cattle». The weight growth data of replacement heifers obtained by monthly weighing was analyzed. The average daily body weight gains and correlation coefficients between body weight were calculated for the periods of the livestock growth. The heifers were divided into groups depending on their breed lineage: group 1 consisted of the replacement heifers of the Vis Back Ideal line; group 2 included only heifers of Reflection Sovering breed lines.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

The increase of the herd breeding value is ensured by constant introduction of better breeding young heifers into the herd. This is achieved by targeted

selection and breeding work aimed to selection, deriving and intensive raising of young livestock with high genetic potential for milk productivity.

The results of raising the young replacement livestock on the farm, depending on their linear origin, are presented below in the figure 1.

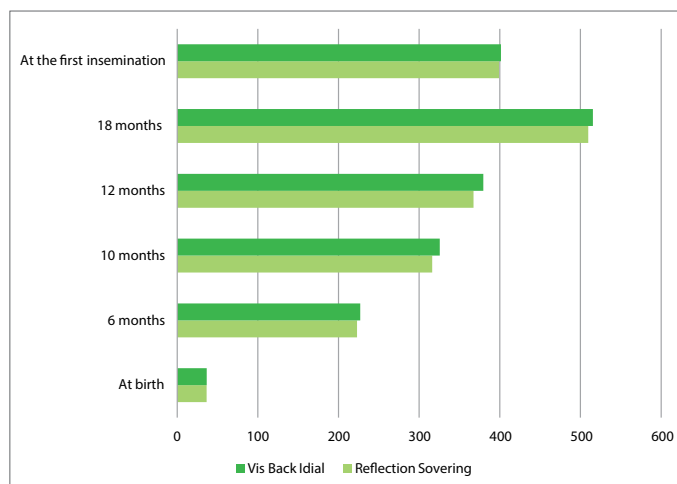
The figure clearly shows that heifers of the Vis Back Ideal 1013415 line outperformed their peers from the Reflection Sovering 198998 line in terms of live weight gain in all periods of growth, despite the fact that they were raised under the same conditions of keeping and feeding, and at birth all of them had almost the same live weight. At 6, 10 and 12 months of age, the difference in live weight was significant at  $p \leq 0.05$ – $0.01$  in favor of heifers from the Vis Back Ideal 1013415 breed line.

According to the average daily gains in live weight, it is possible to conclude on the growth rate of heifers in various periods of their raising. In addition, according to the dynamics of average daily weight gains, it is possible to assess the raising system of young replacement livestock.

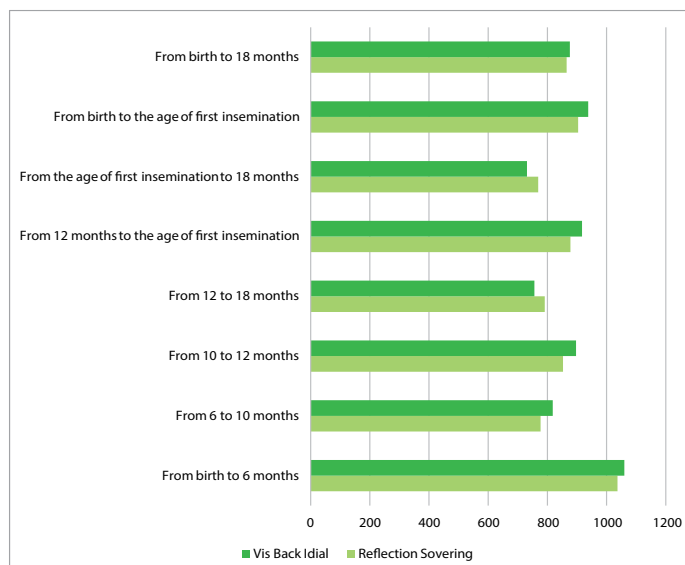
The figure 2 below presents data on average daily live weight gain among the replacement heifers of Holstein lines of black-and-white cattle.

The highest average daily live weight gains were observed among the heifers during the lactation period.

**Figure 1.** Dynamics of live weight gain among the replacement heifers by growth periods, kg



**Figure 2.** Average daily live weight gains among the replacement heifers, g



The farm operates an intensive system for raising of the young replacement livestock with average daily weight gains of 900–950 g up to the date of the first insemination, and with high average daily live weight gains during the preweaning period. This allows very early insemination of replacement heifers at the age of 12.8–13.2 months when their live weight reaches 399–401 kg in the breed lines, respectively.

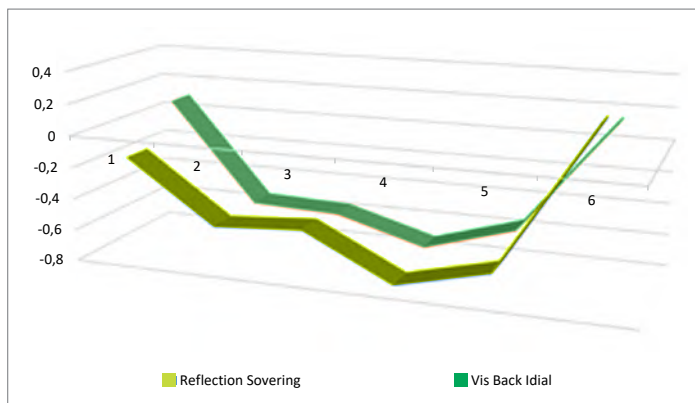
The interrelation of the researched features with each other raises interest. While researching this interrelation, we found that this interrelation in heifers of the Reflection Sovering 198998 line is medium and high positive along the growth periods, with the exception of the conjugation of live weight at birth and at age of 18 months (table 1).

Medium and high coefficients of correlation between the live weights of replacement heifers by growth periods allow predicting the weight growth and monitoring the compliance of planned weight gains with the obtained results, thereby improving the cattle raising technology. The correlation coefficient between body weight at birth and at 18 months was  $-0.04$ , so it cannot be used to predict body weight of a heifer at age of 1.5 years by its weight at birth.

Similar calculations were performed using the data of Vis Back Ideal 1013415 line (table 2).

In result of assessment of live weight conjugation among the replacement heifers of Vis Back Ideal 1013415 line, a low negative correlation was found between live weight of a heifer at birth and the live weight of a heifer at age of

**Figure 3.** Correlation between the live weight of heifers and the age of the first insemination: 1) live weight at birth/the age of the first insemination; 2) live weight at 6 months/the age of the first insemination; 3) live weight at 10 months/the age of the first insemination; 4) live weight at 12 months/the age of the first insemination; 5) live weight at 18 months/the age of the first insemination; 6) live weight at the first insemination/the age of the first insemination.



10 and 12 months. In other periods the correlation is high and positive.

Correlation coefficients were calculated between body weight parameters at certain periods of growth and the age of the first insemination.

In result an average negative conjugation between these parameters was found for the raised replacement heifers of the breed lines under research (figure 3).

The figure clearly shows that the correlation coefficient amounted to 0.10 only in case of assessing the correlation between live weight of a heifer at birth and the age of first insemination of a heifer of the Vis Back Ideal 1013415 line.

The correlation between live body weight at the first insemination and the age of the first insemination was also positive.

The coefficient of correlation was insignificant, but still higher in the group of Reflection Sovering line 198998 heifers.

### Выводы / Conclusion

Basing on the above-stated, it is possible to conclude that the farm operates an intensive system for raising young replacement livestock, and makes the first insemination at a very early period (13–14 months), with a heifer live weight of 399–405 kg.

A positive conjugation of live weight changes was established in reference to the periods of growth.

The correlation between live weight by periods and the age of the first insemination is negative.

**Table 1.** The conjugation of live weight among the replacement heifers of Reflection Sovering 198998 by the periods of growth

Live weight	Live weight at birth, kg	Live weight at 6 months, kg	Live weight at 10 months, kg	Live weight at 12 months, kg
At 6 months, kg	0.31	1.00	–	–
At 10 months, kg	0.29	0.87	1.00	–
At 12 months, kg	0.17	0.72	0.73	1.00
At 18 months, kg	–0.04	0.44	0.41	0.60

**Table 2.** The conjugation of live weight among the replacement heifers of Vis Back Ideal 1013415 by the periods of growth

Live weight	Live weight at birth, kg	Live weight at 6 months, kg	Live weight at 10 months, kg	Live weight at 12 months, kg
At 6 months, kg	0.04	1.00	–	–
At 10 months, kg	–0.02	0.83	1.00	–
At 12 months, kg	–0.05	0.70	0.74	1.00
At 18 months, kg	0.07	0.66	0.52	0.62

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.  
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.  
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.  
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.  
The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Sheveleva O. M., Smirnova T. N., Sukhikh N. S. Influence of milking intensity of first lactation cows on the longevity of cows, their lifelong productivity. *Agro-food policy of Russia*. 2020; (3):40-43. (In Russian)
- Zimnyakov V. M., Kurochkin A. A. Influence of time parameters of preparation of heifers for lactation on the formation of the milk ejection reflex in first-calf heifers. *Technique and technology in animal husbandry*. 2021; 41 (1):42-45. (In Russian)
- Baimishev H. B., Baimishev M. Kh., Eremin S. P. Morpho-biochemical parameters of blood of cows depending on the period of lactation. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2022; (1):48-53. (In Russian)
- Ponomareva L. F., Burakovskaya N. V., Rebezov Y. M., Bychkova T. S., Grunina O. A. Sensory method for the analysis of milk dessert from curd whey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (3). DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032042
- Lavrov A. A., Gorelik A. S., Dogareva N. G., Mkrtchyan G. V., Lepekhina T. V. The influence of origin on milk productivity of cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 839 (3). DOI:10.1088/1755-1315/839/3/032005
- Morozova L. et al. Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feeding. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12:2181-2190 DOI:10.31838/ijpr/2020.SP1.319
- Smakuyev D. et al. Acclimatization and productive qualities of american origin aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021; 20 (7):433-442. DOI:10.1016/j.jssas.2021.05.011
- Gorelik A. S., Arkanov P. V., Bratishko N., Vdovina I., Gorelik L. S. Growth and development of replacement heifers depending on the origin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (5). DOI:10.1088/1755-1315/677/5/052070
- Gorelik A. S., Nesterenko A. A., Arkanov P. V., Vagapova O. A., Melnikova E. Dairy productivity of cows – daughters of bull producers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (2). DOI:10.1088/1755-1315/677/2/022113
- Harlap S. Y., Gorelik A. S., Bitkeeva M. A., Demina N. A., Mullagulova G. M. Dynamics of correlation coefficients of economic and productive characteristics depending on the age of cows. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254. DOI:10.1051/e3sconf/202125408023
- Gorelik A. S., Yarmukhamedova E. I., Sharipova A. F., Gazeev I. R., Kanareikina S. G. Comparative evaluation of composition and properties of milk from cows of different breeds in cheese production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (2). DOI:10.1088/1755-1315/677/2/022109
- Harlap S. Y., Sorokina N. I., Moskvina L. A., Kulmakova N. I., Bezhar T. I. Influence of the breed lineage of cows on correlation of productive qualities depending on lactation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848 (1). DOI:10.1088/1755-1315/848/1/012071
- Likhodeevskaya O. E. et al. Comparative assessment of productive qualities of holsteinized black-and-white cattle by lines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848 (1). DOI:10.1088/1755-1315/848/1/012082
- Fedoseeva N. A. et al. Productive qualities of holsteinized black-and-white cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848 (1). DOI:10.1088/1755-1315/848/1/012068
- Gorelik O. V., Pavlova J. S., Shvechikhina T. Y., Arapova O. A., Ponomareva L. F. The relationship of economic and useful traits in the ural type cows of the black-and-white breed. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254. DOI:10.1051/e3sconf/202125408026
- Mikolaychik I. N., Gorelik O. V., Nenahov V. V., Morozova L. A., Safronov S. L. The relationship between the duration of the service period and the milk yield of the holsteinized black-mottled breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (4). DOI:10.1088/1755-1315/677/4/042016
- Zhumanov K. Z., Karymsakov T. N., Kineev M. A., Baimukanov A. D. Development and optimization of the equations of the mixed BLUP model for the evaluation of the breed value of bulls-producers of the golstin black-mottled breed of the Republic of Kazakhstan. *Agrarian science*. 2021; (2):33-36. (In Russian)

## ОБ АВТОРАХ:

**Артём Сергеевич Горелик**,  
кандидат биологических наук,  
Уральский институт Государственной противопожарной службы  
МЧС России, ул. Мира, 22, г. Екатеринбург, 620137, Российская Федерация  
E-mail: temae077ex@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

**Ольга Васильевна Горелик**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Российская Федерация  
E-mail: olgao205en@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

**Иван Николаевич Миколайчик**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, с. Лесниково, Курганская обл., 641300, Российская Федерация  
E-mail: min\_ksaa@mail.ru

**Лариса Анатольевна Морозова**,  
доктор биологических наук, профессор,  
Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, с. Лесниково, Курганская обл., 641300, Российская Федерация  
E-mail: morozova-la72@mail.ru

**Владимир Геннадьевич Чумаков**,  
доктор технических наук, доцент,  
Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, с. Лесниково, Курганская обл., 641300, Российская Федерация  
E-mail: vgchumakov@mail.ru

**Владимир Анатольевич Морозов**,  
кандидат сельскохозяйственных наук, ст. преподаватель  
Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, с. Лесниково, Курганская обл., 641300, Российская Федерация  
E-mail: morozikkz@yandex.ru

**Акмарал Сагындыковна Мухамеджанова**,  
магистр, ст. преподаватель кафедры биотехнологии факультета сельскохозяйственных наук,  
Торайгыров университет, ул. Ломова 64, Павлодар, 140008, Республика Казахстан  
E-mail: akmaral1411@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3238-1269>

## ABOUT THE AUTHORS:

**Artem Sergeevich Gorelik**,  
candidate of biological sciences,  
Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 22 Mira str., Yekaterinburg, 620137, Russian Federation  
E-mail: temae077ex@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

**Olga Vasilyevna Gorelik**,  
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation  
E-mail: olgao205en@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

**Ivan Nikolaevich Mikolaychik**,  
doctor of agricultural sciences, professor,  
Kurgan State Agricultural Academy by T. S. Maltsev, Lesnikovo village, Kurgan region, 641300, Russian Federation  
E-mail: min\_ksaa@mail.ru

**Larisa Anatolievna Morozova**,  
doctor of biological sciences, professor,  
Kurgan State Agricultural Academy by T. S. Maltsev, Lesnikovo village, Kurgan region, 641300, Russian Federation  
E-mail: morozova-la72@mail.ru

**Vladimir Gennadievich Chumakov**,  
doctor of technical sciences, associate professor,  
Kurgan State Agricultural Academy by T. S. Maltsev, Lesnikovo village, Kurgan region, 641300, Russian Federation  
E-mail: vgchumakov@mail.ru

**Vladimir Anatolievich Morozov**,  
candidate of agricultural sciences, Senior Lecturer  
Kurgan State Agricultural Academy by T. S. Maltsev, Lesnikovo village, Kurgan region, 641300, Russian Federation  
E-mail: morozikkz@yandex.ru

**Akmaral Sagyndykovna Mukhamejanova**,  
Master, Senior lecturer of the Department of Biotechnology of the Faculty of Agricultural Sciences,  
Toraygyrov University, 64 Lomov str., Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan  
E-mail: akmaral1411@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3238-1269>



Р.А. Рыков

Федеральный исследовательский центр  
животноводства — ВИЖ имени академика  
Л.К. Эрнста, городской округ Подольск,  
Московская обл., Российская Федерация

✉ Brukw@bk.ru

Поступила в редакцию:  
10.05.2022

Одобрена после рецензирования:  
28.09.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-48-52

Roman A. Rykov

Federal Research Center for Animal  
Husbandry named after Academy Member  
L.K. Ernst, Podolsk city district, Moscow  
region, Russian Federation

✉ Brukw@bk.ru

Received by the editorial office:  
10.05.2022

Accepted in revised:  
28.09.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Метаболические процессы в организме коров при использовании в питании органического йода, белка микробиального синтеза и *Spirulina platensis*

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Научный интерес представляют исследования комплексного использования кормовых факторов, направленных на обогащение и повышение биологического потенциала рационов питания животных.

**Методы.** Научно-хозяйственный эксперимент проведен на молочных коровах голштинской породы на ферме «Маврино» ФГУП ЭХ «Кленово-Чегодаево» на двух группах по 10 голов в каждой. Одна группа была контрольная, другая — опытная. Коровы опытной группы за две недели перед отелом и в течение 100 дней после отела получали к основному рациону 150 и 300 г протеина микробиологического синтеза, по 25 и 50 г биологически активной смеси соответственно перед отелом и после отела. Смесь состояла из гранулированной массы органического йода, содержащей в 1 г 0,5 мг йода, сухую биомассу микроводорослей *Spirulina platensis*, сухие пивные ростки в качестве наполнителя в пропорции 40, 6 и 54%. Во время проведения эксперимента изучались: в конце первого и третьего месяцев лактации следующие биохимические показатели; гематологические показатели; молочная продуктивность и качество молока, показатели воспроизводства.

**Результаты.** Включение в рацион коров в перипартуриентный период протеина микробного синтеза, микроводоросли *Spirulina platensis* и органического йода оказало положительное влияние на межклеточный обмен белков, углеводов, липидов и минералов, оптимизировало активность ферментов и гормонов, в результате чего среднесуточный удой у коров опытной группы в течение трех месяцев после отела составил 30,6; 33,3 и 27,8 кг, что было выше, чем у контрольных, на 7,7; 7,1 и 14,1%. У коров опытной группы также улучшились показатели воспроизводства.

**Ключевые слова:** молочные коровы, белок микробиального синтеза, органический йод, *Spirulina platensis*, биохимия, продуктивность

**Для цитирования:** Рыков Р.А. Метаболические процессы в организме коров при использовании в питании органического йода, белка микробиального синтеза и *Spirulina platensis*. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 48-52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-48-52>

© Рыков Р.А.

# Metabolic processes in the body of cows when using organic iodine, microbial synthesis protein and *Spirulina platensis* in nutrition

## ABSTRACT

**Relevance.** Of scientific interest are studies of the integrated use of feed factors aimed at enriching and increasing the biological potential of animal diets.

**Methods.** The scientific and economic experiment was carried out on dairy cows of the Holstein breed at the "Mavrino" farm of the FSUE experimental farm "Klenovo-Chegodaevo" in two groups of 10 animals each. One group was the control group, the other was the experimental group. Cows of the experimental group two weeks before calving and within 100 days after calving received 150 and 300 g of microbial synthesized protein for the main diet, 25 and 50 g of biologically active mixture before and after calving, respectively. The mixture consisted of a granular mass of organic iodine containing 0.5 mg of iodine per 1 g, dry biomass of microalgae *Spirulina platensis*, dry beer sprouts as a filler in a proportion of 40, 6 and 54%. During the experiment, at the end of the first and third months of lactation following indicators were studied: biochemical indicators; hematological parameters; milk productivity and milk quality, reproduction indicators.

**Results.** The inclusion of microbial synthesized protein, microalgae *Spirulina platensis* and organic iodine in the diet of cows during the periparturient period had a positive effect on the interstitial metabolism of proteins, carbohydrates, lipids and minerals, optimized the activity of enzymes and hormones, resulting in the average daily milk yield in cows of the experimental group for three months after calving being 30.6, 33.3 and 27.8 kg, which was higher than that of the controls by 7.7, 7.1 and 14.1%. The cows of the experimental group also improved reproduction rates.

**Key words:** dairy cows, microbial synthesized protein, organic iodine, *Spirulina platensis*, biochemistry, productivity.

**For citation:** Rykov R.A. Metabolic processes in the body of cows when using organic iodine, microbial synthesized protein and *Spirulina platensis* in nutrition. Agrarian science. 2022; 363 (10): 48-52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-48-52> (In Russian).

© Rykov R.A.

## Введение / Introduction

Селекция коров на высокую молочную продуктивность не только привела к повышению ее генетически обусловленного потенциала, но и создала серьезные проблемы в состоянии продуктивного здоровья коров. Так, с повышением молочной продуктивности с 6 до 12 тыс. кг молока значительно увеличились заболевания коров маститами, эндометритами, овариальным кистозом, родильным парезом, болезнью сосков и болезнями обмена веществ, одной из причин которых является нарушение пластического обеспечения функций организма в результате адаптационного синдрома [1].

Наиболее напряженным по интенсивности обмена веществ для организма является переходный (transition) период, который включает предродовой (21–0-й дни), роды, послеродовой (0–21-й дни) периоды, а также фаза пика лактации — 22–120-й дни. В это время происходит значительное изменение гомеостаза в организме, обусловленное инволюционным процессом, физиологическим раздоем, изменением гормонального статуса организма [2, 3].

Одним из методов смягчения мобилизационных процессов в переходный период является повышение концентрации энергии, белка и минералов в рационе [4, 5]. Вместе с тем переход с предотельного низкоконцентратного на послеотельное высококонцентратное, богатое крахмалом и сахаром кормление, зачастую приводит к ацидозу рубца, когда pH его содержимого снижается до 5–5,5 вместо 6–7 по норме. В результате подавляется деятельность микроорганизмов рубца. При остром ацидозе возникает диарея, коровы отказываются от корма, резко снижают молочную продуктивность, за этим следуют и другие заболевания — токсикоз, тимпания, кетоз, болезни ног, общее ослабление организма [6].

Протеины являются важным лимитирующим нутриентом для жвачных животных, особенно для тех, которых кормили низкокачественными кормами. Лишь незначительная часть потребляемого с кормом протеина не расщепляется микробиологическим путем в рубце. В зависимости от состава рациона в рубце расщепляется от 65% до 85% сырого протеина. Главным источником протеина жвачных животных являются бактерии. Имея в своем составе аминокислоты, они обладают высокой биологической ценностью. Тем не менее, для высокопродуктивных жвачных животных недостаточно синтезированного микробиологическим путем протеина, а дополнительное потребление корма ограничено [7].

Йод является эссенциальным и истинным биомикроэлементом. Йод выполняет свою биологическую функцию как составная часть тиреоидных гормонов, которые инкретируются щитовидной железой, что отчасти объясняется его высоким родством к тирозину. Тиреоидные гормоны — тироксин и трийодтиронин — оказывают регулирующее влияние на рост и дифференцировку тканей организма, что обусловлено суммарным эффектом их воздействия на множество биохимических процессов в клетках и тканях [8]. При избыточном поступлении с кормом белков тироксин ускоряет процессы диссимиляции, а при их нормальном поступлении — усиливает процессы синтеза. Следовательно, он регулирует обмен белков путем поддержания равновесия между анаболическими и катаболическими процессами, обеспечивая рост животных. Йод играет важную роль в формировании необходимых организму клеток фа-

гоцитов, обеспечивает нормальное функционирование репродуктивной системы у животных и нормальное развитие плода. Такие проблемы, как бесплодие, импотенция, нарушение полового цикла нередко связаны с патологией щитовидной железы, возникающей при йоддефиците. Количество йода, инкорпорированного в гормоны щитовидной железы, находится примерно на уровне 0,4 мг/день у телят живой массой 40 кг и повышается до 1,3 мг йода/день у телок живой массой 400 кг, а у коров в стадии поздней беременности — до 1,5 мг йода/день. У лактирующих высокопродуктивных коров секреция тироксина щитовидной железой повышается в 2,5 раза, что равно примерно 1,5 мг/100 кг живой массы. Потребление сухого вещества лактирующей коровой составляет около 3,3% живой массы, следовательно, рацион должен содержать 0,45 мг йода/кг сухого вещества. Наиболее перспективным для нужд животноводства является кормовая добавка «Прост», изготавливаемая ООО «ИНБИОТЕХ» на основе биойода. Благодаря ковалентной связи йода с белками, биойод обладает высокой стабильностью при нагреве до 300 °С, устойчивостью к свету и нагреванию при длительном хранении, что гарантирует его сохранность при производстве различных премиксов и стартерных кормов для животных. В 1 г КД «Прост» содержится 5 мг йода.

Биомасса спирулины как в натуральном, так и в сухом виде применяется в животноводстве, птицеводстве и других отраслях АПК в качестве источника микронутриентов и биологически активных веществ [9]. Так, применение биомассы сухой спирулины на коровах с продуктивностью 4–5 тыс. кг молока за лактацию в дозе 5 и 10 г на голову в сутки в течение 45 дней повысило переваримость питательных веществ рациона, среднесуточный удой, содержание в молоке жира, белка и лактозы. При этом молоко и продукты, выработанные из него (масло, кефир, сыр) характеризовались повышенными потребительскими свойствами [10]. В другом опыте на молочных коровах черно-пестрой породы добавление к рациону 20 г на голову в сутки премикса, содержащего 2 г биомассы спирулины, оказало положительное влияние на физиологические и микробиологические процессы в рубце, поддерживая его состояние в физиологической норме. При этом было установлено повышение образования ЛЖК на 32,95% в начале и на 9,4% — в конце опыта, увеличение количества инфузорий на 37,7% в начале и на 11,29% — в конце опыта, а также наблюдалось увеличение количества МА-ФанМ на 5,2% и лактобацилл — на 6,9% по сравнению с коровами контрольной группы, что свидетельствует о пробиотических свойствах спирулины. В результате в течение 60-дневного эксперимента от коров опытной группы было получено молока больше на 92,1 кг, жира — на 5,49 кг, белка — на 4,43 кг и лактозы — на 3,53 кг. При этом наблюдалось снижение содержания соматических клеток в молоке [11].

Особую актуальность в последнее время приобрело комплексное использование кормовых факторов, направленных на обогащение и повышение биологического потенциала рационов питания животных [12–14].

Принимая во внимание физиологическое значение спирулины и йода, а также роль протеина в питании жвачных животных, актуальным представляется комплексное использование перечисленных компонентов в рационах коров в конце сухостойного периода и на раздое.

Таким образом, целью наших исследований является изучение метаболического статуса организма и продуктивности молочных коров при использовании в питании комплекса, состоящего из протеина микробиологического синтеза, водорослей *Spirulina platensis* и органического йода.

#### Материал и методы исследования / Materials and method

Научно-хозяйственный эксперимент проведен на молочных коровах голштинской породы на ферме «Маврино» ФГУП ЭХ «Кленово-Чегодаево» на двух группах по 10 голов в каждой. Одна группа была контрольная, другая — опытная. Коровы опытной группы за две недели перед отелом и в течение 100 дней после отела получали к основному рациону 150 и 300 г протеина микробиологического синтеза, по 25 и 50 г биологически активной смеси соответственно перед отелом и после отела. Смесь состояла из гранулированной массы органического йода, содержащей в 1 г 0,5 мг йода, сухую биомассу микроводорослей *Spirulina platensis*, сухие пивные ростки в качестве наполнителя в пропорции 40, 6 и 54%. Протеин микробиологического синтеза получен из дрожжей сахаромикетов (*Saccharomyces*), выращенных на сельскохозяйственных целлюлозосодержащих отходах (зерноотходы, отруби, солома, лузга и т.п.).

Рацион для коров после отела (1–100-й дни) был рассчитан на получение 30 кг молока/сут. Во время проведения эксперимента изучались: в конце первого и третьего месяцев лактации следующие биохимические показатели (концентрация общего белка, альбумина, мочевины, кальция, фосфора, магния, хлоридов, холестерина, общего билирубина, глюкозы, триглицеридов, фосфолипидов, активность АлАТ, АсАТ, ЩФ) на автоматическом биохимическом анализаторе «Chem Well» («Awareness Tehnology», США); гематологические показатели (лейкоциты, эритроциты, гемоглобин и гематокрит) на анализаторе «ABC VET» («Horiba ABZ», Франция); молочная продуктивность и качество молока (содержание жира, белка и лактозы) на анализаторе «Bentley 150», показатели воспроизводства.

Результаты исследований обработаны биометрически с определением критерия достоверности Стьюдента — Фишера (Е.К. Меркурьева, 1970) и с использованием программы «Microsoft Office Excel 2007».

#### Результаты и обсуждение / Results and discussion

В таблице 1 показано изменение показателей белкового обмена при использовании в питании коров протеина микробиологического синтеза (МП) и биологически активной смеси (БАС). Содержание общего белка в сыворотке крови в начале исследований в обеих группах находилось на одном уровне, на 3-й месяц произошло превышение в опытной группе. Уменьшение альбуминовой фракции за счет повышения глобулиновой наблюдались как в первый, так и в третий месяц лактации, что может свидетельствовать о повышенной интенсивности белкового обмена, в котором высокодисперсные альбумины могли участвовать. По сравнению с первым месяцем лактации, в третьем произошло снижение мочевины, как в контрольной (с 7,23 до 5,28 ммоль/л), так и в опытной группе (с 7,23 до 5,71 ммоль/л). Данное различие может указывать на повышенное образование аммиака в рубце у коров, получавших МП. По содержанию креатинина наблюдались различия между группами: в опытной оно было ниже по сравнению с контрольной на 15,3%

Таблица 1. Показатели азотистого обмена в организме молочных коров

Table 1. Indicators of nitrogen metabolism in the body of dairy cows

Показатели	Группы	
	контрольная (n = 8)	опытная (n = 9)
1-й месяц лактации		
Общий белок, г/л	93,37±1,09	93,88±2,87
Альбумин, г/л	36,61±0,76	33,40±1,00
Глобулин, г/л	56,76±0,98	60,48±3,15
А/Г	0,62	0,55
Мочевина, ммоль/л	7,23±0,85	7,23±1,46
Креатинин, моль/л	107,5±7,47	91,1±8,18
АЛТ, МЕ/л	23,16±1,59	20,06±1,82
АСТ, МЕ/л	65,57±2,59	67,63±4,28
3-й месяц лактации		
Общий белок, г/л	85,41±1,17	87,99±2,42
Альбумин, г/л	36,19±1,12	32,98±1,06
Глобулин, г/л	49,22±1,42	55,01±2,90
А/Г	0,73	0,59
Мочевина, ммоль/л	5,28±0,45	5,71±0,49
Креатинин, моль/л	81,36±7,34	77,01±4,13
АЛТ, МЕ/л	26,35±1,16	21,21±1,74*
АСТ, МЕ/л	72,67±2,90	70,94±3,43

Примечание: – \* Различия по сравнению с контрольной группой статистически достоверны при  $p < 0,05$

в первый и на 5,4% — в третий месяц лактации, что косвенно может указывать на динамику живой массы коров в этот период.

В таблице 2 приведены показатели углеводно-липидного обмена в организме молочных коров при проведении эксперимента. В показателях углеводного обмена за 3 месяца лактации произошли изменения. Так, содержание глюкозы было выше в сыворотке контрольной группы на 9,2%, а к 3-му месяцу концентрация повысилась как в контрольной (на 35,4%), так и в опытной (на 52,3%) группах, показатель в опытной группе превысил показатель контрольной на 2,2%. Это может быть свидетельством более интенсивных процессов ферментации углеводов в рубце и повышенного образования ЛЖК. По содержанию холестерина также прослеживается увеличение концентрации к 3-му месяцу лактации. Хотя в первый месяц концентрация холестерина была выше на 2,5% в опытной группе по отношению к контрольной к 3-му она уже была ниже на 10,9%, что может указывать на его более интенсивный обмен.

Таблица 2. Показатели углеводно-липидного обмена в организме молочных коров

Table 2. Indicators of carbohydrate-lipid metabolism in the body of dairy cows

Показатели	Группы	
	контрольная (n = 8)	опытная (n = 9)
1-й месяц лактации		
Глюкоза, ммоль/л	4,06±0,12	3,69±0,20
Холестерин общий, ммоль/л	5,17±0,44	5,23±0,36
Триглицериды, ммоль/л	0,38±0,02	0,37±0,01
3-й месяц лактации		
Глюкоза, ммоль/л	5,50±0,25	5,62±0,12
Холестерин общий, ммоль/л	7,24±0,61	6,45±0,34
Триглицериды, ммоль/л	0,38±0,02	0,39±0,01



Концентрация триглицеридов в сыворотке крови в контрольной группе оставалась неизменной на протяжении 3 месяцев лактации, в опытной группе она была ниже на 2,6%, а на 3-м месяце — выше на 2,6%, что также может свидетельствовать о повышении интенсивности липидного обмена.

При проведении биохимических исследований нами выявлены изменения в показателях минерального обмена в организме подопытных коров (таблица 3). Так, активность щелочной фосфатазы на первом месяце лактации была выше в опытной группе на 10,6%, но к 3-му месяцу лактации она уже была меньше на 6,1% по отношению к контролю. Снижение активности ЩФ происходило в обеих группах, но в контрольной она снизилась на 13,5%, а в опытной — на 27,7%. Концентрации кальция, фосфора и магния у всех животных показали некое увеличение, что не могло не отразиться на их соотношениях у коров опытной группы оно оказалось выше. На фоне общего увеличения, по отношению к контролю концентрация кальция оказалась ниже, а фосфора — выше. Содержание железа в сыворотке на протяжении 3 месяцев было ниже в опытной группе.

При изучении гематологических показателей крови мы отмечали, что они находились в пределах физиологических норм и значительно не различались между группами животных.

Во время опыта проводился учет молочной продуктивности, который показал увеличение среднесуточного удоя, в группе, получавшей комплексную добавку к основному рациону. Так, по результатам контрольных доек в первые два месяца лактации среднесуточный удой был выше на 2,2 кг, а в третий — на 3,5 кг в опытной группе. За три месяца лактации от коров контрольной группы в среднем было получено больше молока на 236 кг с головы. Однако опыт также сказался и на составе молока. Так, содержание жира и белка во время наблюдения было немного выше в контрольной группе. Содержание мочевины было выше в контрольной группе и составило 4,60 ммоль/л (4,37 ммоль/л — в опытной группе). Подобная тенденция сохранялась в течение всего периода эксперимента.

Кормовая смесь, включающая йод, оказала положительное влияние на показатели воспроизводства. Так, по состоянию на 270-й день после отела в опытной группе коров 85,4% были стельными при продолжительности сервис-периода 106 дней, в то время как в контрольной группе процент стельных коров составил 57,1 при сервис-периоде 73 дня.

Автор несет ответственность за свою работу и представленные данные.

Автор несет ответственность за плагиат.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, тема 121052600314-1.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abuelo A, Hernández J, Benedito J.L., Castillo C. The importance of the oxidative status of dairy cattle in the periparturient period: Revisiting antioxidant supplementation. *Anim. Physiol. An.* 2015; 99: 1003-1016. doi:10.1111/jpn.12273.
2. Mulligan F.J.; Doherty, M. L., Production diseases of the transition cow. *Veterinary Journal* 2008; 176 (1), 3-9. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.018.
3. Ратошный А.Н., Солдатов А.А., Кононенко С.И. Профилактика нарушений обмена веществ у новотельных коров. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. 136. 211-222. doi: 10.21515/1990-4665-136-030

Таблица 3. Показатели минерального обмена в организме молочных коров

Table 3. Indicators of mineral metabolism in the body of dairy cows

Показатели	Группы	
	контрольная (n = 8)	опытная (n = 9)
1-й месяц лактации		
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	69,52±9,40	77,00±18,41
Кальций, ммоль/л	2,20±0,04	2,19±0,03
Фосфор, ммоль/л	2,19±0,19	2,15±0,15
Отношение: кальция к фосфору	1:0,96	1:0,96
Магний, ммоль/л	1,67±0,03	1,65±0,04
Отношение Са:Р:Мg	1:0,96:0,75	1:0,96:0,75
Железо. Мкмоль/л	19,51±1,83	17,91±0,96
Хлориды, ммоль/л	106,6±1,64	105,71±2,15
3-й месяц лактации		
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	60,17±8,18	56,55±9,87
Кальций, ммоль/л	2,58±0,07	2,37±0,05*
Фосфор, ммоль/л	2,46±0,18	2,62±0,14
Отношение кальция к фосфору	1:0,95	1:1,1
Магний, ммоль/л	1,73±0,05	1,67 ±0,06
Отношение Са:Р:Мg	1:0,95:0,67	1:1,1:0,70
Железо. Мкмоль/л	22,18±0,94	19,61±1,29
Хлориды, ммоль/л	102,96±1,99	103,40±1,39

Различия по сравнению с контрольной группой статистически достоверны при  $p < 0,05$

#### Выводы / Conclusion

Включение в рацион коров в переходный период протеина микробного синтеза, микроводоросли *Spirulina platensis* и органического йода оказало положительное влияние на межклеточный обмен белков, углеводов, липидов и минералов, оптимизировало активность ферментов и гормонов, в результате чего среднесуточный удой у коров опытной группы в течение трех месяцев после отела составил 30,6; 33,3 и 27,8 кг, что было выше, чем у контрольных, на 7,7; 7,1 и 14,1%. У коров опытной группы также улучшились показатели воспроизводства.

The author bears responsibility for the work and presented data.  
The author has made an equal contribution to this scientific work.  
The author bears the equal responsibility for plagiarism.  
The author declares no conflict of interest.

#### FUNDING:

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of Russia, topic 121052600314-1.

#### REFERENCES

1. Abuelo A, Hernández J, Benedito J.L., Castillo C. The importance of the oxidative status of dairy cattle in the periparturient period: Revisiting antioxidant supplementation. *Anim. Physiol. An.* 2015; 99: 1003-1016. doi:10.1111/jpn.12273.
2. Mulligan F.J.; Doherty, M. L., Production diseases of the transition cow. *Veterinary Journal* 2008; 176 (1), 3-9. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.018.
3. Ratoshny A.N., Soldatov A.A., Kononenko S.I. Prevention of metabolic disorders in new-bodied cows. *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2018. No. 136. 211-222. doi: 10.21515/1990-4665-136-030 (In Russian)

- Politis I., Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality. *Animal* 2012; 6 (9), 1427-1434. doi:10.1017/S1751731112000225.
- Боголюбова Н.В., Романов В.Н., Мишуров А.В., Короткий В.П., Рыжов В.А. Способ снижения энергетических дефицитов у новотельных коров. *Ученые записки учреждения образования Витебской области Знак почета государственная академия ветеринарной медицины*. 2017; 53 (3), 85-88.
- Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных животных. НИЦ Инженер. 1997; 419 с.
- Фомичев Ю.П., Гусев И.В., Нетеча З.А., Сулима Н.Н., Шайахметов Б.Д. Обогащение аминокислотами рациона молочных коров путем применения в кормлении высокобелкового сухого кормового концентрата. *Зоотехния*. 2014; 4, 7-10.
- Marco Iannaccone, Andrea Ianni, Ramy Elgendy, Camillo Martino, Mery Giantin, Lorenzo Cerretani, Mauro Dacasto, Giuseppe Martino. Iodine Supplemented Diet Positively Affect Immune Response and Dairy Product Quality in Friesian Cow. *Animals (Basel)*. 2019 Nov; 9 (11): 866. doi.org/10.3390/ani9110866
- Brianne A. Altmann, S. Rosenau. *Spirulina as Animal Feed: Opportunities and Challenges*. *Foods* 2022, 11 (7). doi.org/10.3390/foods11070965
- Евсенина М.В. Молочная продуктивность коров, состав и физико-химические свойства молока при введении в рацион лактирующих коров микроводоросли *Spirulina Platensis*. *Сборник научных трудов молодых ученых Рязанской ГСХА*. 2006; 129-131.
- Patent, Dry powdery fodder additive, supplement or fodder containing algae spirulina platensis. Rimkus M., Simkus A., Syvys R., Birutis S. 2010-09-23 Publication of WO2010106468A1
- Фомичев Ю.П., Боголюбова Н.В., Мишуров А.В., Рыков Р.А. Биокоррекция ферментативных и микробиологических процессов в рубце, межкучный обмен у овец путем применения в питании антиоксиданта и органического йода. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019; 4, 43-47. doi:10.31857/S2500-26272019443-47
- Боголюбова Н.В., Романов В.Н., Рыков Р.А. Особенности обменных процессов в организме коров с использованием в рационах комплекса дополнительного питания. *Генетика и разведение животных*. 2019; 4. 92-97. doi:10.31043/2410-2733-2019-3-3-10
- Alaa Emara Rabee, Boshra R. Younan, Khalid Z. Kewan, Ebrahim A. Sabra & Mebarek Lamara Modulation of rumen bacterial community and feed utilization in camel and sheep using combined supplementation of live yeast and microalgae. *Scientific Reports* 1212, Article number: 12990 (2022) doi: 10.1038/s41598-022-16988-5
- Politis I., Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality. *Animal* 2012; 6 (9), 1427-1434. doi:10.1017/S1751731112000225.
- Bogolyubova N.V., Romanov V.N., Mishurov A.V., Korotkij V.P., Ryzhov V.A. The method of minimizing energy deficits in newly-calved cows. *Scientific Notes of the Educational Institution Vitebsk Order Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*. 2017; 53 (3), 85-88. (In Russian)
- Aliev, A.A. Metabolism in ruminants. Research Center Engineer. 1997; 419 (In Russian)
- Fomichev Yu.P., Gusev I.V., Netecha Z.A., Sulima N.N., Shayakhmetov B.D.. Enrichment with amino acids in the diet of dairy cows through the use of high-protein dry feed concentrate in feeding. *Zootekhnika*. 2014; 4, 7-10. (In Russian)
- Marco Iannaccone, Andrea Ianni, Ramy Elgendy, Camillo Martino, Mery Giantin, Lorenzo Cerretani, Mauro Dacasto, Giuseppe Martino. Iodine Supplemented Diet Positively Affect Immune Response and Dairy Product Quality in Friesian Cow. *Animals (Basel)*. 2019 Nov; 9 (11): 866. doi.org/10.3390/ani9110866
- Brianne A. Altmann, S. Rosenau. *Spirulina as Animal Feed: Opportunities and Challenges*. *Foods* 2022, 11 (7). doi.org/10.3390/foods11070965
- Evsenina M. V. Milk productivity of cows, composition and physico-chemical properties of milk when microalgae *Spirulina platensis* is introduced into the diet of lactating cows. *Collection of scientific works of young scientists of the Ryzan State Agricultural Academy*. 2006; 129-131 (In Russian)
- Patent Dry powdery fodder additive, supplement or fodder containing algae spirulina platensis. Rimkus M., Simkus A., Syvys R., Birutis S. 2010-09-23 Publication of WO2010106468A1
- Fomichev Yu.P., Bogolyubova N.V., Mishurov A.V., Rykov R.A. Biocorrection enzymatic and microbiological processes in the rumen, intermediate metabolism of sheep by applying to the feeding of oxidant and organic iodine. *Russian agricultural science*. 2019; 4, 43-47. doi:10.31857/S2500-26272019443-47 (In Russian)
- Bogolyubova N.V., Romanov V.N., Rykov R.A. Features of metabolic processes in the body of cows with the use of additional nutrition in the diets. *Genetics and animal breeding*. 2019; 4. 92-97. doi:10.31043/2410-2733-2019-3-3-10 (In Russian)
- Alaa Emara Rabee, Boshra R. Younan, Khalid Z. Kewan, Ebrahim A. Sabra & Mebarek Lamara Modulation of rumen bacterial community and feed utilization in camel and sheep using combined supplementation of live yeast and microalgae. *Scientific Reports* 1212, Article number: 12990 (2022) doi: 10.1038/s41598-022-16988-5

#### ОБ АВТОРАХ:

**Роман Анатолиевич Рыков**, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии с/х животных Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Российская Федерация  
E-mail: Brukw@bk.ru  
<https://orcid.org/0000000302288901>

#### ABOUT THE AUTHORS:

**Roman Anatolievich Rykov**, senior researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Agricultural Animals  
Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Podolsk city district, Moscow region, 142132, Russian Federation  
E-mail: Brukw@bk.ru  
<https://orcid.org/0000000302288901>

# АГРО ЭКСПО КРЫМ

ХІ МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРАРНАЯ ВЫСТАВКА

**15-17 ФЕВРАЛЯ 2023**



Сельхоз техника и оборудование



Птицеводство



Молочная промышленность



Цифровизация



Системы полива



Пчеловодство



Оборудование пищевой промышленности



Инвестиции



Растениеводство



Сыроварение



Готовая с/х продукция



СМИ



Животноводство



Виноградарство и виноделие



Научная деятельность



Господдержка



ЭКСПО КРЫМ

Республика Крым,  
г. Симферополь,  
пгт Аэрофлотский,  
площадь Аэропорта, 14.






Б. С. Нуржанов,  
Ш. Г. Рахматуллин,  
Г. К. Дускаев, ✉  
Г. И. Левахин

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий  
Российской академии наук, Оренбург,  
Российская Федерация

✉ baer.nurzhanov@mail.ru

Поступила в редакцию:  
29.06.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-53-56

Baer S. Nurzhanov,  
Shamil G. Rakhmatullin,  
Galimzhan K. Duskaev, ✉  
Georgy I. Levakhin

Federal Research Centre of Biological  
Systems and Agrotechnologies of the  
Russian Academy of Sciences, Orenburg,  
Russian Federation

✉ baer.nurzhanov@mail.ru

Received by the editorial office:  
29.06.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Изменение содержания химических элементов в тканях тела бройлеров при скормливании пробиотика *Bacillus cereus* и кумарина

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В связи с отменой кормления животных низкими дозами антибиотиков, ведется поиск альтернативных веществ, среди которых перспективными могут стать фитобиотики и пробиотики. Использование кормовых добавок на растительной основе в питании сельскохозяйственных животных и птицы способствует улучшению здоровья, а, следовательно, и улучшению продуктивных качеств. Цель исследования: изучить влияние пробиотика (*Bacillus cereus* IP 5832) и кумарина как по отдельности, так и совместно на содержание химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров.

**Методы.** Объектом исследования являлись 7-дневные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес. В своих исследованиях мы использовали: пробиотик на основе штамма *Bacillus cereus* и кумарин. Схема эксперимента: контрольная группа (К) — основной рацион (ОР), I опытная — ОР + *Bacillus cereus* (доза  $12,6 \times 10^3$  микробных тел/кг корма/сутки), II опытная — ОР + кумарин (доза 2 мг/кг корма/сут.), III опытная — ОР + *Bacillus cereus* + кумарин. Период эксперимента — 35 дней. Анализ элементного состава тканей определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на квадрупольном масс-спектрометре «Nexion 300D» и атомно-эмиссионном спектрометре «Optima 2000 DV».

**Результаты.** В результате проведенных экспериментов по скормливанию бройлерам пробиотика на основе штамма *Bacillus cereus* и кумарина установлено их положительное влияние на накопление в печени и грудных мышцах эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов и снижение присутствия ряда токсичных элементов.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, пробиотик *Bacillus cereus*, кумарин, печень, грудные мышцы, химические элементы

**Для цитирования:** Нуржанов Б.С., Рахматуллин Ш.Г., Дускаев Г.К., Левахин Г.И. Изменение содержания химических элементов в тканях тела бройлеров при скормливании пробиотика *Bacillus cereus* и кумарина. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 53-56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-53-56>

© Нуржанов Б.С., Рахматуллин Ш.Г., Дускаев Г.К., Левахин Г.И.

# Changes in the concentration of chemical elements in the body tissues of broilers when fed with the probiotic *Bacillus cereus* and coumarin

## ABSTRACT

**Relevance.** Due to the cancellation of feeding animals with low doses of antibiotics, alternative substances are being searched, phytobiotics and probiotics may become promising. The use of plant-based feed additives in the nutrition of farm animals and poultry contributes to improving health, and, consequently, improving productive qualities. The purpose of the study: to study the effect of probiotic (*Bacillus cereus* IP 5832) and coumarin both separately and together on the concentration of chemical elements in the body tissues of broiler chickens.

**Methods.** The object of the study was 7-day-old broiler chickens of the Arbor Acres cross. In our research we used: probiotic based on *Bacillus cereus* strain and coumarin. Experimental scheme: control group (C) — the main diet (MD), experimental group I — MD + *Bacillus cereus* (dose of  $12,6 \times 10^3$  microbial bodies/kg of feed/day), experimental group II — MD + coumarin (dose of 2 mg/kg of feed/day), experimental group III — MD + *Bacillus cereus* + coumarin. The experiment period is 35 days. Analysis of the elemental composition of tissues was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry on a "Nexion 300D" quadrupole mass spectrometer and an "Optima 2000 DV" atomic emission spectrometer.

**Results.** As a result of experiments conducted on feeding probiotics to broilers based on *Bacillus cereus* and coumarin strains, their positive effect on the accumulation of essential and conditionally essential trace elements in the liver and pectoral muscles and a decrease in the presence of a number of toxic elements was established.

**Key words:** broiler chickens, probiotic *Bacillus cereus*, coumarin, liver, pectoral muscles, chemical elements.

**For citation:** Nurzhanov B.S., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K., Levakhin G.I. Changes in the concentration of chemical elements in the body tissues of broilers when fed with the probiotic *Bacillus cereus* and coumarin. Agrarian science. 2022; 363 (10): 53-56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-53-56> (In Russian).

© Nurzhanov B.S., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K., Levakhin G.I.



## Введение / Introduction

Фитобиотики были классифицированы как кормовые добавки на растительной основе, улучшающие здоровье сельскохозяйственных животных и птиц [1, 2]. В птицеводстве скормливание фитобиотиков является целесообразным и имеет хорошие перспективы для кормовой промышленности в будущем, благодаря их природному происхождению [3]. Однако количество доступных соединений, а также разнообразие форм, в которых встречаются фитобиотики, является недостатком, так как еще многие их свойства остаются неизвестными исследователям.

Также, в последние годы и пробиотики стали более популярными в мире пищевых и кормовых добавок в птицеводстве, выступая в качестве заменителей антибиотиков. Прежде всего, пробиотики являются универсальными кормовыми добавками, которые можно использовать в сочетании с другими для улучшения продуктивности и здоровья. Их положительные эффекты можно наблюдать непосредственно в желудочно-кишечном тракте и опосредованно, в иммуномодуляции иммунной системы птицы. Пищевые эффекты, наблюдаемые у птиц, получающих пробиотики, включают повышение яйценоскости и качества яиц, увеличение дневного прироста и улучшение коэффициента конверсии корма. Универсальность пробиотиков и тот факт, что бактерии, используемые при их производстве, являются неотъемлемой частью микробиома животных, делают их безопасными кормовыми добавками. Несмотря на ограничения Европейского союза, пробиотики обладают потенциалом для улучшения производства и здоровья в птицеводстве и за его пределами [4].

Исследования показали, что комбинация фитобиотического препарата с пробиотиком благотворно влияет на показатели крови [5, 6] и обладает выраженным антимикробным действием, что продемонстрировано исследованиями на примере *Escherichia coli* [7].

Целью исследования являлась оценка влияния пробиотика (*Bacillus cereus* IP 5832) и растительного фитобиотика кумарина как по отдельности, так и совместно на содержание ряда химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров.

## Материалы и методы / Materials and methods

Объект исследования — семидневные цыплята-бройлеры (кросс Арбор Айкрес), период эксперимента составил 35 дней ( $n = 200$ , 4 группы). В эксперименте использовался пробиотик *Bacillus cereus* IP 5832 и химическое вещество растительного происхождения 7-гидроксикумарин (кумарин). Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российского ГОСТ 33215-2014 и Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях. Были предприняты все усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить число используемых образцов.

Птица выращивалась в групповых клетках, со свободным доступом к корму и воде. Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная — ОР + *Bacillus cereus* (доза  $12,6 \times 10^3$  микробных тел/кг корма/сутки), II опытная — ОР + кумарин (доза 2 мг/кг корма/сут.), III опытная — ОР + *Bacillus cereus* + кумарин.

После убоя в пробах тканей (печень, мышечная ткань) определяли массовую долю сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, массовую

долю сырой золы, аминокислотный состав тканей по стандартизированным методикам в Центре коллективного пользования, биологических систем и агротехнологий г. Оренбург. Анализ элементного состава тканей определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на квадрупольном масс-спектрометре «Nexion 300D» и атомно-эмиссионном спектрометре «Optima 2000 DV».

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием пакета «Statistika 10RU».

## Результаты и их обсуждение / Results and discussion

Включение в рацион цыплят-бройлеров пробиотика и кумарина как отдельно, так и совместно оказало определенное влияние на содержание химических элементов в печени (табл. 1).

Контрольный молодняк птиц уступал сверстникам из I–III группы по содержанию в печени бора на 11,18–18,42%, меди — на 4,69–12,83%, кремния — на 54,00–81,65%, цинка — на 14,91–31,81%, железа — на 60,54–108,11%. Бройлеры, получавшие с основным рационом пробиотик и кумарин, откладывали в печени марганца на 22,87% и селена — на 18,76% больше относительно контрольных значений.

Содержание всех изученных макроэлементов в печени опытных птиц было выше по сравнению с контрольным молодняком: кальция — на 13,63–27,27%,

Таблица 1. Содержание химических элементов в печени  
Table 1. Content of chemical elements in the liver

Элемент	контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа	III опытная группа
<b>Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг</b>				
Бор (B)	1,52±0,150	1,8±0,180	1,69±0,170	1,74±0,170
Кобальт (Co)	0,047±0,007	0,053±0,008	0,053±0,008	0,05±0,007
Хром (Cr)	0,365±0,044	0,489±0,059	0,37±0,044	0,268±0,032
Медь (Cu)	20,65±2,070	23,11±2,310	21,62±2,160	23,3±2,330
Йод (I)	0,86±0,104	1,08±0,110	0,862±0,103	0,942±0,113
Литий (Li)	0,13±0,016	0,108±0,013	0,059±0,009	0,049±0,007*
Марганец (Mn)	15,3±1,530	15,04±1,500	18,8±1,880	16,44±1,640
Никель (Ni)	0,036±0,005	0,202±0,024*	0,05±0,008	0,01±0,002*
Селен (Se)	3,41±0,340	3,49±0,350	4,05±0,400	3,85±0,390
Кремний (Si)	3,87±0,390	6,15±0,620	5,96±0,600	7,03±0,700
Ванадий (V)	0,13±0,016	0,063±0,009	0,088±0,013*	0,06±0,009*
Цинк (Zn)	88,76±8,88	102,0±10,0	117,0±12,0	103,0±10,0
Железо (Fe)	702,0±70,0	1461±146,0*	1342±134,0*	1127±113,0
<b>Макроэлементы, г/кг</b>				
Кальций (Ca)	0,22±0,023	0,27±0,028	0,28±0,028	0,25±0,025
Калий (K)	13,56±1,356	15,56±1,556	16,03±1,604	15,7±1,578
Магний (Mg)	0,76±0,076	0,86±0,086	0,95±0,096	0,88±0,088
Натрий (Na)	2,47±0,247	3,1±0,311	3,36±0,336	3,88±0,389
Фосфор (P)	12,74±1,274	14,45±1,446	14,81±1,481	14,22±1,422
<b>Токсичные и условно-токсичные элементы, мг/кг</b>				
Кадмий (Cd)	0,259±0,031	0,152±0,018	0,288±0,035	0,141±0,017
Свинец (Pb)	0,013±0,002	0,019±0,003	0,013±0,002	0,014±0,002
Олово (Sn)	0,014±0,002	0,025±0,004	0,013±0,002	0,011±0,002

Примечания: \* —  $p \leq 0,05$ ; \*\* —  $p \leq 0,01$ , в сравнении с контрольной группой

калия — на 14,74–18,21%, марганца — 13,15–25,0%, натрия — 25,50–57,08%, фосфора — 11,61–16,24%.

Бройлеры, получавшие с основным рационом кумарин, характеризовались меньшим содержанием в печени таких токсичных элементов, как кадмий — на 45,55%, олово — на 21,42%, в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы.

Включение в состав рациона кумарина способствовало увеличению содержания в грудных мышцах химических элементов: Co — на 0,008 мг/кг, Cu — на 1,24 мг/кг, Mn — на 0,05 мг/кг, Se — на 0,6 мг/кг, Zn — на 14,89 мг/кг и Fe — на 10,72 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2. Содержание химических элементов в грудных мышцах  
Table 2. Content of chemical elements in the pectoral muscles

Элемент	контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа	III опытная группа
<b>Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг</b>				
Бор (B)	1,89±0,19	1,66±0,17	1,86±0,19	0,83±0,1*
Кобальт (Co)	0,003±0,001	0,004±0,001	0,011±0,002	0,018±0,003*
Хром (Cr)	0,203±0,024	0,15±0,019	0,21±0,025	0,108±0,013
Медь (Cu)	2,08±0,21	1,73±0,17	3,32±0,33	1,53±0,15
Йод (I)	1,6±0,160	0,79±0,096*	0,79±0,095*	0,30±0,036*
Литий (Li)	0,022±0,003	0,009±0,002	0,008±0,002*	0,30±0,037*
Марганец (Mn)	0,69±0,083	0,57±0,069	0,74±0,089	0,66±0,08
Никель (Ni)	0,022±0,003	0,034±0,005	0,04±0,006*	0,033±0,005
Селен (Se)	0,77±0,093	0,66±0,08	0,83±0,101	0,48±0,059
Кремний (Si)	10,47±1,05	7,28±0,73	9,67±0,97	6,02±0,6
Ванадий (V)	0,02±0,003	0,014±0,002	0,019±0,003	0,008±0,002
Цинк (Zn)	16,06±0,61	24,77±0,48	30,95±3,09*	21,73±2,17*
Железо (Fe)	30,55±3,060	27,98±2,800	41,27±4,130	27,19±2,72
<b>Макроэлементы, г/кг</b>				
Кальций (Ca)	0,16±0,017	0,16±0,017	0,19±0,02	0,19±0,02
Калий (K)	20,98±2,099	19,13±1,913	19,51±1,951	20,84±2,085
Магний (Mg)	1,32±0,132	1,35±0,136	1,33±0,133	1,35±0,136
Натрий (Na)	1,70±0,17	1,58±0,158	2,18±0,218	2,41±0,241
Фосфор (P)	11,19±11,20	10,97±1,097	11,07±1,108	10,16±1,016
<b>Токсичные и условно-токсичные элементы, мг/кг</b>				
Мышьяк (As)	0,033±0,005	0,021±0,003	0,024±0,004	0,016±0,002
Кадмий (Cd)	0,118±0,014	0,082±0,012	0,068±0,010	0,079±0,012
Свинец (Pb)	0,028±0,004	0,015±0,002	0,023±0,003	0,014±0,002
Олово (Sn)	0,007±0,002	0,010±0,002	0,020±0,003	0,020±0,003

Примечания: \* —  $p \leq 0,05$ ; \*\* —  $p \leq 0,01$ , в сравнении с контрольной группой

Отмечено, что данное увеличение происходило на фоне снижения ряда веществ: I ( $p = 0,81$ ), Li ( $p = 0,014$ ), Si ( $p = 0,8$ ).

Птицы из I и III групп, получавшие раздельно пробиотик и кумарин, превосходили контрольную по содержанию кобальта на 0,001 и 0,015 мг/кг, цинка — на 8,71 и 5,67 мг/кг соответственно.

Бройлеры из III группы, получавшие кумарин, имели наибольшее содержание в грудных мышцах кальция — на 18,75% больше, чем в контроле, магния — на 2,27%

и натрия — на 41,76%. При этом в их мышцах меньше накапливалось: мышьяка — на 51,5%, кадмия — на 33,05%, свинца — на 50,0% соответственно.

В литературе нет информации о влиянии *Bacillus cereus* или кумарина на минеральный состав печени или мышечной ткани бройлеров, поэтому наше исследование было проведено как попытка получить дополнительную информацию по этой теме. Хотя в литературе встречаются сведения об изучении содержания микро- и макроэлементов в печени сельскохозяйственных животных [8], где отмечена зависимость содержания веществ от окружающей среды, кормовых факторов и др.

В литературе есть сведения о влиянии питания, дополненного жирными семенами, на минеральный состав грудных мышц бройлеров; высокие содержания Fe, обнаруженные в мышцах, могут быть связаны с высоким уровнем элемента в крови [9].

Учитывая, что кумарины входят в состав экстрактов многих растений, мы предполагаем, что аналогичные исследования, связанные с включением растений в состав рационов бройлеров, могут в определенной степени объяснить полученные данные. Например, при оценке различных уровней добавок эфирного экстракта *Boswellia serrata* в рационе цыплят-бройлеров [10], был обнаружен повышенный уровень Ca в мышцах груди, голени и печени, а также Mg — в мышцах голени и печени. Добавление *Boswellia serrata* уменьшало содержание Cu (в мышцах груди и голени, а также в печени) и содержание Zn (в мышцах голени). В нашем случае аналогичный эффект наблюдался по Ca, Mg, Zn в печени.

Кормление добавкой кориандра и розмарина не показала существенных различий для K и Fe в мясе бройлеров, однако кормление розмарином показало самые высокие проценты для Na, Mg и Ca [11], что также согласуется с нашими данными. Ранее отмечено, что Fe является преобладающим металлом в печени, а Zn является преобладающим металлом в бедренных и грудных мышцах бройлеров [12], что также согласуется с полученными результатами.

На наш взгляд, возможными механизмами действия пробиотического штамма *Bacillus cereus* в организме, способствующими изменению химического состава печеночной и мышечной ткани, могут быть производство ими бактериоцинов, подавление экспрессии генов вирулентности, конкуренция за адгезию веществ, производство литических ферментов, производство антибиотиков, иммуностимуляция, конкуренция за питательные вещества и энергию, и производство органических кислот [13–15].

### Выводы / Conclusion

В результате проведенных экспериментов по скормливанию бройлерам пробиотика на основе штамма *Bacillus cereus* и кумарина, установлено их положительное влияние на накопление в печени и грудных мышцах эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов и снижение присутствия ряда токсичных элементов. Так, бройлеры, получавшие с основным рационом кумарин, характеризовались меньшим содержанием в печени таких токсичных элементов, как кадмий — на 45,55%, олово — на 21,42% в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы. В то же время включение в состав рациона кумарина способствовало увеличению в грудных мышцах химических элементов: Co — на 0,008 мг/кг, Cu — на 1,24 мг/кг, Mn — на 0,05 мг/кг, Se — на 0,6 мг/кг, Zn — на 14,89 мг/кг и Fe — на 10,72 мг/кг.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.  
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.  
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.  
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.  
The authors declare no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследования выполнены в рамках темы  
НИР №0761-2019-0005.

## FUNDING:

The research was carried out within the framework of the research work 0761-2019-0005.

## REFERENCES:

1. Hashemi S.R., Davoodi H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet. Res. Commun.* 2011;35: 169-180. doi: 10.1007/s11259-010-9458-2.
2. Yang Y., Iji P.A., Choct M. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: A review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poultry Sci. J.* 2009; 65: 97-114. doi: 10.1017/S0043933909000087.
3. Grashorn M.A. Use of phytobiotics in broiler nutrition – An alternative to in-feed antibiotics. *J. Anim. Feed Sci.* 2010; 19: 338-347. doi: 10.22358/jafs/66297/2010.
4. Katarzyna Krysiak, Damian Konkol and Mariusz Korczyński Overview of the Use of Probiotics in Poultry Production. *Animals (Basel)*. 2021. 11(6): 1620. doi: 10.3390/ani11061620.
5. Ren H., Vahjen W., Dadi T., Salu E.-M., Borojeni F.G., Zentek J. Synergistic Effects of Probiotics and Phytobiotics on the Intestinal Microbiota in Young Broiler Chicken. *Microorganisms*. 2019; 7:684. doi: 10.3390/microorganisms7120684.
6. Kvan O., Duskaev G., Rakhmatullin S., Kosyan D. Changes in the content of chemical elements in the muscle tissue of broilers on the background of plant extract and tetracyclines. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2019. 10 (12): 419-423. doi: 10.18178/ijesd.2019.10.12.1209.
7. Kjellin M., Johansson I. Surfactants from Renewable Resources. John Wiley & Sons; Hoboken, NJ, USA: 2010.
8. Kicińska A., Glichowska P and Mamak M. Micro- and macroelement contents in the liver of farm and wild animals and the health risks involved in liver consumption. *Environ Monit Assess*. 2019; 191(3): 132.

9. Zając M., Kiczorowska B., Samolińska W. and Klebaniuk R. Inclusion of Camelina, Flax, and Sunflower Seeds in the Diets for Broiler Chickens: Apparent Digestibility of Nutrients, Growth Performance, Health Status, and Carcass and Meat Quality *Traits. Animals (Basel)*. 2020; 10(2): 321.
10. Al-Yasiry A. R. M., Kiczorowska B. and Samolińska W. Effect of Boswellia serrata Resin Supplementation on Basic Chemical and Mineral Element Composition in the Muscles and Liver of Broiler Chickens. *Biol Trace Elem Res*. 2017; 179(2): 294-303.
11. Firas R. J. Investigation of biochemical blood parameters, characteristics for carcass, and mineral composition in chicken meat when feeding on coriander seed and rosemary leaves. *J. Adv Vet. Anim. Res*. 2019; 6(1): 33-43.
12. Stef D.S., Gergen I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. *Chem Cent J*. 2012; 6: 19.
13. Kuebutornye F.K.A., Abarike E.D., Lu Y., Hlordzi V., Sakyi M.E., Afriyie G., Wang Z., Li Y., Xie C.X. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. *Fish Physiol Biochem*. 2020; 17. doi: 10.1007/s10695-019-00754-y.
14. Schofield B.J., Lachner N., Le O.T., McNeill D.M., Dart P., Ouwerkerk D., Hugenholtz P., Klieve A.V. Beneficial changes in rumen bacterial community profile in sheep and dairy calves as a result of feeding the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* H57. *J. Appl Microbiol*. 2018; 124 (3): 855-866.
15. Plaza-Diaz J., Gomez-Llorente C., Fontana L., Gil A. Modulation of immunity and inflammatory gene expression in the gut, in inflammatory diseases of the gut and in the liver by probiotics. *World J. Gastroenterol*. 2014; 20 (42): 15632-15649.

## ОБ АВТОРАХ:

### Баер Серекпаевич Нуржанов,

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация  
тел.: +7 (35-32) 30-81-70,  
<https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>  
e-mail: baer.nurzhanov@mail.ru.

### Шамиль Гафиуллинович Ракхматуллин,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация  
тел.: +7 (922) 815-72-25,  
<https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>  
e-mail: shahm2005@rambler.ru.

### Галимжан Калиханович Дускаев,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация  
тел.: +7 (35-32) 30-81-70,  
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>  
e-mail: gduskaev@mail.ru.

### Георгий Иванович Левахин,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация  
тел.: +7 (35-32) 30-81-70,  
<https://orcid.org/0000-0002-8686-1284>  
e-mail: fncbst@mail.ru

## ABOUT THE AUTHORS:

### Baer Serekpavich Nurzhanov,

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation  
tel.: +7 (35-32) 30-81-70,  
<https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>  
e-mail: baer.nurzhanov@mail.ru

### Shamil Gafullovich Rakhmatullin,

PhD, senior researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation  
tel.: +7 (922) 815-72-25,  
<https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>  
e-mail: shahm2005@rambler.ru

### Galimzhan Kalihanovich Duskaev,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation  
tel.: +7 (35-32) 30-81-70,  
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>  
e-mail: gduskaev@mail.ru

### Georgiy Ivanovich Levakhin,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation  
tel.: +7 (35-32) 30-81-70,  
<https://orcid.org/0000-0002-8686-1284>  
e-mail: fncbst@mail.ru



Ю.К. Петруша<sup>1</sup>, ✉  
С.В. Лебедев<sup>1</sup>,  
Е.В. Шейда<sup>1, 2</sup>,  
Ш.Г. Рахматуллин<sup>1</sup>,  
В.В. Гречкина<sup>1, 3</sup>,  
О.А. Завьялов<sup>1</sup>,  
А.Н. Фролов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Российская Федерация

✉ fncbst@mail.ru

Поступила в редакцию:  
19.05.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Research article

 creative commons  
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-57-62

Yuri K. Petrusha<sup>1</sup>, ✉  
Svyatoslav V. Lebedev<sup>1</sup>,  
Elena V. Sheida<sup>1, 2</sup>,  
Shamil G. Rakhmatullin<sup>1</sup>,  
Victoria V. Grechkina<sup>1, 3</sup>,  
Oleg A. Zavyalov<sup>1</sup>,  
Alexey N. Frolov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation,

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation,

<sup>3</sup> Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russian Federation,

✉ fncbst@mail.ru

Received by the editorial office:  
19.05.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Изучение продуктивных качеств и уровня химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Оценка энергетической ценности кормов и степени их усвояемости важна для промышленности, поскольку позволяет лучше учитывать влияние дополнительных компонентов в составах рационов и рассчитывать ценность этих добавок в различных составах рационов. Это особенно важно в рационах, содержащих повышенное количество неструктурных углеводов, потому что энергетическую эффективность переваривания или ферментации сахаров нельзя напрямую сравнивать с перевариванием и усвоением крахмала, жира или белка.

**Методика.** Объектом исследования являются цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкросс. Контрольная группа содержалась на основном рационе, а в рацион опытных групп дополнительно вводили 10% казеина (протеинов) от сухого вещества рациона, 10% сахара (углеводов) от сухого вещества рациона и 10% подсолнечного масла (жиров) от сухого вещества рациона. Оценка содержания токсичных элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра «Elan 9000» и атомно-эмиссионного спектрометра «Optima 2000 V».

**Результаты.** В финишный период выращивания в опытных группах отмечено повышение переваримости всех компонентов рациона относительно контрольных показателей. При сравнении с контролем уровни переваримости СВ и ОВ в I группе были выше на 6,8% и 7,1%, во II — на 8,5% и 8,4%, в III — на 5,7% и 5,6% соответственно. Коэффициент переваримости сырого протеина был выше в группе, получавшей казеин, относительно контроля данный показатель был выше на 7,3%. Переваримость СЖ была максимальной в III опытной группе и составила 90,23%, что выше чем в контроле, на 26,5% ( $p \leq 0,05$ ). Степень переваримости углеводов оказалась выше в группе, получавшей сахар, относительно контроля на 9,5%.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, белки, жиры, углеводы, казеин, сахароза, живая масса, прирост

**Для цитирования:** Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Шейда Е.В. Рахматуллин Ш.Г., Гречкина В.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н. Изучение продуктивных качеств и уровня химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 57-62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-57-62>

© Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Гречкина В.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н.

## Study of the productive qualities and the level of chemical elements in the body of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutrient supply of the diet

### ABSTRACT

**Relevance.** Estimating the energy content of feeds and their digestibility is important to the industry in order to better account for the effects of additives in diet formulations and to calculate the value of these additives in different diet formulations. This is especially important in diets that are high in non-structural carbohydrates because the energy efficiency of digesting or fermenting sugars cannot be directly compared to the digestion and absorption of starch, fat, or protein.

**Methodology.** The object of the study are broiler chickens of the Arbor Acres cross. The control group was kept on the main diet, and the diet of the experimental groups was supplemented with 10% casein (proteins) from the dry matter of the diet, 10% sugar (carbohydrates) from the dry matter of the diet and 10% sunflower oil (fats) from the dry matter of the diet. The content of toxic elements in the resulting ash was assessed using an "Elan 9000" mass spectrometer and an "Optima 2000 V" atomic emission spectrometer.

**Results.** In the final period of cultivation in the experimental groups, an increase in the digestibility of all components of the diet relative to the control indicators was noted. When compared with the control, the level of digestibility of DM and OM in group I was higher by 6.8% and 7.1%, in II — by 8.5% and 8.4%, in III — by 5.7% and 5.6% respectively. The coefficient of digestibility of crude protein was higher in the group treated with casein, compared to the control, this indicator was higher by 7.3%. Digestibility of SF was maximum in the III experimental group and amounted to 90.23%, which is higher than in the control by 26.5% ( $p \leq 0.05$ ). The degree of digestibility of carbohydrates was higher in the group that received sugar, relative to the control by 9.5%.

**Key words:** broiler chickens, proteins, fats, carbohydrates, casein, sucrose, live weight, gain.

**For citation:** Petrusha Yu.K., Lebedev S.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Grechkina V.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N. Study of the productive qualities and the level of chemical elements in the body of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutrient supply of the diet. Agrarian science. 2022; 363 (10): 57-62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-57-62> (In Russian).

© Petrusha Yu.K., Lebedev S.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Grechkina V.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N.

## Введение / Introduction

Оценка энергетической ценности кормов и степени их усвояемости важна для промышленности, поскольку позволяет лучше учитывать влияние дополнительных компонентов в составах рационов и рассчитывать ценность этих добавок в различных составах рационов. Это особенно важно в рационах, содержащих повышенное количество неструктурных углеводов, потому что энергетическую эффективность переваривания или ферментации сахаров нельзя напрямую сравнивать с перевариванием и усвоением крахмала, жира или белка [1].

Наиболее важным питательным веществом в рационе домашней птицы считается энергия, полученная от отдельных компонентов корма, хотя сама энергия не преобразуется в глюкозу в мясе или яйцах. Большая часть углеводов, содержащихся в зернах злаков, содержится в виде крахмала, который легко усваивается домашней птицей [2]. На них приходится от 60% до 65% метаболизируемой энергии в рационе домашней птицы; они в рационе птицы представлены зерновыми культурами, такими как кукуруза, сорго, пшеница и ячмень. В рационах домашней птицы зерновые являются наиболее приемлемым источником энергии. Физиологические механизмы, с помощью которых домашняя птица реагирует на различные концентрации энергии в рационе, неизвестны, хотя было предложено несколько возможных механизмов [3, 4]. Для увеличения энергии рациона обычно практикуется добавление масла и жира. В ряде исследований предлагается использовать жирные кислоты в рационе для увеличения энергии [5–11]. Очень мало исследований касалось использования сахарозы в кормах [12–19], хотя NRC предлагал вариант рациона птицы с использованием до 15% чистой сахарозы в 1984 году.

Недавним достижением в области технологии кормов и питания животных является разработка сахарного сиропа, промежуточного продукта переработки сахара в качестве энергетического корма для домашней птицы. В исследовании отмечено, что использование данного продукта обеспечивает мгновенную подачу энергии и является лучшей заменой крахмалу и растительному маслу. Он не имеет физических ограничений на включение в рацион и сохраняет связующий эффект, будучи при этом более ароматным и вкусным. Птице нужна глюкоза для формирования мышечной массы, производства яиц и продолжительной яйценоскости. Поэтому глюкоза является жизненно важным питательным веществом в рационе [20].

Рационы для бройлеров обычно состоят из использования стандартизированных или истинных коэффициентов усвояемости аминокислот. Скорость и место переваривания белка в пищеварительном тракте были исследованы у различных видов, включая жвачных животных и людей [21, 22]. Касательно бройлеров появляется все больше данных того, что место и скорость переваривания белка и поглощения аминокислот влияют на мясную продуктивность бройлеров [23–25]. Liu et. al. определили коэффициенты перевариваемости белка и сообщили, что 79% белка переваривается в тонкой кишке [26]. Скорость переваривания белка наряду со статическими коэффициентами перевариваемости в кишечнике может быть использована для дальнейшего повышения продуктивности бройлеров.

Масла и другие жиры обычно используются в рационах домашней птицы для увеличения метаболизируемой энергии, поскольку они дают в 2,3 раза больше калорий, чем углеводы и белки. Увеличение жировых

добавок влияет на эффективность кормов и рентабельность в птицеводстве. Включение масел и жиров в рационы животных увеличивает усвояемость всех питательных веществ [27]. Кроме того, доказано, что включение растительных масел в количестве 6% в рацион птицы повышает эффективность использования корма, выход мяса и уменьшает отложение жира в брюшной полости бройлеров. С другой стороны, Febel et. al. сообщили, что рацион, дополненный маслами, не оказал существенного влияния на рост и продуктивность птицы [28].

Цель исследования: оценить влияние дополнительных добавок — протеинов, углеводов и жиров — на уровень содержания химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс и их продуктивные качества.

## Материалы и методы / Materials and method

Комплексные исследования были проведены на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (<https://цкп-бст.рф/>).

Объект исследований — цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкросс (ОАО «Птицефабрика Оренбургская», [www.pfo56.ru](http://www.pfo56.ru)).

Работа была выполнена в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (ГОСТ 33044-2014, утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1700-ст от 20.11.2014) и The experimental research on animals was conducted according to instructions, recommended by the Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D. C. 1996)». Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

**Схема эксперимента.** По окончании подготовительного периода (7 дней) птиц разделили на четыре группы по 30 голов в каждой. Контрольная группа содержалась на основном рационе. Путем замешивания с комбикормом в рацион I опытной группы дополнительно вводили казеин сверх нормы 10%, II опытной — сахар белый кристаллический, III опытной — подсолнечное масло нерафинированное, первичного холодного отжима, высшего сорта, ТУ 10.41.59-001-95662146-2017. Длительность эксперимента составила 28 дней.

Птица в процессе исследований содержалась в клетках КУН-05 площадью 4050 см<sup>2</sup> (90×45×45 см).

Кормление бройлеров проводилось 1 раз в сутки, учет поедаемости кормов — ежесуточно, нормирование согласно потребности организма в различные возрастные периоды, цыплята-бройлеры всех групп в период эксперимента получали рацион в период 7–10 дней — ПК-0, 11–24 дней — ПК-5, от 25 дней и старше — ПК-6. В рационах использовался промышленный комбикорм ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», который включал пшеницу, кукурузу, шрот соевый, шрот подсолнечный, витаминно-минеральный премикс (микроэлементы — Ca, P, Na, K, Cl, макроэлементы — Fe, Cu, Zn, Mn, J, Se, витамины A, D<sub>3</sub>, E, K<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>–B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, B<sub>9</sub>, H). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ОНТП-4-88. Динамика ростовых показателей оценивалась путем индивидуального взвешивания еженедельно до кормления (±1 г). На основании

результатов взвешиваний рассчитан абсолютный и среднесуточный прирост. Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма вычисляли расчетным методом после оценки питательной ценности кормов согласно ГОСТ 51417-99, ГОСТ 13496.15-2016, ГОСТ 26226-95, ГОСТ 26176-2019 и ГОСТ 31675-2012.

Отбор десяти проб грудной мышечной ткани и печени осуществляли на 28 сутки эксперимента согласно ГОСТ 31467-2012 и методическим рекомендациям<sup>1</sup>.

**Элементный статус.** Элементный состав (Al, Cd, Sn, Pb, Hg) проб мышечной ткани и печени был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва. Методика основана на окислительно-кислотной «мокрой» минерализации проб и на последующем анализе на требуемые химические элементы методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием в качестве источника возбуждения высокочастотной индуктивно связанной аргоновой плазмы. При выполнении исследований методами АЭС-ИСП и МС-ИСП озонирование проводилось с использованием микроволновой системы разложения «MD-2000» (США). Оценка содержания химических элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра «Elan 9000» («Perkin Elmer», США) и атомно-эмиссионного спектрометра «Optima 2000 V» («Perkin Elmer», США).

**Статистическая обработка.** Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет «Statistica 10.0», «StatSoft Inc.», США) и «Microsoft Excel». Статистическая обработка включала расчет среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего ( $\pm$ SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по *t*-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на  $p \leq 0,05$ .

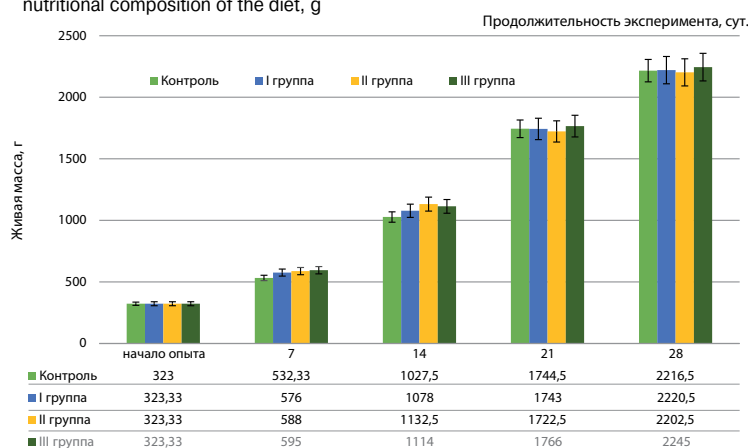
## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Питательная ценность комбикорма для разных возрастных групп в эксперименте представлена в таблице 1.

Скармливание цыплятам рационов, включающих дополнительно 10% протеинов, углеводов и жиров, оказывало различное влияние на формирование живой массы тела у подопытной птицы (рис. 1). Так, в опытах постановочная живая масса молодняка всех групп была практически одинакова и составляла 323,3 г. Спустя 7

**Рисунок 1.** Динамика живой массы цыплят бройлеров кросса Арбор Айкросс в эксперименте, г

**Fig1.** Dynamics of live weight of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutritional composition of the diet, g



дней эксперимента масса цыплят опытных групп относительно контрольной группы была выше. Максимальное увеличение веса было зафиксировано в группе, получавшей подсолнечное масло, живая масса относительно контроля увеличилась на 10,5%. На 14-й день эксперимента живая масса была выше во II группе, получавшей сахар относительно контрольных значений она была выше на 9,3%. В I группе прибавка в весе относительно контроля была на 4,7%, в III группе — на 7,8%. К 21-м суткам экспериментального исследования следует отметить прибавку в весе в большей степени в III группе, затем во II и I, в контрольной группе птица медленнее набирала вес и была меньшей. К 28-м суткам эксперимента (конец учетного периода) максимальное увеличение живой массы цыплят было отмечено в III опытной группе, относительно контроля — на 1,3%. В группе, получавшей сахар масса птицы снизилась на 0,6%, а группе, получавшей казеин, была на одном уровне с контролем.

Прирост живой массы за учетный период (28 дней) относительно контроля был выше в III группе на 1,3%, в I и II группах живая масса птицы отличалась менее чем на 1% от контрольной группы.

Среднесуточный и абсолютный прирост живой массы был выше в группе, получавшей растительный жир, при этом поедаемость кормов была меньше. В группе, получавшей казеин, среднесуточный и абсолютный прирост были незначительно выше, чем в контроле, а при включении сахарозы, напротив, были ниже (табл. 2).

Расход корма на прирост 1 кг живой массы был ниже в I и III группах и составил 1,59 кг/гол. ( $p \leq 0,05$ ) и 1,64 кг/гол., при этом в контроле он составил 1,8 кг/гол.

Установлено, что при кормлении цыплят-бройлеров опытными рационами с дополнительным содержанием протеина и жиров, повышались среднесуточный привес, абсолютный прирост живой массы, потребление сухого вещества и переваримость питательных веществ.

В ростовой период выращивания (11–28-й дней) в I группе отмечено повышение переваримости СВ и СП относительно контроля на 1,2% и 11,7% соответственно, при этом переваримость сырого жира и углеводов была ниже, чем в контроле (табл. 3). При включении в рацион цыплят сахара отмечено повышение переваримости СЖ на 2,8% и СП на 3,1%, переваримость углеводов относительно контроля была ниже на 1,4%.

**Таблица 1. Питательная ценность основного рациона птицы в эксперименте, %**  
**Table 1. Nutritional value of the main diet of poultry in the experiment, %**

Показатели	ПК-0	ПК-5	ПК-6
Сухое вещество (СВ)	89,29	89,29	91,57
Сырая клетчатка (СК)	1,1	1,8	2,3
Сырой жир (СЖ)	3,85	4,76	4,78
Сырой протеин (СП)	23,38	23,00	21,69
Сырая зола (СЗ)	6,1	5,7	6,1

<sup>1</sup> Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: Методические указания. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. — 56 с.



Таблица 2. Показатели поедаемости кормов и привесов цыплят бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона

Table 2. Indicators of feed consumption and weight gain of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutritional composition of the diet

Показатели	Контроль	I группа	II группа	III группа
Среднесуточный прирост, г/гол./сут	90,17±6,95	90,34±4,24	89,48±8,09	91,51±4,78
Абсолютный прирост, кг/гол./опыт	1,89±0,15	1,90±0,09**	1,88±0,17*	1,92±0,10**
Поедаемость, кг/гол./опыт	3,41±0,26	3,01±0,14*	3,24±0,29*	3,15±0,16*
Расход корма на прирост 1 кг живой массы, кг/гол.	1,80	1,59*	1,72	1,64

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$ , при сравнении с контролем

Таблица 3. Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма, %

Table 3. Coefficients of digestibility of nutritional components of feed, %

Показатели	СВ	ОВ	СЖ	СП	Углеводы
Ростовой рацион					
Контроль	69,81±0,93	71,28±0,88	65,43±1,06	73,96±0,80	70,77±0,90
I группа	71,00±1,23	72,02±1,19	25,81±3,15	85,70±0,61	67,93±1,36
II группа	69,98±1,07	71,19±1,03	68,21±1,14	77,05±0,82	69,38±1,10
III группа	69,86±0,84	71,07±0,81	91,01±0,25*	67,85±0,90	67,17±0,91
Финишный рацион					
Контроль	66,84±2,12	67,73±2,06	63,72±2,32	76,79±1,48	65,10±2,23
I группа	73,61±0,59	74,82±0,56	80,13±0,44	84,04±0,35*	69,29±0,68
II группа	75,30±0,49	76,17±0,47	79,70±0,40	80,32±0,39	74,59±0,50*
III группа	72,50±0,50	73,29±0,49	90,23±0,18*	80,98±0,35	66,03±0,62

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$  при сравнении с контролем

Дополнительное включение растительного жира способствовало достоверному повышению переваримости СЖ на 25,6% ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля.

В финишный период выращивания (22–28-й день эксперимента) в опытных группах отмечено повышение переваримости всех компонентов рациона относительно контрольных показателей. При сравнении с контролем уровни переваримости СВ и ОВ в I группе были выше на 6,8% и 7,1%, во II — на 8,5% и 8,4%, в III — на 5,7% и 5,6% соответственно. Коэффициент переваримости сырого протеина был выше в группе, получавшей казеин, относительно контроля данный показатель был выше на 7,3%. Переваримость СЖ была максимальной в III опытной группе и составила 90,23%, что выше, чем в контроле на 26,5% ( $p \leq 0,05$ ). Степень переваримости углеводов оказалась выше в группе, получавшей сахар, относительно контроля на 9,5%.

При анализе содержания некоторых химических элементов в мышечной ткани и печени цыплят-бройлеров нами были получены следующие данные (рисунок 2 и 3). Интенсивность выведения химических элементов в мышечной ткани была выше в опытных группах. Так, в I группе относительно контроля достоверно снижались уровень кадмия на 31,4% и свинца на 50% ( $p \leq 0,05$ ), при этом химические элементы олово и стронций имели стабильные значения. В I и II опытных группах отмечено достоверное повышение алюминия на 25% ( $p \leq 0,05$ )

относительно контроля (рис. 2). Дополнительное включение сахара способствовало выведению кадмия, свинца и стронция, их уровень был ниже чем в контроле на 31,4% ( $p \leq 0,05$ ), 10%, 20% ( $p \leq 0,05$ ), соответственно. Во II группе отмечено значительное увеличение олова в мышцах цыплят на 62,5% ( $p \leq 0,05$ ) относительно контрольного значения.

Включение в рацион цыплят-бройлеров подсолнечного масла способствовало выведению токсичных элементов и Sr. Так в мышечной ткани относительно данных показателей в контрольной группе отмечено достоверное снижение Al на 50%, Cd на 31,4%, Pb на 60% и Sr на 40% ( $p \leq 0,05$ ).

Уровень большинства химических элементов в печени цыплят-бройлеров при дополнительном включении в рацион белков, углеводов и жиров, был ниже чем в контроле (рис. 3). Так, относительно контрольных значений в I группе снижались Al на 36%, Cd — на 10%, Pb — на 40%, Sr — на 46,2%, во II группе Al — на 16%, Pb — на 40%, Sr — на 38,5%, в III группе Al — на 38%, Sn — на 40%, Sr — на 61,5%, Sn — на 40% ( $p \leq 0,05$ ). Введение сахара в рацион цыплят способствовало накоплению свинца в печени, а дополнительное введение жира — накоплению кадмия, относительно контроля данный элемент был выше на 50% ( $p \leq 0,05$ ).

Согласно техническому регламенту Таможенного союза 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» гигиеническими требованиями безопасности продуктов убоя, предназначенных для производства мясной продукции, предъявлен допустимый уровень содержания токсичных элементов:

Таблица 4. Содержание химических элементов в мышечной ткани цыплят-бройлеров в эксперименте, мкг/г

Table 4. The content of chemical elements in the muscle tissue of broiler chickens in the experiment, mcg/g

Химический элемент	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Al	0,44±0,001	0,55±0,0001*	0,55±0,0002*	0,22±0,0001*
Cd	0,0007±0,001	0,0005±0,001*	0,0005±0,000001*	0,0005±0,000001*
Hg	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002
Pb	0,01±0,0001	0,005±0,0002*	0,009±0,0001	0,004±0,0001*
Sn	0,003±0,0002	0,003±0,0001	0,0083±0,0001*	0,003±0,0006
Sr	0,05±0,0002	0,05±0,0004	0,04±0,0002	0,03±0,0001*

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$ , при сравнении с контролем

Таблица 5. Содержание химических элементов в печени цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности рационов, мкг/г

Table 5. The content of chemical elements in the liver of broiler chickens with different nutritional composition of diets, mcg/g

Химический элемент	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Al	0,5±0,001	0,32±0,002*	0,42±0,002	0,31±0,001*
Cd	0,01±0,0002	0,009±0,0003	0,01±0,0002	0,02±0,0001*
Pb	0,01±0,001	0,006±0,001*	0,006±0,001*	0,01±0,002
Sn	0,005±0,0006	0,005±0,0002	0,006±0,0002	0,003±0,0001*
Sr	0,13±0,003	0,07±0,002*	0,08±0,002*	0,05±0,001*
Hg	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$  при сравнении с контролем

в мясе не более Pb 0,1–0,2 мг/кг, Cd 0,03 мг/кг, Hg 0,01–0,02 мг/кг, в субпродуктах (печени) — не более Pb 0,5 мг/кг, Cd 0,3 мг/кг, Hg 0,1 мг/кг. Полученные в нашем исследовании данные не превышают предельно допустимых концентраций токсичных элементов при производстве мясной продукции.

Результаты усвояемости компонентов рациона не всегда являются показателем роста животных или эффективности корма, и поэтому исследования производительности необходимы для получения общих выводов о ценности дополнительных компонентов в различных типах рациона. В текущем исследовании проводили оценку дополнительного введения белка, углеводов и жира в состав стандартного рациона на продуктивные качества цыплят-бройлеров.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-16-0009.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Kurantowicz N, Sawosz E, Halik G, Strojny B, Hotowy A, Grodzik M, Piast R, Pasanphan W, Chwalibog A. Toxicity studies of six types of carbon nanoparticles in a chicken-embryo model. *International Journal of Nanomedicine*, 2017 Apr 7;12:2887-2898. doi: 10.2147/IJN.S131960.
- Guo Y, Xu T, Li N, Cheng Q, Qiao D, Zhang B, Zhao S, Huang Q, Lin Q. Supramolecular structure and pasting/digestion behaviors of rice starches following concurrent microwave and heat moisture treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019 Aug 15;135:437-444. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.189.
- Ahmadi H. A mathematical function for the description of nutrient-response curve. *PLoS One*, 2017 Nov 21;12(11):e0187292. doi: 10.1371/journal.pone.0187292.
- de Lima MB, da Silva EP, Pereira R, Romano GG, de Freitas LW, Dias CTS, Menten JFM. Estimate of choline nutritional requirements for chicks from 1 to 21 days of age. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2018 Jun;102(3):780-788. doi: 10.1111/jpn.12881.
- Hillmann A, Paebst F, Brehm W, Piehler D, Schubert S, Tárnok A, Burk J. A novel direct co-culture assay analyzed by multicolor flow cytometry reveals context- and cell type-specific immunomodulatory effects of equine mesenchymal stromal cells. *PLoS One*, 2019 Jun 27;14(6):e0218949. doi: 10.1371/journal.pone.0218949.
- Nguyen TM, Agbohossou PS, Nguyen TH, Tran Thi NT, Kestemont P. Immune responses and acute inflammation in common carp *Cyprinus carpio* injected by *E. coli* lipopolysaccharide (LPS) as affected by dietary oils. *Fish & Shellfish Immunology*, 2022 Mar;122:1-12. doi: 10.1016/j.fsi.2022.01.006.
- Shahid MS, Raza T, Wu Y, Hussain Mangi M, Nie W, Yuan J. Comparative Effects of Flaxseed Sources on the Egg ALA Deposition and Hepatic Gene Expression in Hy-Line Brown Hens. *Foods*, 2020 Nov 14;9(11):1663. doi: 10.3390/foods9111663.
- Xiao X, Wang Y, Liu W, Ju T, Zhan X. Effects of different methionine sources on production and reproduction performance, egg quality and serum biochemical indices of broiler breeders. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2017 Jun;30(6):828-833. doi: 10.5713/ajas.16.0404.
- Castellini C, Mattioli S, Moretti E, Cotozzolo E, Perini F, Dal Bosco A, Signorini C, Noto D, Belmonte G, Lasagna E, Brecchia G, Collodel G. Expression of genes and localization of enzymes involved in polyunsaturated fatty acid synthesis in rabbit testis and epididymis. *Scientific Reports*, 2022 Feb 16;12(1):2637. doi: 10.1038/s41598-022-06700-y.
- Cetingul IS, Inal F, Gultepe EE, Uyarlar C, Bayram I. The Effects of Different Dietary Oil Sources on Broiler Chicken Bone Mineralization. *Biological Trace Element Research*, 2022 May;200(5):2321-2328. doi: 10.1007/s12011-021-02833-9.
- Al-Rabadi GJ, Al-Rawashdeh MS, Al-Hijazeen MA, Al-Omari HY. Effects of Sucrose-based High-Lysine Diet on Blood Chemistry, Growth Performance, and Gastrointestinal Morphology of Broiler Chickens During the Growing Stage. *The Journal of Poultry Science*, 2018;55(4):263-268. doi: 10.2141/jpsa.0170206.
- Erlin TJ, Adewole DI. Fruit pomaces—their nutrient and bioactive components, effects on growth and health of poultry species, and possible optimization techniques. *Animal nutrition*, 2022 Mar 9;9:357-377. doi: 10.1016/j.aninu.2021.11.011.
- Stokvis L, Kwakkel RP, Hendriks WH, Kals J. Proteolytic enzyme-treated seaweed co-product (*Ulva lactuca*) inclusion in corn-soybean and European broiler diets to improve digestibility, health, and performance. *The Journal of Poultry Science*, 2022 Jun;101(6):101830. doi: 10.1016/j.psj.2022.101830.
- Röhe I, Zentek J. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2021 Jun 17;12(1):82. doi: 10.1186/s40104-021-00594-y.
- Nguyen HT, Bedford MR, Wu SB, Morgan NK. Dietary Soluble Non-Starch Polysaccharide Level Influences Performance, Nutrient Utilisation and Disappearance of Non-Starch Polysaccharides in Broiler Chickens. *Animals (Basel)*, 2022 Feb 22;12(5):547. doi: 10.3390/ani12050547.

#### Выводы / Conclusion

Обогащение рационов цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс на 10% белковыми, углеводными и жировыми ингредиентами способствовало лучшей поедаемости корма и снижению его расхода на получение 1 кг массы. Так, включение в рацион казеина в количестве 10% способствовало увеличению абсолютного прироста на 0,53%, а жиров — на 1,59% соответственно, при этом расход основного рациона на прирост одного килограмма живой массы уменьшился при добавлении белков на 11,67%, при добавлении углеводов — на 4,44%, при добавлении жиров — на 8,33%. Также нами отмечено снижение уровня токсичных элементов и Sr в грудных мышцах и печени птицы в эксперименте.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

#### FUNDING:

The work was carried out within the framework of RNF № 21-16-0009.

## ОБ АВТОРАХ:

**Юрий Константинович Петруша,**  
младший научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация  
тел. 8-905-887-72-00,  
e-mail: shadow752@yandex.ru, <https://doi.org/0000-0002-8283-2972>.

**Святослав Валерьевич Лебедев,**  
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 89123458738,  
e-mail: lsv74@list.ru,  
<https://doi.org/0000-0001-9485-7010>.

**Шейда Елена Владимировна,**  
кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация; старший научный сотрудник института биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, 13, пр. Победы, Оренбург, 460018, Российская Федерация, тел.: 8-922-862-64-02,  
e-mail: elena-shejjda@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0002-2586-613X>.

**Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович,**  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 8-922-815-72-25,  
e-mail: shahm2005@rambler.ru, <https://doi.org/0000-0003-0143-9499>.

**Виктория Владимировна Гречкина,**  
кандидат биологических наук, И.о. заведующего лабораторией биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация.; доцент кафедры незаразных болезней животных, Оренбургский государственный аграрный университет, 18, ул. Челюскинцев, Оренбург 460000, Российская Федерация, тел. 8-922-877-14-97,  
e-mail: Viktoria1985too@mail.ru, <https://doi.org/0000-0002-1159-0531>.

**Олег Александрович Завьялов,**  
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-2033-3956>.

**Алексей Николаевич Фролов,**  
доктор биологических наук, И.о. заведующего отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: forleh@mail.ru, <https://doi.org/0000-0003-4525-2554>.

## ABOUT THE AUTHORS:

**Yuri Konstantinovich Petrusha,**  
Junior Researcher at the Laboratory of Biological Testing and Expertise, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation,  
tel. 8-905-887-72-00,  
e-mail: shadow752@yandex.ru, <https://doi.org/0000-0002-8283-2972>.

**Svyatoslav Valeryevich Lebedev,**  
Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation, tel.: 89123458738,  
e-mail: lsv74@list.ru,  
<https://doi.org/0000-0001-9485-7010>.

**Sheida Elena Vladimirovna,**  
Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation; Senior Researcher at the Institute of Bioelementology, Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation, tel.: 8-922-862-64-02,  
e-mail: elena-shejjda@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0002-2586-613X>.

**Rakhmatullin Shamil Gafiullovich,**  
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: 8-922-815-72-25,  
e-mail: shahm2005@rambler.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-0143-9499>.

**Victoria Vladimirovna Grechkina,**  
Candidate of Biological Sciences, Acting Head of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences; 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Non-Infectious Animal Diseases, Orenburg State Agrarian University, 18, Chelyuskintsev str., Orenburg, 460000, Russian Federation, tel. 8-922-877-14-97,  
e-mail: Viktoria1985too@mail.ru, <https://doi.org/0000-0002-1159-0531>.

**Oleg Aleksandrovich Zavyalov,**  
Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-2033-3956>.

**Alexey Nikolaevich Frolov,**  
Doctor of Biological Sciences, Acting Head of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: forleh@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-4525-2554>.



# СВЕКЛОВИЧНЫЙ ЖОМ ИЛИ «ЖИВОЙ БЕЛОК»: ВЫСОКИЕ УДОИ ПРИ СНИЖЕНИИ ЗАТРАТ

Количество углеводов (сахаров) в рационе молочных коров определяет уровень энергетического питания, активность рубцовой микрофлоры, интенсивность обмена жиров и протеина. От этого зависит продуктивность животных и рентабельность производства молока.

Углеводную составляющую большинство хозяйств обеспечивает введением в рацион сухого свекловичного жома. Однако современные кормовые технологии предоставляют более эффективные и экономичные пути балансирования рационов.

Специалисты производственно-торгового альянса «Агровит» — «Капитал-Прок» предлагают рассмотреть преимущества замены свекловичного жома на углеводно-пребиотический корм «Живой белок». Сравнительный анализ обоих продуктов на основании сертификатов качества, средних рыночных цен и опыта использования в хозяйствах приведен в таблице.

Из данных таблицы видно, что корм «Живой белок» имеет неоспоримые преимущества по сравнению со свекловичным жомом: по сахарам и сырому протеину показатели выше, а цена за грамм — ниже. По антипитательным факторам (НДК и КДК) — показатели заметно ниже, чем в СЖ, что говорит о лучшей усвояемости корма и более высокой продуктивности животных.

Свекловичный жом применяется в составе комбикормов для замены части концентратов (10–15%). «Живой белок» можно применять аналогичным образом. Но, в отличие от жома, это — живой пребиотический продукт с гепатопротекторными свойствами, который содержит функциональные кормовые компоненты в виде уникального комплекса сахаров и растительных волокон. Корм отлично подходит для обеспечения оптимального сахаро-протеинового соотношения в рационах, нормализации руминации. Потенцируя эффект пребиотика, «Живой белок» активно стимулирует рост

полезной микрофлоры и синтез микробиального белка, нормализует pH рубца при погрешностях кормления, профилактирует ацидозы, жировую дистрофию печени. При этом в рубце увеличивается содержание ферментов, расщепляющих клетчатку и крахмал, возрастает количество доступного протеина, незаменимых аминокислот, сахаров и ЛЖК.

Ежедневная добавка 1 кг «Живого белка» к основному рациону коров стимулирует размножение целлюлозолитических бактерий, улучшает усвояемость белка на 20–22%, повышает качественные показатели молока (жирность, белок).

Важно, что «Живой белок» не требует дробления, вводится в комбикорм в сухом виде или подается поверх грубых кормов. По сравнению со свекловичным жомом, «Живого белка» требуется в 2 раза меньше, что способствует снижению затрат.

По опыту хозяйств, применение «Живого белка» обеспечивает рост удоев молока в среднем на 2,75 кг (от 1,5 кг до 4,0 кг) в зависимости от начальной продуктивности коров и их физиологического состояния, позволяет продлить хозяйственное использование животных без ранней выбраковки.

**Телефон бесплатной линии: 8-800-200-38-88**  
**agrovit87.ru, prok.ru**



**Сравнительный анализ применения корма «Живой белок» и свекловичного жома**

Показатель	«Живой белок» (ЖБ)	Свекловичный жом (СЖ)	Преимущества «Живого белка»
Препаративная форма	Влажные хлопья	Гранулы	<b>ЖБ вводится в кормосмеси без подготовки</b> , СЖ требует дробления. Таким образом, ЖБ более удобен в применении (экономия трудозатрат, энергии)
Суточная норма ввода на 1 голову	1 кг	2 кг	<b>Норма ввода ЖБ в 2 раза ниже</b> (сокращение логистических расходов)
Цена за 1 кг (мешки 25 кг)	24,60 руб.	21,0 руб.	Цена 1 кг ЖБ на 17% выше, чем СЖ, но суточная норма ниже. Таким образом, <b>цена суточной нормы ЖБ (1 кг) — 24,6 руб. — ниже в 1,7 раза</b> , чем СЖ (2 кг) — 42 руб.
Цена 1 г сахара	0,09 руб.	0,44 руб.	<b>Цена 1 г сахара в ЖБ ниже на 80%</b> , чем в СЖ
Цена 1 г сырого протеина (СП)	0,19 руб.	0,24 руб.	<b>Цена 1 г СП в ЖБ ниже на 21%</b> , чем в СЖ
Содержание сырого протеина в сухом веществе	154,7 г	97,13 г	<b>Содержание в ЖБ на 59% выше</b> , чем в СЖ. <b>Протеин способствует росту молочной продуктивности и повышению белка в молоке</b>
Содержание сахаров в сухом веществе	326,3 г	52,98 г	<b>Содержание сахаров в ЖБ на 516% больше</b> , чем в СЖ. Сахара повышают удои и качество молока (жир, белок)
БЭВ в сухом веществе	526,8 г	642,38 г	<b>БЭВ в ЖБ на 18% меньше</b> , чем в СЖ. Увеличение БЭВ в рационе снижает продуктивность животных
Сырая клетчатка (СК) в сухом веществе	95,2 г	198,68 г	<b>СК в ЖБ на 52% меньше</b> , чем в СЖ. Увеличение СК в рационе снижает продуктивность животных
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК) в сухом веществе	278,0 г	497,79 г	<b>НДК в ЖБ на 44% меньше</b> , чем в СЖ. Увеличение НДК в рационе снижает продуктивность животных
Кислотно-детергентная клетчатка (КДК) в сухом веществе	113,0	301,32	<b>КДК в ЖБ на 62% меньше</b> , чем в СЖ. Увеличение КДК в рационе снижает продуктивность животных
Коэффициент переваримости органической массы (КПОМ)	79,9	71,5	<b>КПОМ в ЖБ на 12% выше</b> , чем в СЖ, соответственно, лучше усвояемость питательных веществ (жиры, белки, углеводы)
Обменная энергия (ОЭ, МДж) в сухом веществе	11,5	11,99	<b>ОЭ в ЖБ на 4% меньше</b> , чем в СЖ. Разница незначительна

**Б.С. Иолчиев, ✉**  
**Л.А. Волкова,**  
**А.Н. Ветох,**  
**Н.А. Волкова**

Федеральный исследовательский центр  
 животноводства — ВИЖ имени академика  
 Л.К. Эрнста, Подольск, п. Дубровицы,  
 Российская Федерация

✉ baylar1@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
 06.09.2022

Одобрена после рецензирования:  
 29.08.2022

Принята к публикации:  
 29.09.2022

**Baylar C. Iolchiev, ✉**  
**Ludmila A. Volkova,**  
**Anastasia N. Vetokh,**  
**Natalia A. Volkova**

Federal Research Center for Animal  
 Husbandry named after L.K. Ernst, 142132,  
 Moscow region, Dubrovitsy, 60, Russian  
 Federation

✉ baylar1@yandex.ru

Received by the editorial office:  
 06.09.2022

Accepted in revised:  
 29.08.2022

Accepted for publication:  
 29.09.2022

# Изучение особенностей спермапродукции и сперматогенеза у самцов рода *Ovis* разных генотипов

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Межвидовая гибридизация домашних животных с дикими родственными видами рассматривается как одно из перспективных направлений в животноводстве в рамках повышения генетического биоразнообразия генофонда сельскохозяйственных животных. В статье представлены результаты исследований репродуктивных особенностей животных рода *Ovis* разных генотипов.

**Методы.** Объектом исследований являлись чистопородные бараны романовской породы и межвидовые гибриды овец романовской породы с муфлоном. Были изучены качественные и количественные показатели семени в возрасте 9, 12 и 18 месяцев. Дана оценка морфометрических показателей сперматозоидов межвидовых гибридов в сравнении с исходной материнской породой. Проведены гистологические исследования семенников чистопородных и гибридных животных в возрасте 12 месяцев.

**Результаты.** Выявлены различия по ряду показателей спермапродукции и сперматогенеза у чистопородных и гибридных животных в зависимости от генотипа. Установлено снижение объема эякулята и концентрации сперматозоидов у гибридных животных относительно чистопородных самцов в возрасте 12 месяцев в 3,5 и 2,6 раз, в возрасте 18 месяцев — в 1,6 и 2,1 раза, соответственно ( $p < 0,01$ ). Выявлено повышение доли сперматозоидов с аномальной морфологией у гибридов относительно чистопородных самцов в 2,9–3,3 раза ( $p < 0,01$ ). Полученные данные подтверждены гистологическими исследованиями. Установлено снижение площади и объема семенных канальцев у гибридных животных соответственно на 9,7% и 37,1% по сравнению с аналогичными показателями чистопородных самцов романовской породы ( $p < 0,01$ ). Показано наличие у чистопородных животных в просвете семенного канальца большого количества зрелых половых клеток — спермиев, в то время как у гибридных самцов установлено наличие единичных половых клеток, что свидетельствует о более позднем половом созревании гибридных животных по сравнению с исходной материнской формой — овцами романовской породы.

**Ключевые слова:** бараны, муфлон, межвидовые гибриды, сперма, семенники

**Для цитирования:** Иолчиев Б.С., Волкова Л.А., Ветох А.Н., Волкова Н.А. Изучение особенностей спермапродукции и сперматогенеза у самцов рода *Ovis* разных генотипов. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 64–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-64-68>

© Иолчиев Б.С., Волкова Л.А., Ветох А.Н., Волкова Н.А.

# The study of features in sperm and spermatogenesis from males of the genus *Ovis* with different genotypes

## ABSTRACT

**Relevance.** Interspecific hybridization of domestic animals with wild related species is considered as one of the promising directions in animal husbandry in the framework of increasing the genetic biodiversity of the gene pool of agricultural animals. The article presents the results of studies of the reproductive characteristics in animals of the genus *Ovis* with different genotypes.

**Methods.** The objects of research were purebred sheep of the Romanov breed, mouflon and interspecific hybrids from sheep of the Romanov breed with mouflon. The qualitative and quantitative indicators of the sperm at the age of 9, 12 and 18 months were studied. An assessment of the morphometric parameters of spermatozoa from interspecific hybrids is given in comparison with the original parental species. The testes histological studies of purebred and hybrid animals at the age of 12 months were carried out.

**Results.** Differences in several indicators of sperm production and spermatogenesis in purebred and hybrid animals depending on the genotype were revealed. A decrease in the volume of ejaculate and concentration of spermatozoa in hybrid animals relative to purebred males at the age of 12 and 18 months was established in 3.5, 2.6 times and in 1.6, 2.1 times, respectively ( $p < 0,01$ ). An increase in the proportion of spermatozoa with abnormal morphology in hybrid animals relative to purebred males in 2.9–3.3 times was revealed ( $p < 0,01$ ). The obtained data are confirmed by histological studies. There is a decrease in the area and volume of seminiferous tubules in hybrid animals by 9.7% and 37.1%, respectively, compared with similar indicators of purebred males of the Romanov breed ( $p < 0,01$ ). It was shown that in purebred animals in the lumen of the seminiferous tubule have many mature germ cells — sperm, while in hybrid males the presence of single germ cells was established, which indicates a later puberty of hybrid animals compared to the original maternal form — sheep of the Romanov breed.

**Key words:** sheep, mouflon, interspecific hybrids, sperm, testicles

**For citation:** Iolchiev B.C., Volkova L.A., Vetokh A.N., Volkova N.A. The study of features in sperm and spermatogenesis from males of the genus *Ovis* with different genotypes. Agrarian science. 2022; 363 (10): 64–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-64-68> (In Russian).

© Iolchiev B.C., Volkova L.A., Vetokh A.N., Volkova N.A.

## Введение / Introduction

Межвидовая гибридизация домашних животных с дикими родственными видами рассматривается как одно из перспективных направлений в животноводстве в рамках повышения генетического биоразнообразия генофонда сельскохозяйственных животных и птицы [1–3]. Немаловажное значение имеет использование генетических ресурсов диких видов и для улучшения качества животноводческой продукции. В ряде работ изучено влияние межвидовой гибридизации домашних животных с родственными дикими видами на продуктивные показатели. В последние годы растет спрос на мясо с низким содержанием жира и высокой долей белка [4, 5]. Дикие виды, как правило, характеризуются более диетическим составом мяса, что позволяет рассматривать их в качестве перспективной родительской формы для получения особей с преобладающим развитием мышечной ткани.

Значительные результаты по межвидовой гибридизации домашних животных с дикими видами достигнуты в овцеводстве и козоводстве. На сегодняшний день имеются успешные работы по гибридизации домашних коз с дикими сородичами [6, 7], домашних овец с архаром, муфлоном и снежным бараном [8–11]. Востребованность данных работ связана, прежде всего с физиологическими особенностями овец и коз. Они хорошо адаптируются к сложным природно-климатическим условиям, в том числе в засушливых регионах с ограниченными кормовыми и водными ресурсами, где содержание других видов сельскохозяйственных животных затруднено или невозможно [12, 13]. В данных регионах часто проводят скрещивание высокопродуктивных культурных пород с хорошо приспособленными к этим условиям локальными породами, в том числе проводят гибридизацию с дикими видами. В частности, межвидовая гибридизация домашней овцы с архаром находит практическое применение в ареале обитания архара в Китае, Казахстане и в других странах.

Эффективность использования и внедрение генетических ресурсов диких видов в практику животноводства требует детального изучения биологических особенностей межвидовых гибридов. Определенный научный интерес представляет изучение репродуктивных особенностей межвидовых гибридов домашних животных с дикими видами в направлении оценки возрастной динамики развития половых клеток и определения возраста наступления половой зрелости самцов. Данная информация необходима для разработки программ по разведению и селекции гибридных животных при получении новых селекционных форм, пород и типов сельскохозяйственных животных, а также определения оптимального возраста отбора половых клеток от гибридных животных с целью сохранения в условиях криобанков [14].

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение возрастных особенностей спермапродукции и сперматогенеза у межвидовых гибридов овец романовской породы и муфлона в сравнении с исходной материнской формой — овцами романовской породы.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Исследования проводили на базе ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста». Объектом исследований служили межвидовые гибриды овец романовской породы и муфлона. Кровность по муфлону составляла ½.

Данных межвидовых гибридов получали с использованием биологического материала, сохраняемого в условиях криобанка семени домашних и диких видов животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Были изучены показатели сперматогенеза межвидовых гибридов в сравнении с баранами романовской породы.

На первом этапе было сформировано 2 группы животных: 1-я группа — чистопородные бараны романовской породы ( $n = 7$ ), 2-я группа — самцы межвидовых гибридов овец романовской породы и муфлона ( $n = 5$ ). Была изучена возрастная динамика показателей качества семени в возрасте 9, 12 и 18 месяцев. Сперму получали с использованием искусственной вагины. Оценку показателей качества спермы проводили с применением программного обеспечения «Аргус-CASA». Оценивали следующие качественные и количественные показатели семени: цвет, консистенция, объем эякулята, концентрация и подвижность спермиев, доля сперматозоидов с аномальной морфологией.

На втором этапе были изучены морфометрические показатели сперматозоидов у межвидовых гибридов в сравнении с чистопородными баранами романовской породы. Морфометрию сперматозоидов проводили на цитологических препаратах семени. Оценивали морфометрические показатели головки (длина, ширина, площадь, периметр, эллиптичность) и средней части (ширина, площадь, длина) сперматозоида.

На третьем этапе были проведены гистологические исследования семенников межвидовых гибридов и чистопородных баранов романовской породы. Отбор семенников от чистопородных и гибридных животных проводился после кастрации в возрасте 12 месяцев. Образцы ткани семенника фиксировали в растворе Буэна в течение 48 часов, после чего заливали в парафин и готовили гистологические срезы толщиной 5–6 мкм. Полученные гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Изучали следующие показатели: диаметр и площадь семенных канальцев, количество семенных канальцев на единицу площади среза, состав сперматогенных клеток внутри семенных канальцев. При проведении гистологического анализа оценивали семенные канальцы, имеющие округлую форму и просвет (поперечный срез). Были изучены также весовые и морфометрические параметры семенников чистопородных и гибридных самцов, в частности, масса и объем. Взвешивание семенников проводили на аналитических весах, объем оценивали с помощью мерной ленты.

Анализ цитологических и гистологических препаратов проводили с использованием микроскопа «Ni-U» («Nikon», Япония), оснащенного пакетом программ «NIS-Elements» («Nikon», Япония) для обработки и анализ изображений.

Для статистического анализа использовали программное обеспечение «SPSS v.23». Обработку полученных данных проводили посредством дисперсионного анализа. Вычисляли средние арифметические ( $M$ ) и стандартные ошибки средних ( $\pm SEM$ ). Достоверность различия сравниваемых средних значений оценивали с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Значимость различий была установлена на уровне  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ .

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Изучение качественных показателей семени чистопородных баранов романовской породы и гибридных самцов (романовская порода  $\times$  муфлон) не выявило значительных отклонений от нормы. В целом, цвет, за-



Таблица 1. Показатели качества семени чистопородных самцов романовской породы и межвидовых гибридов домашних овец с муфлоном  
Table 1. Semen quality indicators of purebred males of the Romanov breed and interspecific hybrids of domestic sheep with mouflon

Показатели	Возраст самцов		
	9 месяцев	12 месяцев	18 месяцев
Чистопородные бараны романовской породы			
Цвет	белая	белая	с желтым оттенком
Запах	без запаха	без запаха	с запахом жира
Объем эякулята, мл	0,5±0,01	0,7±0,02***	1,1±0,1
Консистенция	водянистая	сливкообразная	сметанообразная
Концентрация сперматозоидов, млрд/мл	1,3±0,2	1,6±0,7**	2,4±0,8**
Подвижность сперматозоидов, %	78±3,1	86±2,8**	92±4,2*
Доля сперматозоидов с аномальной морфологией, %	12±1,4	8,4±0,8**	4,3±0,2**
Межвидовые гибриды овец романовской породы и муфлона			
Цвет	–	белая	белая
Запах	–	без запаха	без запаха
Консистенция	–	водянистая	сливкообразная
Объем эякулята, мл	–	0,2±0,01	0,7±0,05
Концентрация сперматозоидов, млрд/мл	–	0,62±0,3	1,1±0,1
Подвижность сперматозоидов, %	–	63±2	75±3
Доля сперматозоидов с аномальной морфологией, %	–	25±3	14±2

Примечание: по отношению к гибридным самцам, \* —  $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$

пах, консистенция семени чистопородных и гибридных животных во всех исследованных возрастных периодах соответствовали установленным нормативным требованиям (табл. 1). Это свидетельствует о соблюдении условий содержания и кормления, а также относительно здоровье органов репродуктивной системы исследованных самцов, что исключало негативное влияние данных факторов на количественные показатели семени в условиях проводимых исследований.

Были установлены различия между чистопородными и гибридными животными по ряду количественных показателей семени. В возрасте 9 месяцев эякуляты семени были получены только от чистопородных баранов романовской породы. У гибридных самцов выработки семени в данный возрастной период не отмечалось. Взятие семени в более позднем возрасте (12 и 18 месяцев) позволило получить образцы семени как от чистопородных, так и от гибридных самцов.

У гибридных животных по сравнению с чистопородными животными отмечалось снижение объема эякулята, концентрации и подвижности сперматозоидов (табл. 1). Наибольшие различия по данным показателям были установлены в возрасте 12 месяцев: чистопородные самцы превосходили гибридных животных по объему эякулята и концентрации спермиев соответственно в 3,5 ( $p < 0,001$ ) и 2,6 ( $p < 0,01$ ) раз, по подвижности спермиев — на 36% ( $p < 0,01$ ). В возрасте 18 месяцев гибриды по объему полученной спермы уступали чистопородным аналогам на 57,1% ( $p < 0,01$ ), по подвижности спермиев — на 22,6% ( $p < 0,05$ ). При этом разница между чистопородными и гибридными животными по концентрации сперматозоидов в полученных эякулятах семени сохранялась на уровне ранее установленных различий в возрасте 12 месяцев — 2,1 раз ( $p < 0,01$ ).

При значительном снижении показателей объема получаемого семени и концентрации спермиев у гибридных животных относительно чистопородных самцов

отмечалось увеличение доли сперматозоидов с аномальной морфологией в 2,9 и 3,3 раз ( $p < 0,01$ ) в возрасте 12 и 18 месяцев, соответственно. Наибольший процент патологий был установлен в области жгутика сперматозоидов — как у чистопородных, так и у гибридных самцов.

Были изучены морфометрические показатели сперматозоидов гибридных самцов в сравнении с чистопородными баранами романовской породы (рис. 1). Проведенные исследования не выявили достоверных различий по данным признакам у особей разных генотипов. В целом, морфометрические показатели головки и средней части сперматозоидов исследованных гибридных самцов соответствовали аналогичным показателям, установленным для чистопородных самцов (табл. 2).

Различия по показателям качества семени, выявленные между чистопородными и гибридными животными, были подтверждены гистологическими исследованиями.

Рис. 1. Сперматозоиды животных рода *Ovis*: А — романовская порода, Б — муфлон, В — гибрид муфлон х романовская порода. Окраска: акридин оранжевый.

Fig. 1. Spermatozoa of animals of the genus *Ovis*: A – Romanov breed, Б — hybrid mouflon x Romanov breed. Staining: acridine orange

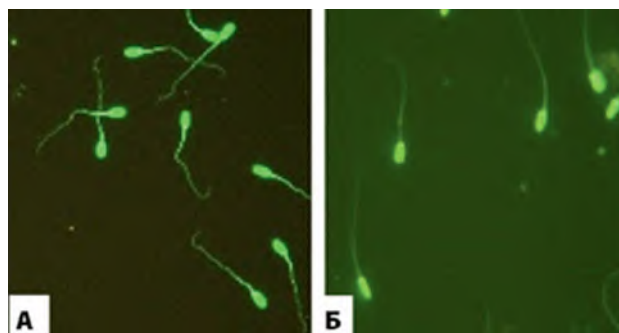


Таблица 2. Морфометрические показатели сперматозоидов животных рода *Ovis*

Table 2. Morphometric parameters of spermatozoa of animals of the genus *Ovis*

Показатель	Романовская порода	½ романовская ½ муфлон
Головка сперматозоида		
Длина, мкм	5,91±0,28	5,82±0,21
Ширина, мкм	2,96±0,18	2,99±0,14
Площадь, мкм²	15,2±1,72	14,9±1,24
Периметр, мкм	15,54±1,28	15,48±1,57
Эллиптичность	1,98±0,11	2,0±0,22
Средняя часть сперматозоида		
Ширина, мкм	0,94±0,12	0,91±0,2
Площадь, мкм²	2,01±0,31	1,99±0,12
Расстояние, мкм	0,28±0,09	0,27±0,06

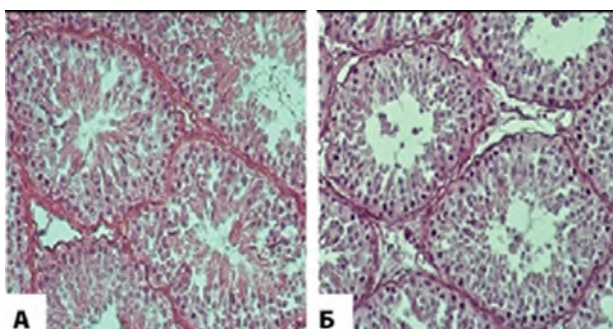
Таблица 3. Весовые и морфометрические показатели развития семенников чистопородных самцов романовской породы и межвидовых гибридов муфлона с овцами романовской породы  
Table 3. Weight and morphometric indicators of development in the testes of purebred males of the Romanov breed and interspecific hybrids of mouflon with sheep of the Romanov breed

Показатель	Чистопородные бараны романовской породы	Межвидовые гибриды муфлона с романовской породой
Число животных, <i>n</i>	5	3
Возраст, мес.	12	12
Масса семенника, г	389±37*	179±8
Объем семенника, см	28±2*	17±1
Диаметр семенного канальца, мкм (min / max)	236±7 (186 / 289)	215±3 (159 / 241)
Площадь семенного канальца, мкм (min / max)	41 748±2311 * (25 500 / 62 100)	30 447±934 (19 900 / 42 700)

Примечание: \* —  $p < 0,01$  по отношению к гибридным самцам

**Рис. 2.** Гистологическая структура семенных канальцев семенников баранов рода *Ovis* в возрасте 12 месяцев: А — чистопородные бараны романовской породы; Б — межвидовые гибриды овец романовской породы и муфлона. Окраска: гематоксилин-эозин. Увеличение  $\times 200$ .

**Fig. 2.** Histological structure of the seminiferous tubules in the testes from rams of the genus *Ovis* at the age of 12 months: А — purebred rams of the Romanov breed; Б — interspecific hybrids from sheep of the Romanov breed and mouflon. Hematoxylin-eosin staining. Magnification  $\times 200$ .



Анализ гистологической структуры семенных канальцев семенников чистопородных баранов романовской породы и гибридных самцов (муфлон  $\times$  романовская порода) в возрасте 12 месяцев выявил различия по ряду морфометрических показателей, характеризующих развитие отдельных структурных единиц семенников у самцов. Были установлены различия между чистопородными и гибридными животными по диаметру и площади семенных канальцев семенников. У гибридных животных данные показатели были ниже на 9,7 и 37,1% ( $p < 0,01$ ), соответственно, по сравнению с аналогичными показателями, установленными у чистопородных самцов романовской породы (табл. 3).

Размер семенных канальцев семенников определялся развитием сперматогенных клеток внутри них. Эпителиосперматогенный слой семенных канальцев

у чистопородных и гибридных животных был представлен всеми типами сперматогенных клеток — сперматогониями, сперматоцитами 1-го и 2-го порядка, сперматидами и спермиями. Сперматогенные клетки располагались от базальной мембраны до просвета семенного канальца в зависимости от их типа. На базальной мембране семенных канальцев идентифицировался плотный слой сперматогоний. Над сперматогониями ближе к базальной мембране располагались в 2–3 слоя сперматоциты 1-го и 2-го порядка. Ближе к просвету семенного канальца выявлялись ранние сперматиды. В ходе дальнейшей дифференцировки сперматиды перемещались к просвету семенного канальца. Зрелые половые клетки самцов — спермии — выявлялись внутри семенного канальца. У чистопородных животных в просвете семенного канальца выявлялось большое количество спермиев, в то время как у гибридных самцов идентифицировались единичные клетки (рис. 2).

### Выводы / Conclusion

Сравнительное исследование показателей сперматогенеза межвидовых гибридов овец романовской породы с муфлоном и самцов исходной материнской формы — баранов романовской породы — выявили различия по ряду признаков в зависимости от генотипа особей.

Отбор семени у чистопородных баранов романовской породы и гибридных животных в возрасте 9, 12 и 18 месяцев позволил получить эякуляты семени от чистопородных самцов во все исследованные возрастные периоды, у гибридных животных — только в возрасте 12 и 18 месяцев.

Анализ качественных и количественных показателей семени у гибридных животных по сравнению с чистопородными сверстниками показал достоверное снижение объема эякулята, концентрации и подвижности сперматозоидов во все исследованные возрастные периоды. При этом установлено повышение доли сперматозоидов с аномальной морфологией у гибридных животных относительно чистопородных самцов романовской породы в 2,9–3,3 раза ( $p < 0,01$ ). Снижение количественных показателей семени у гибридных животных относительно чистопородных сверстников было подтверждено гистологическими исследованиями семенников животных данных генотипов в возрасте 12 месяцев. Установлено снижение площади и объема семенных канальцев у гибридных животных соответственно на 9,7 и 37,1% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с аналогичными показателями чистопородных самцов романовской породы. Сравнительный анализ состава сперматогенных клеток семенного канальца у животных разных генотипов показал наличие у чистопородных животных в просвете семенного канальца большого количества зрелых половых клеток — спермиев, в то время как у гибридных самцов идентифицировались единичные половые клетки.

Полученные данные свидетельствуют о более позднем половом созревании гибридных животных по сравнению с исходной материнской формой — овцами романовской породы. Данные биологические особенности сперматогенеза гибридных животных следует учитывать при их разведении, селекции и использовании для получения новых селекционных форм.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 121052600350-9).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Насибов Ш.Н., Багиров В.А., Кленовский П.М., Иолчиев Б.С., Зиновьева Н.А., Воеводин В.А., Амиршоев Ф.С. Генетический потенциал дикой фауны в создании новых селекционных форм животных. *Достижения науки и техники АПК*. 2010; (8): 59-62.
- Adavoudi R., Pilot M. Consequences of Hybridization in Mammals: A Systematic Review. *Genes*. 2022; (13): 50. <https://doi.org/10.3390/genes13010050>
- Денискова Т.Е., Доцев А.В., Багиров В.А., Виммерс К., Рейер Х., Брем Г., Зиновьева Н.А. Оценка биоразнообразия у межвидовых гибридов рода *Ovis* с использованием STR- и SNP-маркеров. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(2): 251-260. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.251rus>
- Селионова М.И. Из истории Российского овцеводства и его научного сопровождения. Москва. 2017; 250 с.
- FAO: Sustainable Land Management (SLM) in practice in the Kagera Basin: Lessons learned for scaling up at landscape level. Results of the Kagera Transboundary Agro-ecosystem Management Project (Kagera TAMP). Rome. Italy. 2017; p. 440. <http://www.fao.org/3/a-i6085e.pdf>
- Moroni B., Brambilla A., Rossi L., Meneguz P.G., Bassano B., Tizzani P. Hybridization between Alpine Ibex and Domestic Goat in the Alps: A Sporadic and Localized Phenomenon? *Animals*. 2022; (12): 751. <https://doi.org/10.3390/ani12060751>
- Прытков Ю.А., Иолчиев Б.С., Волкова Н.А. Аспекты использования межвидовой гибридизации коз. *Аграрная наука*. 2020; (7-8):35-38. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-35-38>
- Villanueva O. M., Cazadero V. H., Mejia C. M., Maya S. R., Garcia C. C., Gómez P. B., Sosa F. S., Santiago-Moreno J. Progesterone promotes foetal growth in a restricted interspecies gestation (*Ovis canadensis* × *Ovis aries*). *Veterinaria México OA*. 2018; 5 (3): 00. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2018.3.507>
- Иолчиев Б.С., Волкова Н.А., Багиров В.А., Зиновьева Н.А. Идентификация межвидовых гибридов архара (*Ovis ammon*) и домашней овцы (*Ovis aries*) разных поколений по экстерьерным показателям. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(6): 1139-1147. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1139rus>
- Боголюбова Н. В., Багиров В.А., Зиновьева Н.А. Особенности минерального обмена у гибридных овец романовской породы с архаром (*Ovis ammon*). *Достижения науки и техники АПК*. 2018; (7): 52-55. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10712>
- Machakhtyrov G., Vladimirov L., Machakhtyrova V., Sleptsov E., Plemayashov K., Vinokurov N. Biological indicators of hybrids sperm derived from crossing of domestic sheep with Yakutian snow sheep. *The FASEB Journal*. 2021;35 (S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2021.35.S1.02483>
- Silanikove N., Koluman N. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Rumin. Res.* 2015; 123(1): 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.005>
- Joy A., Dunshea F.R., Leury B.J., Clarke I.J., DiGiacomo K., Chauhan S.S. Resilience of Small Ruminants to Climate Change and Increased Environmental Temperature: A Review. *Animals*. 2020; 10:867. <https://doi.org/10.3390/ani10050867>
- Айбазов А.-М. М., Мамонтова Т. В. Некоторые продуктивные и биологические показатели потомства, полученного от скрещивания западно-кавказского тура и каракайских коз. *Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства*. 2014; (7): 50-55.

## ОБ АВТОРАХ:

**Байлар Садррадинович Иолчиев**

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Российская Федерация E-mail: baylar1@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-5386-7263>

**Людмила Александровна Волкова**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Российская Федерация E-mail: ludavolkova@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0002-9407-3686>

**Анастасия Николаевна Ветох**

научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Российская Федерация E-mail: anastezuya@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2865-5960>

**Наталья Александровна Волкова**

доктор биологических наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории клеточной инженерии

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Российская Федерация E-mail: natavolkova@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0001-7191-3550>

## FUNDING:

This work was supported financially by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (subject no. 121052600350-9).

## REFERENCES

- Nasibov Sh.N., Bagirov V.A., Klenovskij P.M., Iolchiev B.S., Zinovieva N.A., Voevodin V.A., Amirshoev F.S. Genetic potential of wild fauna in creating new breeding forms of animals. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2010; (8): 59-62. (In Russian)
- Adavoudi R., Pilot M. Consequences of Hybridization in Mammals: A Systematic Review. *Genes*. 2022; (13): 50. <https://doi.org/10.3390/genes13010050>
- Deniskova T.E., Dotsev A.V., Bagirov V.A., Wimmers K., Reyer H., Brem G., Zinovieva N.A. Biodiversity assessment in interspecies hybrids of the genus *Ovis* using STR and SNP markers. *Sel'skhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2017; 52(2): 251-260. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.251rus> (In Russian)
- Selionova M.I. From the history of Russian sheep breeding and its scientific support. Moscow. 2017. p. 250. (In Russian)
- FAO: Sustainable Land Management (SLM) in practice in the Kagera Basin: Lessons learned for scaling up at landscape level. Results of the Kagera Transboundary Agro-ecosystem Management Project (Kagera TAMP). Rome. Italy. 2017; p. 440. <http://www.fao.org/3/a-i6085e.pdf>
- Moroni B., Brambilla A., Rossi L., Meneguz P.G., Bassano B., Tizzani P. Hybridization between Alpine Ibex and Domestic Goat in the Alps: A Sporadic and Localized Phenomenon? *Animals*. 2022; (12): 751. <https://doi.org/10.3390/ani12060751>
- Prytkov Yu.A., Iolchiev B.S., Volkova N.A. Aspects of using interspecific hybridization of goats. *Agrarian science*. 2020;(7-8):35-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-35-38> (In Russian)
- Villanueva O. M., Cazadero V. H., Mejia C. M., Maya S. R., Garcia C. C., Gómez P. B., Sosa F. S., Santiago-Moreno J. Progesterone promotes foetal growth in a restricted interspecies gestation (*Ovis canadensis* × *Ovis aries*). *Veterinaria México OA*. 2018; 5(3):00. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2018.3.507>
- Iolchiev B.S., Volkova N.A., Bagirov V.A., Zinovieva N.A. Identification of interspecific hybrids argali (*Ovis ammon*) and domestic sheep (*Ovis aries*) of different generations by exterior indicators. *Sel'skhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2020; 55(6): 1139-1147. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1139rus> (In Russian)
- Bogolyubova N.V., Bagirov V.A., Zinovieva N.A. Characteristic of mineral metabolism in hybrid sheep of romanov breed with argali (*Ovis ammon*). *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018; (7): 52-55. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10712> (In Russian)
- Machakhtyrov G., Vladimirov L., Machakhtyrova V., Sleptsov E., Plemayashov K., Vinokurov N. Biological indicators of hybrids sperm derived from crossing of domestic sheep with Yakutian snow sheep. *The FASEB Journal*. 2021;35 (S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2021.35.S1.02483>
- Silanikove N., Koluman N. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Rumin. Res.* 2015; 123(1): 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.005>
- Joy A., Dunshea F.R., Leury B.J., Clarke I.J., DiGiacomo K., Chauhan S.S. Resilience of Small Ruminants to Climate Change and Increased Environmental Temperature: A Review. *Animals*. 2020; 10:867. <https://doi.org/10.3390/ani10050867>
- Aybazov A.-M. M., Mamontova T. V. Some productive and biological indicators of offspring obtained from crossing West Caucasian Turk and Karachai goats *Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2014. 7. pp. 50-55. (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

**Baylar Sadraddinovich Iolchiev**

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Cell Engineering

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Podolsk city district, Moscow region, 142132, Russian Federation E-mail: baylar1@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-5386-7263>

**Ludmila Alexandrovna Volkova**

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Cell Engineering

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Podolsk city district, Moscow region, 142132, Russian Federation E-mail: ludavolkova@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0002-9407-3686>

**Anastasia Nikolaevna Vetokh**

Researcher, Laboratory of Cell Engineering

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Podolsk city district, Moscow region, 142132, Russian Federation E-mail: anastezuya@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2865-5960>

**Natalia Alexandrovna Volkova**

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Head of the Cell Engineering Laboratory

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Podolsk city district, Moscow region, 142132, Russian Federation E-mail: natavolkova@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0001-7191-3550>



**О. В. Горелик<sup>1, 2</sup>,  
М. Б. Ребезов<sup>1, 3, ✉</sup>,  
Н. М. Костомахин<sup>4</sup>,  
С. Ю. Харлап<sup>1</sup>,  
А. А. Белооков<sup>5</sup>,  
О. В. Белоокова<sup>5</sup>,  
Н. И. Кульмакова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатого Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

<sup>5</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Российская Федерация

✉ [olgao205en@yandex.ru](mailto:olgao205en@yandex.ru)

Поступила в редакцию:  
28.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

**Olga V. Gorelik<sup>1, 2</sup>,  
Maksim B. Rebezov<sup>1, 3, ✉</sup>,  
Nikolai M. Kostomakhin<sup>4</sup>,  
Svetlana Yu. Harlap<sup>1</sup>,  
Alexey A. Belookov<sup>5</sup>,  
Oksana V. Belookova<sup>5</sup>,  
Natalia I. Kulmakova<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbato of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

<sup>5</sup> South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

✉ [olgao205en@yandex.ru](mailto:olgao205en@yandex.ru)

Received by the editorial office:  
28.08.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

## Влияние степени инбридинга на эффективность производства молока

### РЕЗЮМЕ

Уральский тип отечественной черно-пестрой породы отличается высокими показателями продуктивности, хорошей пригодностью к использованию в условиях промышленной технологии молока, но длительность его продуктивного долголетия составляет 2,4–2,6 лактации, хотя в стадах имеется поголовье коров с продолжительностью использования до 10 лактаций. Снижение продуктивного долголетия связано, в частности, с воспроизводительными качествами. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее устойчивыми к длительному использованию в условиях молочных комплексов промышленного производства молока племенных репродукторов оказались коровы линии Силинг Трайджун Рокита, продолжительность продуктивного периода у которых оказалась 4,0 лактации. В других линиях она колебалась от 1,8 (линия Пабст Говернера) до 2,5 (линия Монтовик Чифтейна) лактаций. Низкий коэффициент воспроизводительной способности (менее 0,95) указывает на имеющиеся проблемы с воспроизводством в стаде. Современный голштинизированный черно-пестрый скот, разводимый в Свердловской области, обладает высокими племенными качествами. Потенциал их использования достаточно высок и, несмотря на определенные проблемы с воспроизводством, эти животные могут длительное время продуктивировать в эколого-кормовых условиях зоны разведения.

**Ключевые слова:** корова, молоко, продуктивность, удой, лактация, голштинизированная черно-пестрая, порода

**Для цитирования:** Горелик О.В., Ребезов М.Б., Костомахин Н.М., Харлап С.Ю., Белооков А.А., Белоокова О.В., Кульмакова Н.И. Влияние степени инбридинга на эффективность производства молока. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 69-76. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-69-76> (In English).

© Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kostomakhin N. M., Kharlap S. Yu., Belookov A. A., Belookova O. V., Kulmakova N. I.

## Influence of inbreeding degree on the milk yield efficiency

### ABSTRACT

The Ural type of the domestic Black-and-White mottled breed of cattle features high rates of milk productivity, good suitability for industrial milking technology, but the productive longevity is 2.4–2.6 lactations only, although in the herds there are livestock of cows with a productive longevity up to 10 lactations. The decline in productive longevity is associated with deterioration of reproductive qualities of the cows. In result of the research it was found that the most resistant to long-term use in conditions of dairy complexes for industrial milk production in pedigree reproducing farms were the cows of the Siling Trajun Rokita line. Their productive period was 4.0 lactations. In other lines, the productive longevity ranged from 1.8 (Pabst Governor's line) to 2.5 (Montvik Chieftain's line) lactations. A low fertility rate (less than 0.95) indicates the presence of reproduction problems in the herd. The modern Holsteinized black-and-white mottled cattle, bred in Sverdlovsk region, possess high breeding qualities. The potential of their use is quite high and, despite certain problems with reproduction system, they can produce for a long time in the environmental and forage conditions of the breeding zone.

**Key words:** cow, milk, productivity, milk yield, lactation, Holsteinized black-and-white breed

**For citation:** Gorelik O.V., Rebezov M.B., Kostomakhin N.M., Harlap S.Yu., Belookov A.A., Belookova O.V., Kulmakova N.I. Influence of inbreeding degree on the milk yield efficiency. Agrarian science. 2022; 363 (10): 69-76. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-69-76>

© Gorelik O.V., Rebezov M.B., Kostomakhin N.M., Harlap S.Yu., Belookov A.A., Belookova O.V., Kulmakova N.I.

## Введение / Introduction

The food safety of the country is the most important task for people engaged in the country's agro-industrial complex [1–3]. At the same time, great importance is referred to the development of dairy farming, from where milk and beef — the valuable food products — are obtained. For milk production breeds of highly productive dairy cows of domestic and foreign selection are used [4–6].

These breeds include the Black-and-White mottled breed of cattle, which accounts for more than 51% of the total cattle population in the country. The second place is represented by Holstein breed of cattle, which proportion is more than 15% and is constantly increasing. This breed is related kind of breed; and its genetic pool has been used to improve domestic Black-and-White mottled cattle in the last four decades. Long-term use of crossing Black-and-Whitemottled cattle with Holstein cattle led to creation of a large array of Holsteinized black-and-white mottled cattle variable in genotypic and phenotypic characteristics depending on the breeding region with certain climatic, environmental and forage conditions [7–9].

In Sverdlovsk region the Ural type of Holsteinized black-and-white mottled cattle was officially registered in 2002. It is distinguished by a high proportion of genetic traits of the Holstein breed, which is constantly increasing and reaches 97 and more percent in some separate herds. It features good milk yield, suitability for machine milking in industrial complexes, but has a low duration of productive longevity and reduced reproductive functions. In addition, in herds there is a large share of cows born as a result of closely related mating.

The general aggregate index of milk production efficiency is the rate of return and the level of profitability. Getting profit in market conditions is the main goal of entrepreneurship and a criterion for production efficiency.

Labor productivity, quality of the final product, its material consumption and capital investment intensity are the main components of production efficiency. In conditions of hard competition in production efficiency assessment, the importance of competitiveness increases, which is determined by a number of parameters, where the price and quality of products occupy a special place. The general aggregate index of production efficiency is the rate of return and the level of profitability. Profit in market conditions is the main goal of entrepreneurship and a criterion for production efficiency. Among the other many indicators of profitability the following ones must be given attention: 1) product profitability, which is determined by ratio of net profit to product cost; 2) the profitability of production, which is determined by ratio of net profit to the value of fixed assets or to the cost of the enterprise's capital.

In agricultural enterprises the efficiency of production, in our case — milk production, depends on the productivity of cows, production costs and purchase prices for the products [10, 11]. Evaluation of the efficiency of using cows, depending on the factors affecting their productive qualities, is relevant and of practical importance.

The aim of the work is to assess the productive qualities of cows of unrelated origin that belong to different genotypes.

The research was run in one of the breeding farms of Sverdlovsk region. To do the research, we used the data from the "Selex" program database, that contains data on zootechnical and pedigree registration. Milk yield was assessed by control milking once a month; MFF and MFP were monthly determined in a control sample of milk from each cow using a milk tester. The amount of milk fat and milk protein was calculated according to generally accepted formulas.

The aim of the work is to evaluate the efficiency of using the cows born according to various breeding methods (i.e. degree of inbreeding) for milk production.

The research was run in one of the breeding farms of Sverdlovsk region, engaged in breeding of Holsteinized Black-and-White mottled cattle of the Ural type. For the analysis we used the data of zootechnical and breeding records of the "Selex" database. To calculate the efficiency of milk production, all production costs were taken into account. The efficiency was calculated according to the methodology of the Department of Economics of the Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 1989.

In Sverdlovsk region, Holsteinized black-and-white mottled cattle of the Ural type, officially registered in 2002, are used for milk production [12, 13]. This type of cattle was created as a result of long-term improvement of the Black-and-White mottled breed of Ural offspring by its crossing with the world's best gene pool — the Holstein dairy breed. Currently the cattle is bred both "within their community" and also by further adding of Holstein cattle. For this, the semen of the best servicing Holstein bulls of foreign selection is purchased. Long holsteinization provided the positive results, it created the highly productive herds of Black-and-White dairy cattle, but it also increased the level of inbreeding [14–17]. In herds of some dairy farms in the region the number of cows born from closely related inbreeding achieved 85 and more percent of the total number of cows.

The milk yield of first lactation for cows with different degrees of inbreeding was different (refer to the table 1).

The table shows that the increase of inbreeding degree was accompanied by the milk yield per lactation. Thus, with close inbreeding, milk yield amounted to 8455.7 kg, which is more than average by 777.0 and 1309.1 kg, or by 9.2–15.5%, respectively, in reference to inbreeding degrees. The difference in milk yield between groups of cows with different levels of inbreeding was significant at  $p \leq 0.05$ – $0.01$  in favor of cows with close inbreeding. The

Table 1. Milk yield of cows depending on the degree of inbreeding

Parameter	Degree of inbreeding		
	close	moderate	remote
Milk yield per lactation, kg	8455.7±44.95	7678.7±40.66*	7146.6±59.32**
MFF, %	3.99±0.003	3.97±0.002*	3.95±0.003
Amount of milk fat, kg	348.59±1.90	303.20±1.54**	282.73±2.36**
Protein, %	3.20±0.002	3.19±0.001*	3.18±0.002*
The amount of milk protein, kg	279.31±1.54	243.64±1.24**	228.04±1.91**
Live weight, kg	580.5±0.55	580.3±0.42	581.5±0.64
Milk yielding factor	1456.6±81.73	1323.2±96.81	1229.0±92.69*
Amount of nutrients per lactation (fat + protein), kg	627.9±3.44	546.84±2.78**	510.77±4.27**
Received nutrients per 100 kg of live weight, kg	108.2±1.00	94.2±0.62	87.8±0.67

Note: \*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$

Table 2. Milk production efficiency

Parameter	Degree of inbreeding			On average
	close	moderate	remote	
Milk yield, kg	8456	7679	7147	7760
Milk yield in terms of basic fat and protein, kg	9471	8565	7939	8659
Cost of 1 kg of milk, rub.	18.9	20.8	22.4	20.6
Selling price of 1 kg of milk, rub.	23.0	23.0	23.0	23.0
Total cost, rub.	159 856	159 856	159 856	159 856
Received from the sale, rub.	217 833	196 995	182 597	199 157
Profit +, –, rub.	57 977	37 139	22 741	39 301
Profitability level, %	36.3	23.2	14.2	24.6

milk of cows in the same group featured an increased content of MFF and MFP in their milk. The difference is significant at  $p \leq 0.05$  in favor of cows obtained with close inbreeding. High milk yield and higher content of MFF and MFP led to a higher yield of nutrients with milk per lactation ( $p \leq 0.01$ ), including per 100 kg of live weight.

The milk yield coefficient is used to judge the constitutional orientation of cows toward one or another direction of their productivity. The results of calculating the milk yield coefficient showed that all cows were of the dairy type and had this indicator over 1000 kg.

The efficiency of milk production, along with other factors, depends on the milk yield per lactation and the quality indicators of milk (table 2).

The level of milk profitability on the farm is quite high and averages 24.6% with fluctuations depending on cows' degree of inbreeding from 14.2% (remote) to 36.3% (close). This is determined, as already mentioned, by the milk yield per lactation and the quality of milk (MFF and MFP in milk). Since these values were higher in closely inbred cows, the level of profitability in this group turned out to be the highest.

Thus, we can conclude that inbreeding in Holsteinized Black-and-White mottled cattle of the Ural type allows getting cows with high milk productivity, and their use in milk production shows a high level of profitability. The best cows were born from the close degree of inbreeding.

The aim of the work was to study the relationship between growth indicators by periods in replacement heifers of different lines.

## Материал и методы исследования / Materials and method

The replacement heifers of Holsteinized black-and-white mottled cattle served as the objects of research. The research was run on the pedigree reproducing farms engaged in breeding of Holsteinized Black-and-White mottled cattle of the Ural type of Sverdlovsk region. All cows, that finished lactation, were included in the research.

The data of zootechnical and veterinary records of the IAS "SELEX. Dairy Cattle" database were used. The data of live weight gain of replacement heifers obtained by monthly weighing. Average daily body weight gains and correlation coefficients between body weight were calculated for the periods of growth. The cows were divided into groups depending on their linear origin: group 1 consisted of replacement heifers of the Vis Back Ideal line; group 2 was represented by cows of the Reflection Sovering line.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

The increase in the breeding value of the herd is ensured by the introduction of more and more best breeding young cows into it. Perhaps this is directed selection and breeding work on selection, selection; obtaining and intensive rearing of young cows with high genetic potential of milk production. The results of growing the replacement young livestock on the farm, depending on their linear origin, are presented below in figure 1.

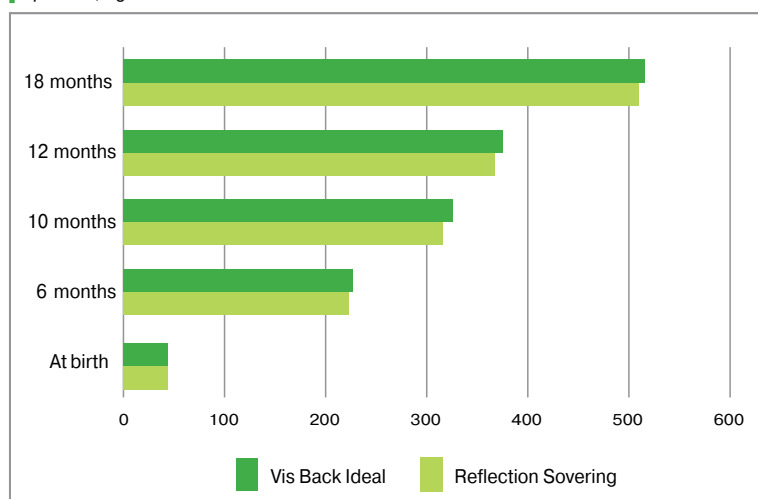
The figure obviously shows that heifers of the Vis Back Ideal 1013415 line in live weight in all periods surpass their peers from the Reflection Sovering 198998 line, despite the fact that they all were raised in the same conditions of caring and feeding, and at birth had almost the same live weight. At the age of 6, 10 and 12 months the difference in live weight was significant at  $p \leq 0.05-0.01$  in favor of heifers from the Vis Back Ideal 1013415 line.

According to the average daily gains in live weight, it is possible to track the growth rate of heifers in various periods of growing. In addition, according to the dynamics of average daily gains, it is possible to assess the system of fattening the young livestock. Figure 2 shows data on average daily gain in live weight among the replacement heifers of Holstein lines of black-and-white mottled cattle.

The highest average daily live weight gains were recorded in the heifers during the lactation period. The farm runs an intensive system of young livestock raising with average daily gains of 900–950 g up to the first insemination, and with high average daily gains during the dairy rearing period. This allows for super-early insemination of replacement heifers at the age of 12.8–13.2 months when the live weight reaches 300–401 kg respectively by the breed lines.

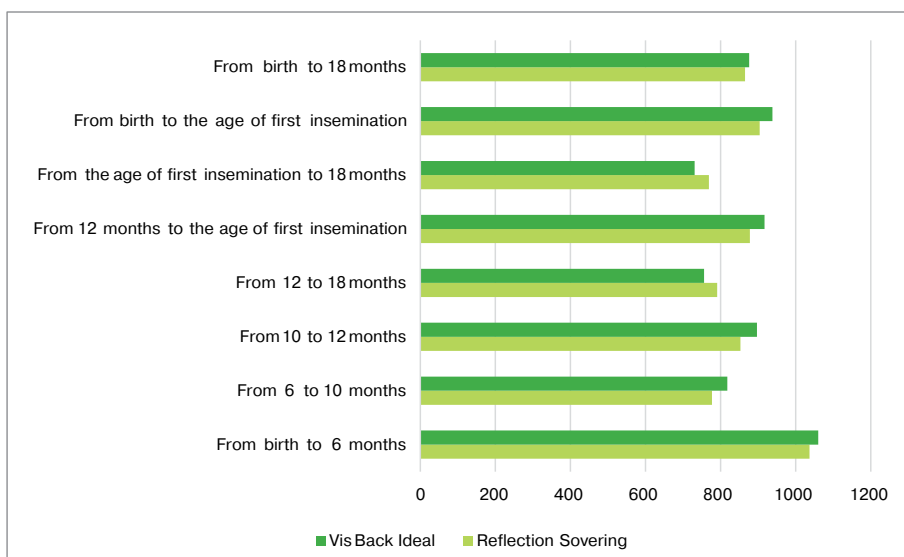
The interrelation of the researched traits, mentioned above, with each other is of interest. While studying it, we found that in

Figure 1. Dynamics of live weight gain among the replacement heifers by growth periods, kg





**Figure 2.** Average daily gains in live weight of replacement heifers, g



of heifers from the Reflection Sovering 198998 line.

Thus, from the above it can be concluded that the farm was running an intensive system of raising the young livestock and inseminated the heifers at a very early period (up to 14 months) when their body weight was 399–405 kg. According to the periods of growth, a positive correlation of changes in live weight was recorded. The correlation between body weight by periods and the age of the first insemination was negative.

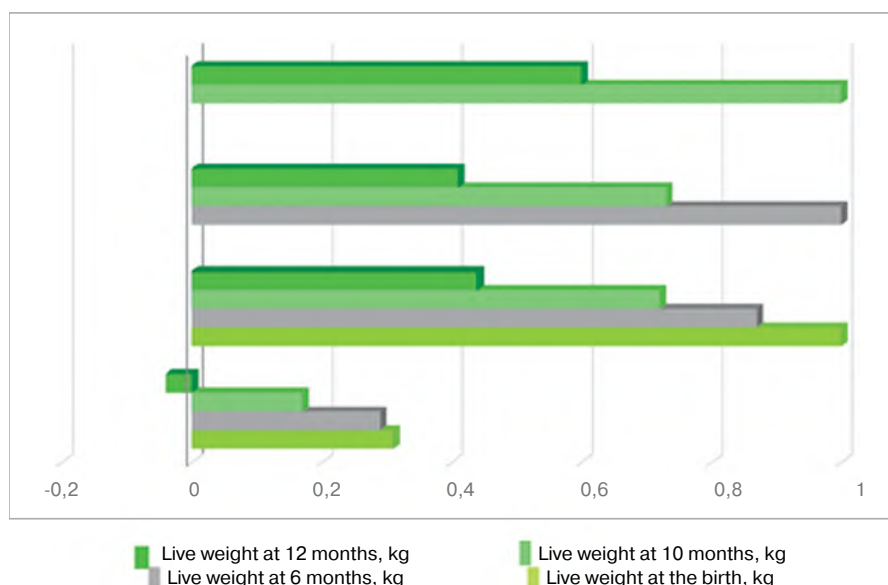
The ratio of cows by line is shown in the diagram (figure 5).

heifers of the Reflection Sovering 198998 line this interrelation is medium and high positive in terms of growth periods, with the exception of correlation of live weight at birth and at 18 months of age (figure 3).

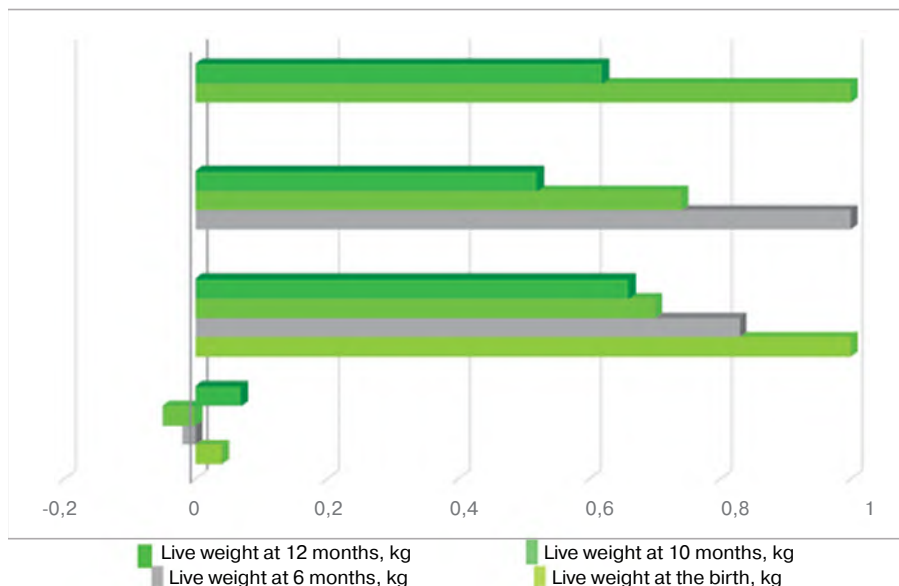
The correlation coefficient between body weight at birth and the live weight at 18 months was  $-0.04$ . The similar calculations were run using the data of Vis Back Ideal 1013415 line (figure 4). As a result of the assessment of correlation of the live weight of replacement heifers from Vis Back Ideal 1013415 line, the low negative correlation was found between the live weight at birth and at the age of 10 and 12 months. In other periods, the relationship is high and positive. Correlation coefficients were calculated between the values of live weight by various periods and the live weight at age of the first insemination. As a result, it was found that there is an average negative correlation between these values among the replacement heifers of the studied lines.

The figure 4 obviously shows that only in the case of assessing the correlation between body weight at birth and the age of first insemination in heifers of the Vis Back Ideal 1013415 line, the correlation coefficient was  $0.10$ . The correlation between body weight at the first insemination and the age of the first insemination was also positive. The correlation was negligible little, but still higher in the group

**Figure 3.** Correlation of live weight of replacement heifers from Reflection Sovering 198998 line by growth periods



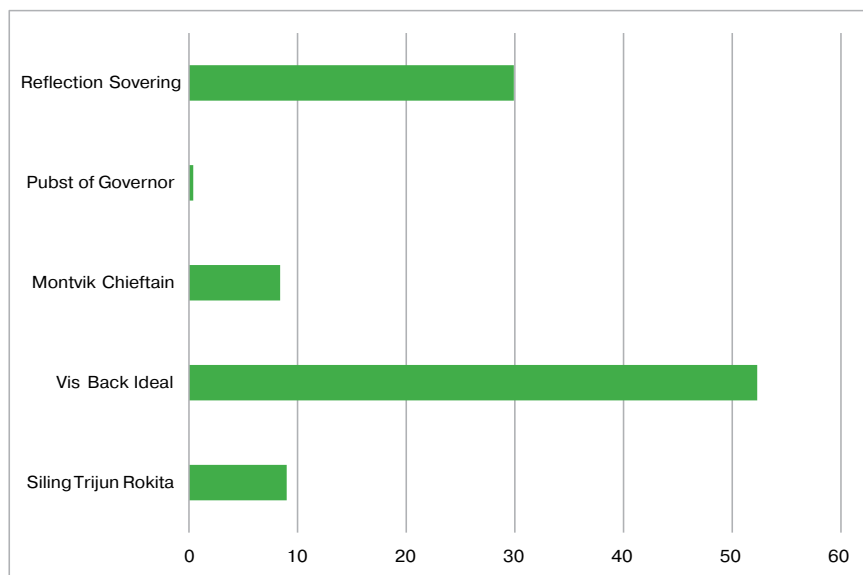
**Figure 4.** Correlation of live weight of replacement heifers of the Vis Back Ideal 1013415 line by growth periods



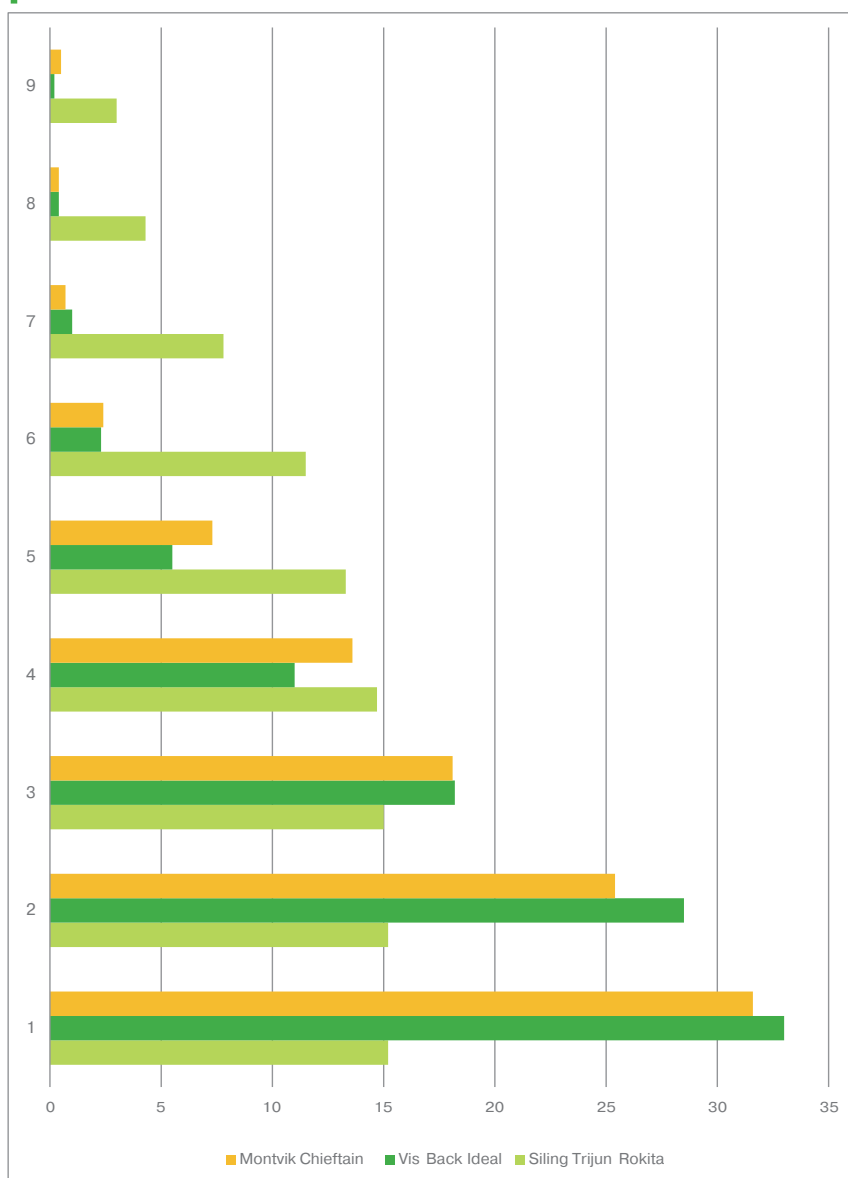
The figure above clearly shows that in breeding reproducing farms, the cows of two lines — Vis Back Ideal and Reflection Sovering — are used in greater numbers — 52.3 and 29.9%, respectively. So, 9.0 and 8.4% are represented by cows of the Siling Trijun Rokita and Montvik Chieftain lines. Cows of the Pabst Governor line occupied only 0.4%. Each line contains cows of different ages. Data on the percentage of cows depending on age in lactation is presented in the figure 6.

The ratio of cows' shares of different ages depends on their belonging to one or another line, which is clearly seen in the figure. The cows of the Siling Trijun Rokita line proved to be the most resistant to long-term use in the technological conditions of dairy complexes and the most fit for the industrial milking; their productive longevity was 4.0 lactations. In other lines, the productive longevity ranged from 1.8 (Pabst Governor's line) to 2.5 (Montvik Chieftain's line) lactations.

**Figure 5.** The ratio of cows of different lines in the breeding reproducing farms of Sverdlovsk region



**Figure 6.** Line structure by number of cows in lactations, %



The dynamics of cows' milk yield by lactation is of interest to assess their ability to sustain steady productive qualities with age and the correlation of production duration with productive qualities (figure 7).

The figure above clearly shows that the cows of the first three lines have a general pattern of increasing milk yield to mature lactation. The cows of the Pubst Governor line showed the highest productivity for the 9th lactation, which is most likely associated with a small number of cows and their selection for milk yield and duration of lactation. However, it can be noted that they increase milk yield for a longer time (up to 4–5th lactation), but it is lower than that of cows of other lines. The Reflection Sovering cows had the best milk yield at the 2nd lactation. Further, in all lines, stable milk yields were observed with a slight decrease relative to mature cows for the 3–4th lactation with minor fluctuations towards decrease or increase, which is explained by rejection of low-productive cows.

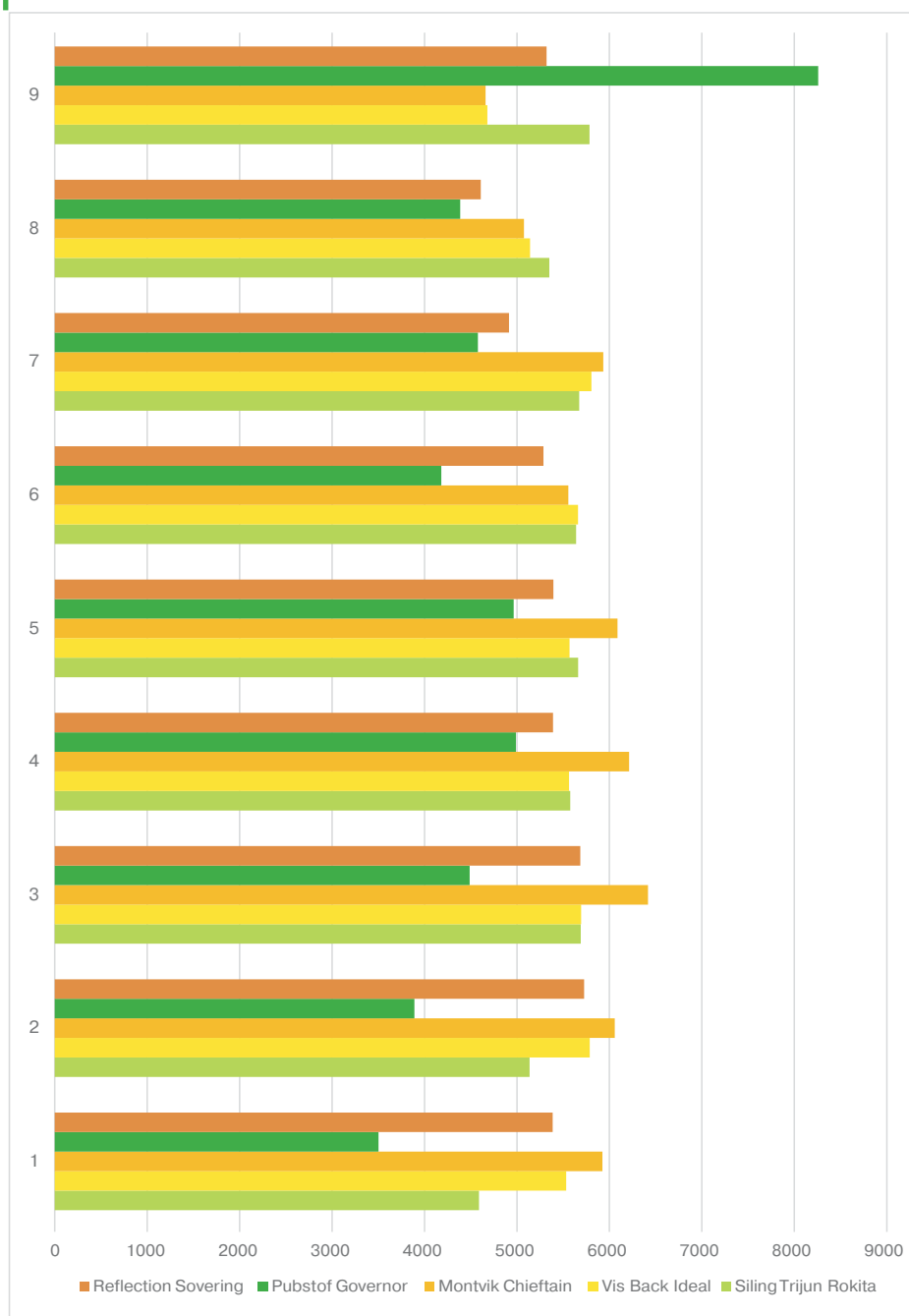
Milk yield per lactation was higher by 284 kg, or 4.9%, than milk yield in 305 days of lactation on average in the herd due to longer lactation, which is correlated with duration of a service period (table 3).

The analysis of data on duration of service period and calving interval found that these

Table 3. Duration of the service period and calving interval for cows by lactation, days

	Line									
	Siling Trijun Rokita		Vis Back Ideal		Montvik Chieftain		Pubst of Governor		Reflection Sovering	
	service period	calving interval	service period	calving interval	service period	calving interval	service period	calving interval	service period	calving interval
1	113	400	124	411	130	417	123	410	126	413
2	113	400	124	411	115	402	114	401	116	403
3	116	403	115	402	114	401	96	383	114	401
4	106	393	115	402	120	407	138	425	111	398
5	108	395	116	403	117	404	135	422	120	407
6	105	392	113	400	116	403	99	386	125	412
7	107	394	113	400	163	450	134	421	130	417
8	94	381	113	400	138	425	109	396	140	427
9	124	411	83	370	113	400	190	477	136	423
On average	114	401	126	413	129	416	124	411	126	413

Figure 7. Dynamics of milk yield per lactation of cows depending on lactation, kg



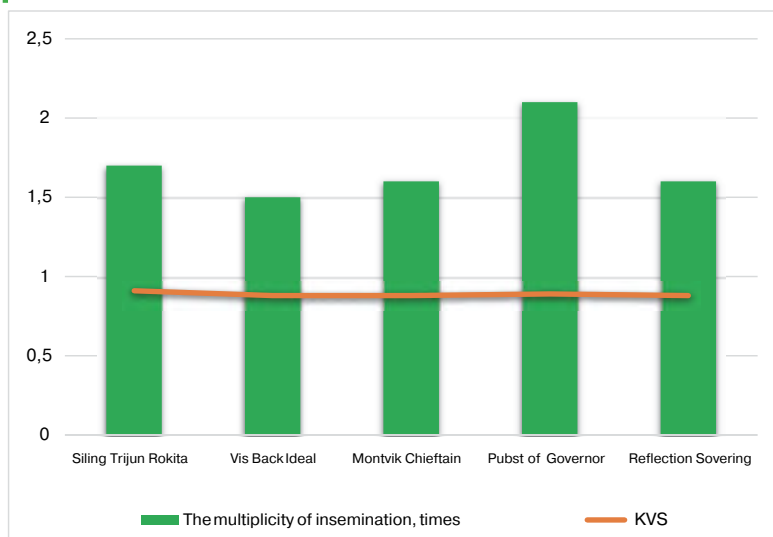
periods exceed the optimal duration in all groups of cows along the lines and in cows of different ages. The shortest service and calving intervals were recorded among the cows of Siling Trijun Rokita line, which allows concluding about the influence of reproduction function on the duration of cows use in the herd. The service period and calving interval were the longest among the Montvik Chieftain cows, which duration influenced the milk yield per lactation, but also led to a decrease in productive longevity down to 2.5 lactations, which is 1.5 lactations less than in the group of Siling Trijun Rokita cows.

The decrease in the reproductive functions of cows is also confirmed by such indicators like the frequency of insemination and the coefficient of reproductive capability, which are presented in figure 8 by the lines on average.

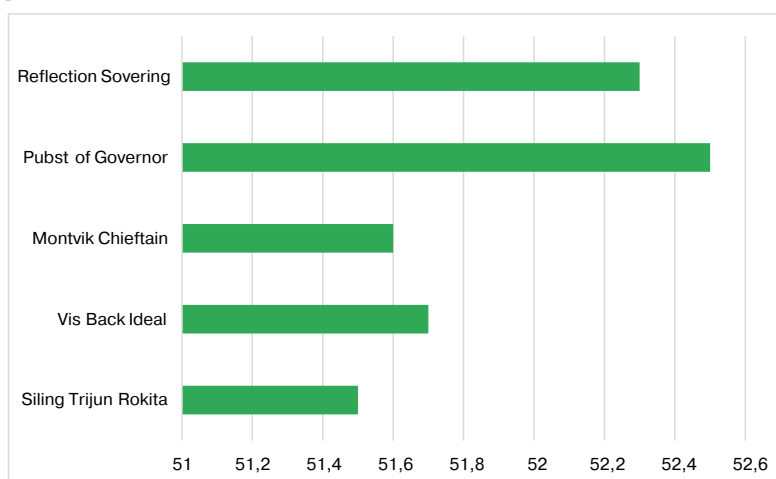
The frequency of insemination in cows of all lines is more than 1, with the exception of cows of the Pabst Governor line, where it exceeds 2. This leads to overuse of semen doses and to increase in the cost of obtaining a calf. The low coefficient of reproductive capacity (less than 0.95) indicates the presence of



**Figure 8.** Frequency of insemination and coefficient of reproductive capability of cows by the lines



**Figure 9.** Cows' fertility index by breed line



problems with reproductive functions in the herd, which leads to decrease of productive longevity of cows in the herd as a whole. The best values of this coefficient were recorded in the group of Siling Trayjun Rokita cows, whose productive longevity is 4.0 lactations.

The index of the cows' fertility (Doha index) is an indicator that shows the lifelong fertility of the female cow. These indices are shown in figure 9 for the lines of Holsteinized black-and-white mottled cattle used in pedigree reproducing farms of Sverdlovsk region.

It follows from the figure 9 that the fertility of cows in the herd is quite good, since the fertility index of cows exceeds 48%. Thus, it is possible to say that the potential of the livestock is quite high and can be used for a long time both for milk production and for obtaining of offsprings.

### Выводы / Conclusion

Therefore we can conclude that the modern Holsteinized black-and-white mottled cattle bred in Sverdlovsk region possess high breeding qualities, which is confirmed by their productive qualities. The potential of their use is quite high and, despite certain problems with reproduction functions, they can produce for a long time in the environmental and forage conditions of the breeding zone.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Sheveleva O.M., Smirnova T.N., Sukhikh N.S. Influence of milking intensity of first lactation cows on the longevity of cows, their lifelong productivity. *Agro-food policy of Russia*. 2020; (3): 40-43. (In Russian)
- Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A. Influence of time parameters of preparation of heifers for lactation on the formation of the milk ejection reflex in first-calf heifers. *Technique and technology in animal husbandry*. 2021; 41 (1): 42-45. (In Russian)
- Baimishev H.B., Baimishev M.Kh., Eremin S.P. Morpho-biochemical parameters of blood of cows depending on the period of lactation. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2022; (1): 48-53. (In Russian)
- Ponomareva L.F., Burakovskaya N.V., Rebezov Y.M., Bychkova T.S., Grunina O.A. Sensory method for the analysis of milk dessert from curd whey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677(3). DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032042
- Lavrov A.A., Gorelik A.S., Dogareva N.G., Mkrtchyan G.V., Lepekina T.V. The influence of origin on milk productivity of cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 839(3). DOI:10.1088/1755-1315/839/3/032005
- Morozova L. et al. Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feeding. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12:2181-2190 DOI:10.31838/ijpr/2020.SP1.319
- Smakuyev D. et al. Acclimatization and productive qualities of american origin aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021; 20 (7): 433-442. DOI:10.1016/j.jssas.2021.05.011
- Gorelik A.S., Arkanov P.V., Bratishko N., Vdovina I. Gorelik L.S. Growth and development of replacement heifers depending on the origin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (5). DOI:10.1088/1755-1315/677/5/052070
- Gorelik A.S., Nesterenko A.A., Arkanov P.V., Vagapova O.A., Melnikova E. Dairy productivity of cows — daughters of bull producers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (2). DOI:10.1088/1755-1315/677/2/022113
- Harlap S.Y., Gorelik A.S., Bitkeeva M.A., Demina N.A., Mullagulova G.M. Dynamics of correlation coefficients of economic and productive characteristics depending on the age of cows. *E3S Web of Conferences*, 2021; 254. DOI:10.1051/e3sconf/202125408023
- Gorelik A.S., Yarmukhamedova E.I., Sharipova A.F., Gazeev I.R., Kanareikina S.G. Comparative evaluation of composition and properties of milk from cows of different breeds in cheese production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677(2). DOI:10.1088/1755-1315/677/2/022109
- Harlap S.Y., Sorokina N.I., Moskvina L.A., Kulmakova N.I., Bezhinar T.I. Influence of the breed lineage on the correlation of productive qualities depending on lactation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848(1). DOI:10.1088/1755-1315/848/1/012071

13. Likhodeevskaya O.E. et al. Comparative assessment of productive qualities of holsteinized black-and-white cattle by lines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848 (1). DOI:10.1088/1755-1315/848/1/012082
14. Fedoseeva N.A. et al. Productive qualities of holsteinized black-and-white cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848 (1). DOI:10.1088/1755-1315/848/1/012068
15. Gorelik O.V., Pavlova J.S., Shvechikhina T.Y., Arapova O.A., Ponomareva L.F. The relationship of economic and useful traits in the ural type cows of the black-and-white breed. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254. DOI:10.1051/e3sconf/202125408026
16. Mikolaychik I.N., Gorelik O.V., Nenahov V.V., Morozova L.A., Safronov S.L. The relationship between the duration of the service period and the milk yield of the holsteinized black-mottled breed *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677 (4). DOI:10.1088/1755-1315/677/4/042016
17. Zhumanov K.Z., Karymsakov T.N., Kineev M.A., Baimukanov A.D. Development and optimization of the equations of the mixed BLUP model for the evaluation of the breed value of bulls-producers of the golstin black-mottled breed of the Republic of Kazakhstan. *Agrarian science*. 2021; (2): 33–36. (In Russian)

#### ОБ АВТОРАХ:

##### Ольга Васильевна Горелик,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
– Уральский государственный аграрный университет,  
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Российская Федерация;  
– Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142, Российская Федерация  
E-mail: olgao205en@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

##### Максим Борисович Ребезов,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
Уральский государственный аграрный университет,  
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Российская Федерация;  
Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатого Российской академии наук, ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Российская Федерация  
E-mail: rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

##### Николай Михайлович Костомахин,

доктор биологических наук, профессор,  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Тимирязевская улица, 49, Москва, 127550, Российская Федерация  
E-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru

##### Светлана Юрьевна Харлап,

кандидат биологических наук, доцент,  
Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Российская Федерация  
E-mail: proffuniver@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

##### Алексей Анатольевич Белооков,

доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
Южно-Уральский государственный аграрный университет,  
ул. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Челябинская область, Российская Федерация  
E-mail: belookov@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

##### Оксана Владимировна Белоокова,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
Южно-Уральский государственный аграрный университет,  
ул. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Челябинская область, Российская Федерация  
E-mail: belookov@yandex.ru

##### Наталья Ивановна Кульмакова,

доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская улица, 49, Москва, 127550, Российская Федерация  
E-mail: kni11@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0372-6109>

#### ABOUT THE AUTHORS:

##### Olga Vasilyevna Gorelik,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
– Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht, str.,  
Yekaterinburg, 620075, Russian Federation;  
– Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation, 112a Belinsky str., Yekaterinburg, 620142, Russian Federation  
E-mail: olgao205en@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

##### Maksim Borisovich Rebezov,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht, str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation;  
V. M. Gorbato Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin, str., Moscow, 109316, Russian Federation  
E-mail: rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

##### Nikolai Mikhailovich Kostomakhin,

doctor of biological sciences, professor,  
Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation  
E-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru

##### Svetlana Yurievna Kharlap,

candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation  
E-mail: proffuniver@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

##### Alexey Anatolyevich Belookov,

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin str., Troitsk, 457103, Chelyabinsk region, Russian Federation  
E-mail: belookov@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

##### Oksana Vladimirovna Belookova,

candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin str., Troitsk, 457103, Chelyabinsk region, Russian Federation  
E-mail: belookov@yandex.ru

##### Natalia Ivanovna Kulmakova,

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation  
E-mail: kni11@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0372-6109>

П.О. Щеголев,  
А.Д. Лемякин,  
А.А. Чаицкий,  
К.Д. Сабетова, ✉  
И.А. Кофиади,  
С.Г. Белокуров

Костромская государственная  
сельскохозяйственная академия,  
п. Караваево, Костромская обл.,  
Российская Федерация

✉ kseniyasabetova@mail.ru

Поступила в редакцию:  
15.07.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

# Полиморфизм гена каппа-казеина в популяциях молочного скота Костромской области и его влияние на молочную продуктивность коров

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Несмотря на более чем 20-летнюю историю изысканий, изучение полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) в отечественных породах крупного рогатого скота молочного направления и его влияния на показатели молочной продуктивности коров по-прежнему остается актуальным. Наибольшее число отечественных исследований по гену каппа-казеина затрагивает черно-пеструю и ярославскую породы, в то время как костромская порода молочного скота по данному направлению изучена недостаточно.

**Методы.** Источником ДНК для анализа была цельная кровь, отобранная из хвостовой вены животных и обработанная набором реагентов «Проба-НК» (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) согласно инструкции производителя. Генотипирование однонуклеотидного полиморфизма гена каппа-казеина (rs43703017) реализовано методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с использованием амплификатора «DTprime» (ООО «НПО ДНК-технология», Россия) и технологии HRM-анализа (high resolution melting). Обработку результатов проводили с использованием методов зоотехнических и статистических исследований.

**Результаты.** В результате исследования установлено, что популяция коров костромской породы отличается значительно большей консолидацией генофонда по сравнению с животными черно-пестрой породы, что позволяет предполагать более высокую эффективность селекционно-племенной работы с костромской породой с использованием гена каппа-казеина в качестве генетического маркера сыропригодности молока. Ген каппа-казеина оказывает значимое влияние на параметры молочной продуктивности и функциональное долголетие коров.

**Ключевые слова:** ген каппа-казеина, крупный рогатый скот, костромская, ярославская, черно-пестрая порода

**Для цитирования:** Щеголев П.О., Лемякин А.Д., Чаицкий А.А., Сабетова К.Д., Кофиади И.А., Белокуров С.Г. Полиморфизм гена каппа-казеина в популяциях молочного скота Костромской области и его влияние на молочную продуктивность коров. *Аграрная наука*. 2022; 363 (10): 77-85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-77-85>

© Щеголев П.О., Лемякин А.Д., Чаицкий А.А., Сабетова К.Д.\*, Кофиади И.А., Белокуров С.Г.

Pavel O. Schiogolev,  
Alexander D. Lemyakin,  
Alexey A. Chaitskiy,  
Kseniya D. Sabetova, ✉  
Ilya A. Kofiadi,  
Sergey G. Belokurov

Kostroma State Agricultural Academy,  
Karavaevo, Kostroma region, Russian  
Federation

✉ kseniyasabetova@mail.ru

Received by the editorial office:  
15.07.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Polymorphism of the kappa-casein gene in dairy cattle populations of the Kostroma region and its effect on dairy productivity of cows

## ABSTRACT

**Relevance.** Despite the more than 20-year history of research, the study of the polymorphism of the kappa-casein (CSN3) gene in domestic dairy cattle breeds and its effect on the indicators of dairy productivity of cows is still relevant. The largest number of domestic studies on the kappa-casein gene was carried out on the Black-and-White and Yaroslavl breeds, while the Kostroma breed of dairy cattle in this area has not been studied enough.

**Methods.** The source of DNA for analysis was whole blood taken from the tail vein of animals and treated with a set of reagents "Proba-NK" ("NPO DNA Technology" LLC, Russia) according to the manufacturer's instructions. Genotyping of the single-nucleotide polymorphism of the kappa-casein gene (rs43703017) was implemented by real-time PCF using the "DTprime" amplifier ("NPO DNA Technology" LLC, Russia) and HRM-analysis technology (high resolution melting). The results were processed using methods of zootechnical and statistical studies.

**Results.** As a result of the study, it was found that the population of cows of the Kostroma breed is characterized by a significantly greater consolidation of the gene pool compared to animals of the Black-and-White breed, which suggests a higher efficiency of breeding work with the Kostroma breed using the kappa-casein gene as a genetic marker of suitability of milk for cheese making. The kappa-casein gene has a significant effect on the parameters of dairy productivity and functional longevity of cows.

**Key words:** kappa-casein gene, cattle, Kostroma breed, Yaroslavl breed, Black-and-White breed

**For citation:** Schiogolev P.O., Lemyakin A.D., Chaitskiy A.A., Sabetova K.D., Kofiadi I.A., Belokurov S.G. Polymorphism of the kappa-casein gene in dairy cattle populations of the Kostroma region and its effect on dairy productivity of cows. *Agrarian science*. 2022; 363 (10): 77-85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-77-85> (In Russian).

© Schiogolev P.O., Lemyakin A.D., Chaitskiy A.A., Sabetova K.D., Kofiadi I.A., Belokurov S.G.



## Введение / Introduction

В последние годы большое внимание исследователей направлено на локус гена каппа-казеина (k-CN, CSN3). Каппа-казеин является фракцией казеина — молочного белка. Это единственная фракция казеина, которая разрушается под действием сычужного фермента и способна стабилизировать казеиновый комплекс молока. В первой фазе свертывания молока сычужный фермент воздействует на каппа-казеин, в результате образуется нерастворимый параказеин и растворимый гликомакропептид [1].

В европейских странах с развитым молочным скотоводством, а также в США и Канаде генотипирование по гену каппа-казеина широко используется в селекционной практике. В нашей стране такие исследования проводились на коровах черно-пестрой, холмогорской, швицкой, костромской пород и имели фундаментальный характер [2].

Каппа-казеин встречается в нескольких вариантах, которые выявляются посредством электрофоретического разделения казеиновой фракции в полиакриламидном геле. Основой белкового полиморфизма каппа-казеина являются единичные аминокислотные замены. Ген каппа-казеина имеет размер 13 тысяч пар нуклеотидов (т.п.н.) и состоит из 5 экзонов общей длиной 850 пар нуклеотидов (п.н.) и 4 интронов [3]. Учеными выделено 7 аллелей каппа-казеина, такие как А, В, С, Е, F, G, H. К наиболее часто встречающимся вариантам (или аллелям) относятся А и В, которые отличаются двумя аминокислотными заменами в 135 и 148 положениях полипептидной цепи [4, 5].

Секвенирование в гене каппа-казеина ключевого экзона 4, состоящего из 483 п.н., позволило определить 7 новых аллельных вариантов, отсутствующих в ранее исследованных коммерческих породах КРС, в образцах местных пород крупного рогатого скота, взятых в разных частях мира.

В наиболее распространенных зарубежных породах молочного скота генотип ВВ практически полностью отсутствует у быков фризской и айрширской пород, а у голштинских быков в США он не превышает 10% [6]. По данным исследования Radu Ionel Neamt et al.,

в румынской популяции симментальского скота значительно преобладает аллель А с частотой встречаемости 0,785 [7]. Соответственно, генотип АА встречается у 61,5%, АВ — у 30,7% животных, а генотип ВВ встречается лишь у 6,2% коров. Похожая ситуация наблюдается в популяциях голштинского скота, разводимого в Словакии [8].

У наиболее распространенных отечественных пород скота — красно-пестрой, черно-пестрой — встречаемость генотипа CSN3<sup>AB</sup> составляет 23–27%, а CSN3<sup>BB</sup> — всего лишь 4,1–11,8%. Встречаемость CSN3<sup>B</sup> аллеля у животных симментальской породы отечественной селекции составляет 36,3–47,4%, у помесных быков с участием красно-пестрых голштинов — всего 22,4%.

В таблице 1 приведены данные о распределении генотипов и аллелей CSN3 в отечественных и родственных им зарубежных породах скота молочного направления продуктивности, а также некоторые популяционно-генетические показатели, рассчитанные на основе опубликованных данных.

Как видно из данных таблицы 1, в популяциях большинства молочных пород преобладает аллель А гена каппа-казеина. Особенно это заметно у животных голштинской породы, а также голштинизированных пород (черно-пестрой, ярославской). Сходная ситуация наблюдается в большинстве локальных молочных пород стран СНГ (белорусская черно-пестрая, украинская черно-пестрая).

Наибольшая частота аллеля k-CN<sup>B</sup> и генотипа k-CN<sup>BB</sup> наблюдается у животных швицкой и костромской пород. Это объясняется тем, что это родственные породы и в их селекции не применяется голштинизация. Как отмечают А.В. Перчун, И.В. Лазебная и соавторы, частота В-аллели гена CSN3 в отдельных стадах костромской породы превышает таковую у других отечественных пород КРС, что, вероятно, определяет высокие сыродельческие качества молока.

Используя литературные данные, собранные в таблице 1, можно получить некоторые популяционно-генетические параметры исследованных популяций — величина ожидаемой гетерозиготности —  $H_{exp}$  и индекс фиксации (инбридинга) Райта —  $F_{is}$ , а также проверить

Таблица 1. Полиморфизм гена каппа-казеина в отечественных и родственных им зарубежных породах молочного скота (по литературным данным)

Table 1. Polymorphism of the kappa-casein gene in Russian national and related foreign breeds of dairy cattle (according to literature data)

Порода	n, голов	Распределение по генотипам, %			Частота аллелей		$H_{exp}$	$\chi^2$	$F_{is}$
		AA	AB	BB	A	B			
Бурая швицкая [9]	54	0,259	0,555	0,185	0,537	0,463	0,47	0,03	–0,01
Костромская [10]	30	0,076	0,092	0,832	0,256	0,744	0,48	16,1***	0,31
Костромская [11]	125	0,112	0,528	0,360	0,376	0,624	0,47	1,96	–0,12
Голштинская [12]	65	0,646	0,338	0,015	0,815	0,184	0,47	20,7***	–0,22
Голштинская [13]	116	0,61	0,36	0,03	0,79	0,21	0,33	0,84	–0,08
Черно-пестрая [14]	20	0,526	0,399	0,075	0,725	0,275	0,26	0,27	0,05
Черно-пестрая [13]	128	0,59	0,37	0,04	0,77	0,23	0,35	0,47	–0,06
Украинская черно-пестрая [15]	40	0,533	0,466	–	0,766	0,233	0,29	0,03	–0,02
Белорусская черно-пестрая [16]	1000	0,528	0,435	0,037	0,746	0,254	0,746	15,7***	–0,15
Ярославская [17]	122	0,370	0,570	0,060	0,660	0,340	0,50	0,11	0,02
Ярославская [13]	158	0,37	0,57	0,06	0,66	0,34	0,57	10,8**	–0,26
Ярославская [18]	121	0,390	0,420	0,190	0,600	0,400	0,42	0,004	–0,005

Примечание. Уровень статистической значимости: \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$

гипотезу о смещении генного равновесия в изучаемых популяциях методом «хи-квадрат» ( $\chi^2$ ). Так, достоверный дефицит гетерозигот ( $p < 0,001$ ) наблюдался только в исследовании Перчуна и соавторов, что сопровождалось и высоким коэффициентом фиксации, значительно превышающим показатели  $F_{IS}$  молочного скота в России, и, согласно В.М. Кузнецову, приближающимся к уровню  $F_{IS}$  итальянского молочного скота [19]. В остальных рассматриваемых популяциях дефицит гетерозигот не проходит проверку достоверности методом «хи-квадрат», а в некоторых случаях в голштинской, белорусской черно-пестрой и ярославской породах наблюдался достоверный избыток гетерозигот ( $p < 0,01-0,001$ ), свидетельствующий об отсутствии селекционного давления в данных стадах по гену каппа-казеина.

Многими исследователями установлено, что животные с генотипом ВВ по каппа-казеину часто отличаются более высоким удоем, содержанием жира и белка в молоке [20–23]. Существуют исследования, показывающие положительную связь между В-аллелью каппа-казеина и продолжительностью лактации [24].

В некоторых исследованиях выявляются породные особенности влияния гена каппа-казеина на молочную продуктивность коров. Например, как отмечают Е.В. Белая и М.Е. Михайлова, возможна межпородная дифференциация по силе и направлению связи между генотипом коров по гену каппа-казеина и удоем. По данным исследователей, генотип ВВ является предпочтительным у коров голштинской породы по признаку удою, в то время как у коров черно-пестрой породы наибольшая положительная связь с удоем у генотипа АА [25].

Таким образом, несмотря на более чем 20-летнюю историю, изучение полиморфизма гена каппа-казеина в отечественных породах крупного рогатого скота молочного направления и его влияние на показатели молочной продуктивности коров, по-прежнему остается актуальным. Ввиду этого целью исследований являлось изучение полиморфизма гена каппа-казеина в популяциях молочного скота Костромской области и его влияния на молочную продуктивность коров.

#### Материал и методы исследования / Materials and method

Исследование проводилось на 194 коровах в стадах пяти племенных хозяйств Костромской области: СПК «Колхоз "Родина"» и СПК «Гридино» (костромская порода), СПК «Расловское» и СПК «Яковлевское» (черно-пестрая порода) и ООО «Ладыгино» (ярославская порода). Численность выборки коров указана в таблице 2.

Все манипуляции на крупном рогатом скоте в рамках исследования были проведены в соответствии с международными рекомендациями и российскими норма-

тивно-правовыми документами в отношении гуманного обращения с животными.

Источником ДНК для генотипирования по гену CSN3 являлась цельная кровь, отобранная из хвостовой вены животных и обработанная набором реагентов «Проба-НК» (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) согласно инструкции производителя.

Генотипирование однонуклеотидной замены в гене каппа-казеина (rs43703017) реализовали методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с использованием амплификатора «DTprime» (ООО «НПО ДНК-технология», Россия) и технологии HRM-анализа (high resolution melting). Для амплификации целевых фрагментов CSN3 применяли праймеры, исключающие образование неспецифических ПЦР-продуктов. В качестве флуоресцентного ДНК-интеркалирующего красителя в составе ПЦР-смеси использовали «EvaGreen®» («Biotium»).

CSN3\_A 5'-GATGGATAAATTAATCTGT-3',  
CSN3\_G 5'-GATGGATAAATTAACCTGT-3',  
CSN3\_for 5'-GCAAAATGAATAACAGCCAAG-3',  
CSN3\_rev 5'-TCTGCAATTTTACTCATTTTG-3'.

Плавление продуктов амплификации проводили в диапазоне от 70 °C до 90 °C с увеличением температуры на 0,2 °C каждые 10 с.

Учет и анализ результатов проводили с помощью ПО «RealTime\_PCR» с применением модуля HRM-анализа. При анализе учитывали данные равномерности нагрева термоблока амплификатора (то есть к результатам кластеризации дополнительно применена опциональная настройка температурной коррекции).

Результаты предварительных HRM-протоколов были верифицированы методом прямого секвенирования по Сэнгеру с применением пар праймеров, позволявших амплифицировать более длинные фрагменты целевых последовательностей CSN3, чем праймеры для HRM-исследований.

Частоту генотипов рассчитывали по формуле 1:

$$P = \frac{m}{N}, \quad (1)$$

где  $P$  — частота генотипа;

$m$  — количество особей, имеющих определенный генотип,

$N$  — общее число особей.

Частоту аллелей рассчитывали по формуле 2:

$$p = \frac{2n_{AA} + n_{AB}}{2N} \quad \text{и} \quad q = \frac{2n_{BB} + n_{AB}}{2N}, \quad (2)$$

где  $p$  — частота аллеля А,

$q$  — частота аллели В,

$n_{AA}$ ,  $n_{AB}$ ,  $n_{BB}$  — число особей с генотипом АА, АВ и ВВ соответственно,

$N$  — общее число особей.

Генное равновесие в популяции рассчитывали, используя уравнение Харди — Вайнберга 3:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \quad (3)$$

где  $p$  — частота аллели А,

$q$  — частота аллели В.

С целью установить наличие и степень влияния гена CSN3 на молочную продуктивность коров была проведена серия расчетов однофакторных комплексов с использованием линейной модели 4 [26]:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i, \quad (4)$$

Таблица 2. Объем выборки в разрезе пород, разводимых в племенных хозяйствах Костромской области

Table 2. Sample size in the context of breeds bred in breeding farms of the Kostroma region

Племенное хозяйство	Порода			Всего
	костромская	ярославская	черно-пестрая	
СПК «Колхоз "Родина"»	18	–	–	
СПК «Гридино»	14	–	–	
СПК «Расловское»	–	–	48	
СПК «Яковлевское»	–	–	57	
ООО «Ладыгино»	–	57	–	
ИТОГО	32	57	105	194

Таблица 3. Распределение аллелей и генотипов гена CSN3 у подопытных коров  
Table 3. Distribution of alleles and genotypes of the CSN3 gene in experimental cows

Порода, хозяйство	n, голов	Генотипы			Аллели		Гетерозиготность		$\chi^2$	$F_{IS}$
		AA	AB	BB	A	B	H <sub>obs</sub>	H <sub>exp</sub>		
СПК «Колхоз «Родина»	18	0,056	0,000	0,944	0,056	0,944	0,000	0,105	18***	1,00***
СПК «Гридино»	14	0,071	0,214	0,714	0,179	0,821	0,214	0,293	1,02	0,27
Всего по костромской породе	32	0,063	0,094	0,844	0,109	0,891	0,094	0,194	8,61*	0,65***
СПК «Расловское»	48	0,188	0,229	0,583	0,302	0,698	0,229	0,422	10**	0,46***
СПК «Яковлевское»	57	0,211	0,175	0,614	0,298	0,702	0,175	0,419	19,2***	0,58***
Всего по черно-пестрой породе	105	0,200	0,200	0,600	0,300	0,700	0,200	0,42	28,8***	0,52***
Ярославская порода (ООО «Ладыгино»)	57	0,105	0,211	0,684	0,211	0,789	0,211	0,332	7,66**	0,37**
Всего	194	0,149	0,186	0,665	0,278	0,722	0,186	0,367	47,4***	0,53***

Примечание. Статистическая значимость параметров: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$

где  $y_i$  — это  $i$ -е значение зависимой количественной переменной  $y$ ;

$x_i$  — значение количественного предиктора  $x$ , соответствующее  $i$ -му значению  $y$ ;

$\beta_0$  — значение, которое принимает  $y$  при  $x = 0$ ;

$\beta_1$  — коэффициент регрессии, который показывает, насколько изменяется  $y$  при изменении  $x$  на одну единицу;

$\epsilon_i$  — остатки, то есть разница между наблюдаемыми значениями  $y_i$  и средними значениями, предсказанными моделью для каждого  $x_i$ .

Силу влияния фактора определяли по формуле 5 [27]:

$$\eta = \frac{C_{\text{факт}}}{C_{\text{общ}}} 100, \quad (5)$$

где  $C_{\text{факт}}$  — сумма квадратов отклонений групповых средних от общей средней по выборке;

$C_{\text{общ}}$  — сумма квадратов отклонений всех членов выборки от общей выборочной средней.

Расчеты популяционно-генетических параметров проводились при помощи расширения «GenAlEx» для табличного процессора «Microsoft Excel 2016» [28].

Статистическая обработка результатов исследования проводилась при помощи языка статистического программирования R (версия 4.0.6) в среде разработки «RStudio» (версия 1.4.1106) с использованием функций mean (), sd (), t.test (), lm () и anova ().

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты генотипирования коров костромской, черно-пестрой и ярославской пород представлены в таблице 3.

Проверка справедливости уравнения Харди — Вайнберга с помощью найденных практически путем частот встречаемости генотипов CSN3 у подопытных коров и рассчитанных ожидаемых значений показала достоверное смещение частот встречаемости во всех изученных популяциях, кроме стада СПК «Гридино». При этом во всех группах животных наблюдался дефицит гетерозигот, наиболее выраженный в черно-пестрой породе — как в популяции в целом, так и в отдельных субпопуляциях, где индекс фиксации  $F_{IS}$  находился на уровне 0,46–0,58. В популяции костромской породы общий индекс фиксации был больше, чем у черно-пестрой, на 0,13, при этом структуры популяций, судя по индексам фиксации отдельных субпопуляций, различаются.

Если в СПК «Расловское» и СПК «Яковлевское» дефицит гетерозигот ярко выражен в обоих стадах, то разница между субпопуляциями в СПК «Гридино» и СПК «Колхоз «Родина», судя по кардинально различающимся коэффициентам фиксации, более существенна.

Данные о распределении генотипов и аллелей гена CSN3, полученные в ходе исследования, выходят за рамки результатов, полученных другими авторами. Так, если по черно-пестрой породе частота аллели CSN3<sup>B</sup> указывалась в пределах 0,158–0,254, то в нашем исследовании частота аллели CSN3<sup>B</sup> в популяции коров черно-пестрой породы составила 0,700 [13–16]. Это превышает показатели даже по голштинской породе (0,21–0,39) по данным ряда исследователей [12, 13].

Так, в ярославской породе крупного рогатого скота частота аллели CSN3<sup>B</sup> по литературным данным колеблется от 0,3 до 0,545, а в результате проведенного нами генотипирования популяции коров в ООО «Ладыгино» — 0,978 [13, 16, 18]. Частота аллели CSN3<sup>B</sup> в костромской породе, по данным Г.Е. Сулимовой с соавторами и А.В. Перчуна с соавторами, находилась в пределах 0,595–0,624, однако, по данным проведенного нами генотипирования, частота аллели CSN3<sup>B</sup> составила 0,891 [10, 11]. При этом у коров изученных популяций наибольшую частоту встречаемости аллели CSN3<sup>B</sup> имели коровы костромской породы, наименьшую — черно-пестрой породы, а коровы ярославской породы занимали промежуточное положение, что в целом соответствует литературным данным.

Рассматривая изученные популяции коров, нельзя не отметить значительное и достоверное ( $p < 0,05$ – $0,001$ ) смещение генетического равновесия в сторону дефицита гетерозигот во всех популяциях и почти во всех субпопуляциях, кроме стада СПК «Гридино». В сочетании с высоким коэффициентом фиксации  $F_{IS}$  это свидетельствует о сильном давлении различных факторов на распределение генотипов гена CSN3 в изучаемых популяциях крупного рогатого скота. Согласно В.М. Кузнецову, такими факторами могут являться: 1) жесткий отбор по признакам, ассоциированным с конкретными генотипами CSN3 — эффект генетического хичхайкинга; 2) разделение популяций и субпопуляций на группы, между которыми затруднена миграция (поток) генов — эффект Воланда; 3) интенсивное использование близкородственного спаривания (инбридинга) при осуществлении подбора животных для



разведения [19]. Вероятно, в рассматриваемых популяциях совместно действуют все три обозначенных фактора, поскольку все изучаемые стада коров являются племенными, что влечет за собой: а) селекцию животных по признакам, ассоциированным с сыропригодностью молока, следовательно, косвенно влияющими на распределение генотипов CSN3; б) генетическое обособление внутри стад групп коров согласно их принадлежности к генеалогическим линиям вследствие применяемой практики линейного разведения; в) применение инбридинга при реализации внутрилинейного подбора.

Сравнивая между собой популяции и субпопуляции подопытных коров, можно подметить некоторые особенности. Так, дефицит гетерозигот в популяции коров ярославской породы выражен значительно меньше, чем в костромской и черно-пестрой породах, что может обуславливаться разделением популяций коров костромской и черно-пестрой породы на субпопуляции и проявлением эффекта Воланда. При этом, изучаемые стада в костромской породе сильно различаются по распределению генотипов CSN3: среди коров из стада СПК «Колхоз "Родина"» регистрировалось полное отсутствие гетерозигот, в то время как в СПК «Гридино» — соблюдение генетического равновесия, что говорит о беспрепятственном распределении генотипов и аллелей гена CSN3 между животными данной субпопуляции. В то же время, различия в  $F_{IS}$  между субпопуляциями в черно-пестрой породе значительно меньше, что может говорить о большем генетическом сходстве между стадами внутри породы.

Для более подробного изучения структуры популяций костромской и черно-пестрой пород в Костромской области рассчитаны популяционно-генетические параметры, отражающие структуру популяций: субпопуляционный индекс фиксации Райта ( $F_{IT}$ ), индекс дифференциации популяций Райта ( $F_{ST}$ ), генетическое расстояние между субпопуляциями ( $d$ ), поток генов между субпопуляциями, выраженный в количестве мигрантов за одно поколение ( $N_m$ ) и индекс информации (разнообразия) Шеннона ( $I$ ). Все эти данные представлены в таблице 4.

По данным таблицы 4 можно судить о различии между структурой популяций костромской и черно-пестрой пород на территории Костромской области. Если генотипические различия между породными популяциями в рамках региона существенны и статистически значимы ( $p < 0,001$ ), то дивергенция в самих породных популяциях между субпопуляциями не преодолевает порог достоверности ни в костромской, ни в черно-пестрой породах. В то же время, величина  $F_{ST}$  между субпопуляциями костромской породы значительно выше, чем между стадами черно-пестрой породы, что указывает на более выраженную их дифференциацию. Однако дифференциация субпопуляций как в костромской,

так и в черно-пестрой породах по этому показателю не выходит за рамки «слабой, но заслуживающей внимание» [19].

Кроме того, можно констатировать, что в рамках костромской породы миграция генов происходит с гораздо меньшей интенсивностью, чем в черно-пестрой породе, о чем свидетельствует более низкий популяционный коэффициент фиксации ( $F_{IT}$ ) и субпопуляционной дифференциации ( $F_{ST}$ ), а также более значительное количество мигрантов за поколение ( $N_m$ ).

Количество мигрантов на поколение ( $N_m$ ) в обеих популяциях не позволяет говорить о достаточной степени генетической дифференциации между стадами, при этом поток генов в черно-пестрой породе на несколько порядков больше, чем в костромской. Настолько большие различия между породами, очевидно, являются следствием разных подходов к селекционно-племенной работе внутри пород. В работе с черно-пестрой породой распространена практика массового применения племенного материала голштинской породы, генеалогическая структура которой редуцирована фактически до двух линий, что привело к размыванию генетической структуры черно-пестрой породы. В костромской породе, несмотря на активное использование быков-производителей родственной швицкой породы, генетические различия между генеалогическими группами животных выражены более четко благодаря направленной работе по сохранению и совершенствованию линий и родственных групп.

Следует отметить, что наряду с показателями F-статистики Райта, информацию о структуре популяции можно получить из показателей генетического разнообразия Шеннона. Общий информационный индекс Шеннона ( $I$ ) показывает, что генетическое разнообразие в целом в популяции коров черно-пестрой породы выше, чем в костромской породе, но при этом не учитывается структура популяций [26].

Исходя из рассчитанных значений индекса Шеннона наибольшее генетическое разнообразие отмечается в популяции скота черно-пестрой породы, а значительно меньшее — в популяции коров костромской породы. Но получить более точный ответ на вопрос, за счет чего наблюдается такое различие в значениях индекса Шеннона можно, воспользовавшись инструментами информационной статистики Шеннона (рис. 1–2).

На рисунке 1 представлены индексы генетического разнообразия и генетического совпадения Шеннона внутри субпопуляций и между ними в костромской породе, а на рисунке 2 — аналогичные данные для популяции коров черно-пестрой породы. Как видно на рисунках 1 и 2, генетическое разнообразие внутри стад черно-пестрой породы гораздо выше, чем внутри субпопуляций костромской породы. Однако при этом генетические различия между субпопуляциями в костромской породе более выражены, чем в черно-пестрой. Это указывает на более выраженную консолидацию генетического материала в костромской породе в отношении гена каппа-казеина, что во многом предопределяет генетическую предрасположенность коров данной породы производить сыропригодное молоко.

Также в рамках исследования влияния гена CSN3 на молочную продуктивность и продуктивное долголетие коров.

Таблица 4. Популяционно-генетические параметры структуры изученных популяций коров

Table 4. Population-genetic parameters of the structure of the studied cow populations

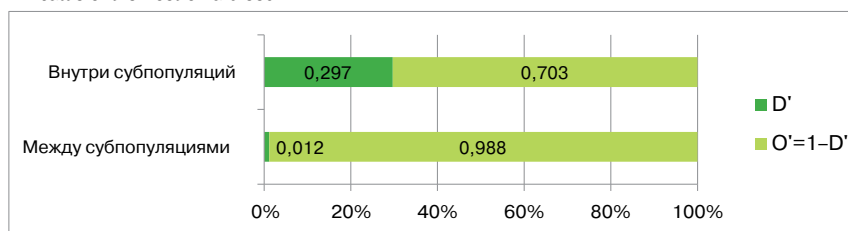
Порода	n	$F_{IS}$	$F_{IT}$	$F_{ST}$	d	$N_m$	I
Костромская	32	0,65	0,557	0,012	0,012	20,4	0,330
Черно-пестрая	105	0,52	0,518	0,0001	0,0001	14262,7	0,611
Всего	137	0,53	0,498	0,050***	0,051	4,8	0,494

Примечание. Статистическая значимость параметров:

\* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ .

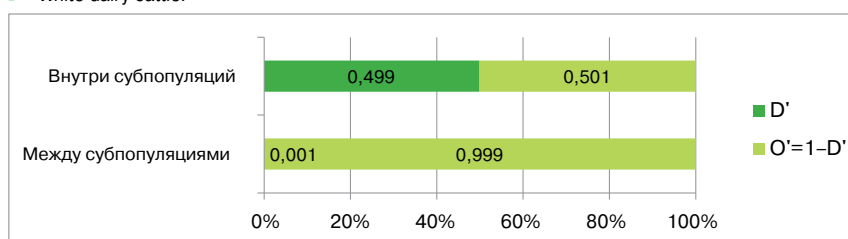
**Рис. 1.** Индексы генетического разнообразия ( $D'$ ) и совпадения ( $O'$ ) Шеннона для популяции молочного скота костромской породы

**Fig. 1.** Shannon indices of genetic diversity ( $D'$ ) and coincidence ( $O'$ ) for a population of dairy cattle of the Kostroma breed



**Рис. 2.** Индексы генетического разнообразия ( $D'$ ) и совпадения ( $O'$ ) Шеннона для популяции молочного скота черно-пестрой породы.

**Fig. 2.** Shannon indices of genetic diversity ( $D'$ ) and coincidence ( $O'$ ) for a population of Black-and-White dairy cattle.



Для определения силы влияния фактора генотипа CSN3 на показатели молочной продуктивности и функциональное долголетие была проведена серия расчетов методом однофакторного дисперсионного анализа, в котором в качестве предиктора использовались данные о распределении генотипов коров по гену CSN3. При этом в качестве зависимой переменной выступали данные об удое, содержании жира и белка за первую лактацию и в среднем за первые три лактации, а также сведения о количестве завершенных лактаций. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

(13,9%), достоверное влияние предиктора на другие изучаемые признаки в данном поголовье не выявлено.

В популяции ярославского скота (ООО «Ладыгино») выявлено статистически значимое влияние генотипа CSN3 на удой и содержание белка в молоке, как в возрасте первой лактации, так и в среднем за первые три лактации ( $p < 0,05$ ). Сила влияния предиктора на данные переменные составила от 13,1% до 15,2%.

В ходе исследования была проанализирована разность по молочной продуктивности между коровами разных генотипов (таблица 6).

**Таблица 5.** Влияние генотипа CSN3 на молочную продуктивность и функциональное долголетие коров

**Table 5.** Impact of CSN3 genotype in cow dairy productivity and functional longevity

Показатели	Зависимая переменная						
	удой за 1-ю лактацию	МДЖ за 1-ю лактацию	МДБ за 1-ю лактацию	средний удой за первые 3 лактации	средняя МДЖ за первые 3 лактации	средняя МДБ за первые 3 лактации	количество законченных лактаций
Костромская порода (СПК «Колхоз "Родина"»)							
F-критерий	0,0928	0,1769	1,0689	0,0226	0,016	0,0001	0,5806
Сила влияния, %	0,6	1,1	6,3	0,1	0,1	0,0004	3,5
Костромская порода (СПК «Гридино»)							
F-критерий	4,461	0,8278	0,301	1,7491	0,3799	1,0756	1,6355
Сила влияния, %	44,8*	13,1	5,2	24,1	6,5	16,3	22,9
Черно-пестрая порода (СПК «Расловское»)							
F-критерий	0,1292	0,1063	0,3763	0,3845	0,3189	0,228	5,3065
Сила влияния, %	0,6	0,5	1,6	1,7	1,4	1,0	19,1**
Черно-пестрая порода (СПК «Яковлевское»)							
F-критерий	1,8091	4,2711	0,7233	1,0777	3,2516	2,5111	0,5113
Сила влияния, %	6,4	13,9*	2,7	3,9	10,9	8,7	1,9
Ярославская порода (ООО «Ладыгино»)							
F-критерий	4,409	2,32	4,831	4,078	2,396	4,44	2,3224
Сила влияния, %	14,0*	7,9	15,2*	13,1*	8,1	14,1*	7,9

Примечание. Уровни статистической значимости: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$

Таблица 6. Молочная продуктивность и срок хозяйственного использования коров с разными генотипами CSN3

Table 6. Milk productivity and economic usage duration in cows with different CSN3 genotypes

Генотип	n, голов	1-я лактация			Среднее за 1–3-ю лактации			Количество законченных лактаций
		удой, кг	жир,%	белок,%	удой, кг	жир,%	белок,%	
		Костромская порода (СПК «Колхоз "Родина"»)						
AA	1	4946	3,98	3,14	5396	3,95	3,22	3
AB	–	–	–	–	–	–	–	–
BB	17	4604±227	3,93±0,02	3,23±0,02	5205±258	3,94±0,02	3,22±0,01	4,76±0,47
		Костромская порода (СПК «Гридино»)						
AA	1	3335	4,64	3,2	4692	4,52	3,19	8
AB	3	6094±35	4,35±0,06	3,30±0,04	6572±168	4,48±0,02	3,33±0,02	3,67±0,24
BB	10	5847±192	4,45±0,03	3,32±0,03	6073±184	4,54±0,02	3,30±0,02	4,20±0,48
		Черно-пестрая порода (СПК «Расловское»)						
AA	9	5956±136	3,92±0,05	3,27±0,03	6448±147	4,05±0,05	3,27±0,028	2,56±0,15 2**
AB	11	5962±181	3,88±0,07	3,30±0,02	6707±156	4,09±0,07	3,27±0,02	1,64±0,10
BB	28	5836±163	3,92±0,05	3,26±0,02	6685±146	4,13±0,06	3,25±0,02	2,29±0,13 2**
		Черно-пестрая порода (СПК «Яковлевское»)						
AA	12	8109±392	3,96±0,10	3,12±0,03	8611±274	3,96±0,09	3,15±0,04	2,0±0,25
AB	10	7171±461	4,28±0,14 3*	3,18±0,04	8034±432	4,17±0,12 3*	3,21±0,04 3*	2,3±0,21
BB	34	7975±206	3,92±0,05	3,13±0,02	8576±176	3,87±0,13	3,10±0,05	2,23±0,026
		Ярославская порода (ООО «Ладыгино»)						
AA	6	4524±329	3,85±0,13	3,05±0,06	5148±420	3,84±0,15	3,09±0,06	2,67±0,33
AB	12	5384±278 3*	3,76±0,05	3,12±0,08	5705±233 3*	3,76±0,05	3,14±0,02	2,83±0,55
BB	34	4614±123	3,91±0,03 2*	3,18±0,02	4993±111	3,89±0,38 2*	3,19±0,02	4,10±0,01 2**

Примечание. Уровни статистической значимости: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ ). Цифровые обозначения показывают достоверность разности текущей группы с носителями генотипов: 1 — CSN3<sup>AA</sup>, 2 — CSN3<sup>AB</sup>, 3 — CSN3<sup>BB</sup>.

Поскольку распределение генотипов в хозяйствах с костромской породой коров оказалось сильно смещено в сторону аллели CSN3<sup>B</sup>, статистический анализ продуктивности животных в данных популяциях не дал достоверных результатов. В то же время, у коров черно-пестрой породы наблюдались достоверные различия по некоторым показателям. Так, в группе животных из СПК «Расловское» носительницы генотипов CSN3<sup>AA</sup> и CSN3<sup>BB</sup> достоверно превосходили гетерозигот CSN3<sup>AB</sup> по числу законченных лактаций — на 0,92 и 0,65 лактации соответственно ( $p < 0,01$ ). В группе животных из СПК «Яковлевское» носительницы генотипа CSN3<sup>AB</sup> достоверно превосходили гомозигот CSN3<sup>BB</sup> по содержанию жира за 1-ю лактацию на 0,36%, а также по среднему содержанию жира и белка за первые три лактации — на 0,3% и 0,11% соответственно ( $p < 0,05$ ).

Популяция коров ярославской породы, представленная животными из ООО «Ладыгино», характеризовалась более высокими удоєм у гетерозиготных (CSN3<sup>AB</sup>) первотелок по сравнению с CSN3<sup>BB</sup>-гомозиготами — на 770 кг, однако по содержанию жира в молоке носительницы генотипа CSN3<sup>BB</sup> имели значимое превосходство над гетерозиготными сверстницами на 0,15% ( $p < 0,05$ ). Средний удой за первые три лактации у гетерозиготных коров также был достоверно выше, чем у носительниц CSN3<sup>BB</sup>, — на 712 кг, однако по содержанию жира в молоке, напротив, CSN3<sup>BB</sup>-гомозиготы достоверно превосходили гетерозигот на 0,13% ( $p < 0,05$ ). Кроме того, по количеству законченных лактаций коровы с генотипом CSN3<sup>AB</sup> достоверно уступали носительницам генотипа CSN3<sup>BB</sup> на 1,27 лактации ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, положительное влияние генотипа CSN3<sup>BB</sup> на удой, содержание жира и белка в молоке, отмеченное рядом ученых, в наших исследованиях частично подтвердилось относительно содержания жира в молоке [7, 9, 17, 18, 20–23]. Возможно, имеют место породные особенности влияния генотипов гена каппа-казеина на показатели молочной продуктивности коров, что согласуется с исследованиями Е.В. Белой и М.Е. Михайловой [25].

### Выводы/Conclusion

В ходе исследования полиморфизма гена каппа-казеина у коров костромской, черно-пестрой и ярославской пород в племенных хозяйствах Костромской области установлено следующее.

Частота желательного аллеля CSN3<sup>B</sup> у всех трех пород значительно выше, чем было установлено ранее другими исследователями для этих же пород. При этом ранжирование пород по частоте встречаемости данного аллеля соответствует возрастающему ряду «черно-пестрая — ярославская — костромская».

Изученная популяция коров костромской породы отличается значительно большей консолидацией генотипов по сравнению с животными черно-пестрой породы. Это позволяет предполагать более высокую эффективность селекционно-племенной работы с костромской породой с использованием гена каппа-казеина в качестве генетического маркера сыропригодности молока.

Ген каппа-казеина оказывает значимое влияние на параметры молочной продуктивности и функциональное долголетие коров, определяя 13,1–44,8% изменчивости по удою, 13,9% — по массовой доле жира, 14,1–15,2% —



по массовой доле белка в молоке ( $p < 0,05$ ), а также 19,1% изменчивости по количеству законченных лактаций.

Высокий удой в большинстве случаев ассоциирован с гетерозиготным генотипом CSN3<sup>AB</sup>, однако по функциональному долготелю коровы с данным генотипом уступают гомозиготам CSN3<sup>AA</sup> и CSN3<sup>BB</sup>. При этом ассоциация генотипов гена каппа-казеина с параметрами молочной продуктивности имеет породные особенности: в черно-пестрой породе с жирномолочностью связан генотип CSNAB, а в ярославской — CSN3BB.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена при поддержке Департамента Костромской области 16.06.2021–30.10.2021. Инв. № 0841200000721000833.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шайдунлин Р.Р., Шарафутдинов Г.С., Москвичева А.Б. Межлинейный полиморфизм гена каппа-казеина и его влияние на молочную продуктивность коров. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;5(33): 51-54.
2. Харламов А.В., Панин В.А., Косилов В.И. Влияние генов каппа-казеина и лактоглобулина на молочную продуктивность коров и белковый состав молока. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; 1 (81): 193-197.
3. Гатилова Е.В., Ефимова Л.В., Иванова О.В. Встречаемость генотипов каппа-казеина и их влияние на молочную продуктивность коров разных пород. *Вестник АПК Ставрополя*. 2020;4(40):42-47.
4. Чаицкий А.А., Лемякин А.Д., Тяжченко А.Н. [и др.] Влияние генотипов гена каппа-казеина на сыропригодные свойства молока коров. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2022;2(58):33-43.
5. Зырянова А.А., Севостьянов М.Ю., Шевкунов О.А. Генетическая структура симментальского скота по гену каппа-казеина и ее влияние на молочную продуктивность. *Вестник Курганской ГСХА*. 2022;1(41):26-31.
6. Тюлькин С.В., Гильманов Х.Х., Вафин Р.Р. Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами каппа-казеина и тиреоглобулина. *Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: сборник материалов II Национальной (Всероссийской) конференции ученых в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии»*, Кемерово. 2021; 268-270.
7. Neamt R.I., Saplacan Gh., Acatincai S., Csiszter L.T., Gavojdian D., Ilie D.E. The influence of CSN3 and LGB polymorphisms on milk production and chemical composition in Romanian Simmental cattle. *Acta Biochim Pol.* 2017;64(3):493-497. doi: 10.18388/abp.2016.1454.
8. Miluchová, M., Gábor, M., Candrák, J., Trakovická, A., & Candráková, K. (2018). Association of HindIII-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle. *Acta biochimica Polonica*, 2018; 65(3): 403–407. Doi: [https://doi.org/10.18388/abp.2017\\_2313](https://doi.org/10.18388/abp.2017_2313)
9. Марзанов Н.С., Попов А.Н., Фейзуллаев Ф.Р. Генодиагностика и популяционно-генетические параметры у коров бурой швейцарской породы и их влияние на качество айрана. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина»*. 2021;1:471-480.
10. Чаицкий А.А., Баранова Н.С. Оценка уровня реализации биологического потенциала у крупного рогатого скота костромской породы с различными аллельными вариантами гена каппа-казеина. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2021;4(56):33-37.
11. Перчук А.В., Лазебная И.В., Белокуров С.Г., Рузина М.Н., Сулимова Г.Е. Полиморфизм генов CSN3, bPRL и bGH у коров костромской породы в связи с показателями молочной продуктивности. *Фундаментальные исследования*. 2012;11(2):304-308.
12. Юдина О.П., Ефимов И.А., Гегамян Н.С., Краковсевич Т.В. Репродуктивные показатели дочерей быков голштинской породы в зависимости от генотипа быка по гену каппа-казеина. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2018;4:140-144.
13. Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Чудновец А.И., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н. Межпородная дифференциация аллельного полиморфизма генов CSN3, PIT-1, PRL, GH, LEP молочного скота. *Вестник АПК Ставрополя*. 2020;1(37):34-38.
14. Афанасьева А.И., Сарычев В.А. Характеристика полиморфизма генов каппа-казеина (CSN3), бета-лактоглобулина (BLG), альфа-лактоальбумина (LALBA) и лептина (LEP) у крупного рогатого скота черно-пестрой породы. *Аграрная наука — сельскому хозяйству: Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции. Алтайский государственный аграрный университет*. 2022;1:92-93.
15. Митюгло И.Д. Полиморфизм гена каппа-казеина у коров разных пород в Украине. Достижения и актуальные проблемы генетики, биотехнологии и селекции животных: Материалы Международной научно-практической конференции. Витебск: Учреждение образования «Витебский ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». 2021;1:35-38.
16. Епишко О.А., Пешко В.В., Танана Л.А., Пешко Н.Н., Мазурек Б.Г. Генетическая структура крупного рогатого скота белорусской черно-пестрой породы по генам CSN2 и CSN3 // Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при технологическом ее развитии : Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, Брянск, 18–19 марта 2021 года. — Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2021;114-117.
17. Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического потенциала молодняка молочного скота по маркерным генам CSN3, GH, pit-1, PRL. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020;6:40-46.

Исходя из вышеуказанного, считаем необходимым направить все возможные усилия на сохранение и развитие костромской породы крупного рогатого скота как отечественной породы, наиболее подходящей для производства сыра высокого качества. Использование в этом качестве черно-пестрой породы отбросит селекционный процесс на несколько поколений назад, что в условиях низкой обеспеченности племенными ресурсами совершенно недопустимо.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

#### FUNDING:

The work was carried out with the support of the Department of the Kostroma region on 16.06.2021–30.10.2021. No. 0841200000721000833.

#### REFERENCES

1. Shaidullin R.R., Sharafutdinov G.S., Moskvicheva A.B. Characteristics of kappa-casein gene and its influence on milk productivity. *Achievements of science and technologies of agriculture*. 2019;5(33):51-54. (in Russian)
2. Harlamov A.V., Panin V.A., Kosilov V.I. Influence of kappa-casein and lactoglobulin genes on dairy productivity of cows and protein composition of milk. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2020; 1 (81): 193-197. (in Russian)
3. Gatilova E.V., Efimova L.V., Ivanova O.V. The occurrence of genotypes of kappa-casein and its impact on milk productivity of cows of various breeds. *Bulletin of Agroindustrial Complex of Stavropol*. 2020;4(40):42-47. (in Russian)
4. Chaitskiy A.A., Lemyakin A.D., Tyazhchenko A.N. Impact of genotypes of kappa-casein gene to cheese producing properties of cow's milk. *Bulletin of the Agroindustrial complex of the Upper Volga region*. 2022;2(58):33-43. (in Russian)
5. Zyryanova A.A., Sevastyanov M.Y., Shevkunov O.A. Genetics structure of simmental cattle by kappa-casein gene and its effect to milk productivity. *Bulletin of Kurgan government agricultural academy*. 2022;1(41):26-31. (in Russian)
6. Tyulkin S.V., Gilmanov H.H., Vafin R. R. Milk productivity and milk quality of cows with different genotypes of kappa-casein and thyroglobulin. *Current directions of scientific research: technologies, quality and safety: collection of materials of the II National (All-Russian) conference of scientists within the III International Symposium "Innovations in food biotechnology"*, Kemerovo. 2021; 268-270. (in Russian)
7. Neamt R.I., Saplacan Gh., Acatincai S., Csiszter L.T., Gavojdian D., Ilie D.E. The influence of CSN3 and LGB polymorphisms on milk production and chemical composition in Romanian Simmental cattle. *Acta Biochim Pol.* 2017;64(3):493-497. doi: 10.18388/abp.2016.1454.
8. Miluchová, M., Gábor, M., Candrák, J., Trakovická, A., & Candráková, K. (2018). Association of HindIII-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle. *Acta biochimica Polonica*, 2018; 65(3): 403–407. Doi: [https://doi.org/10.18388/abp.2017\\_2313](https://doi.org/10.18388/abp.2017_2313)
9. Marzanov N. S., Popov A. N., Feyzullaev F. R. Genodiagnostics and population-genetic parameters in brown Swiss cows and their impact on the quality of ayran. Ministry of Agriculture of the Russian Federation; *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin"*. 2021;1:471-480. (in Russian)
10. Chatskiy A.A., Baranova N.S. Assessment of the level of realization of biological potential in Kostroma cattle with various allelic variants of the kappa-casein gene. *Bulletin of the Agroindustrial complex of the Upper Volga region*. 2021;4(56):33-37. (in Russian)
11. Perchun A.V., Lazebnaya I.V., Belokurov S.G., Ruzina M.N., Sulimova G.E. Polymorphism of CSN3, bPRL and bGH genes in connection with milk quality traits in Kostroma cattle breed. *Fundamental researches*. 2012;11(2):304-308. (in Russian)
12. Yudina O.P., Efimov I.A., Geghamyan N.S., Krakovsевич T.V. Reproductive indicators of daughters of Holstein bulls depending on the genotype of the bull by the kappa-casein gene. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2018;4:140-144. (in Russian)
13. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Chudnovets A.I., Sharko G.N., Mikhailenko T.N. Interbreed differentiation of allelic polymorphism of CSN3, PIT-1, PRL, GH, LEP genes in dairy cattle. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2020;1(37):34-38. DOI 10.31279/2222-9345-2020-9-37-34-38. (in Russian)
14. Afanasyeva A.I., Sarychev V.A. Characteristics of polymorphism of kappa-casein (CSN3), beta-lactoglobulin (BLG), alpha-lactalbumin (LALBA) and leptin (LEP) genes in black-and-white cattle. *Agrarian science — agriculture: Collection of materials of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Altai State Agrarian University. 2022;1:92-93. (in Russian)
15. Mitioglo I.D. Polymorphism of the kappa-casein gene in cows of different breeds in Ukraine. *Achievements and actual problems of genetics, biotechnology and animal breeding: Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Vitebsk: Educational institution "Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine". 2021;1:35-38. (in Russian)
16. Epishko O.A., Peshko V.V., Tanana L.A., Peshko N.N. Genetic structure of cattle Belarusian black-mottled breed of genes CSN2 and CSN3. *Book of abstracts of Int. conf. "The contribution of science and practice to ensuring the country's food security during its technogenic development"* 18-19 Mar. 2021. Bryansk, Russia. 2021;114-117. (in Russian)
17. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Assessment of the genetic potential of young dairy cattle by marker genes CSN3, GH, pit-1, PRL. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2020;6:40-46. (in Russian)

18. Илья А.В., Абрамова М.В., Зырянова С.В. Аллельный полиморфизм крупного рогатого скота Ярославской породы по генам молочной продуктивности. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2018;4(53):55-62.
19. Кузнецов В.М. Оценка генетической дифференциации популяций молекулярным дисперсионным анализом (аналитический обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;2(22):167-187.
20. Ünal, H., & Kozuplu, S. The relationships between  $\kappa$ -casein (CSN3) gene polymorphism and some performance traits in Simmental cattle. *Archives animal breeding*. 2022;65(1):129-134. <https://doi.org/10.5194/aab-65-129-2022>
21. Веселова В.Р., Коптев В.В., Илья А.В., Ковалева М.И. Изучение генетического полиморфизма аллельных вариантов генов CSN2 и CSN3 у крупного рогатого скота Ярославской породы. Интеграция науки и высшего образования, как основа инновационного развития аграрного производства. *Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Ярославль. 2019;1:36-38.
22. Шайдуллин Р.Р., Шарафутдинов Г.С., Москвичева А.Б. Сыропригодность молока черно-пестрых коров с разными генотипами каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; 2:59-63.
23. Часовщикова М.А. Качество молока-сырья и выход сыра в зависимости от генотипа коров. Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева, Курган, 18-19 апреля 2019 года. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. 2019;1:799-802.
24. Юдина О.П., Делян А.С., Ермилов А. Н. и др. Влияние генотипов гена каппа-казеина и страны происхождения быков-производителей голштинской породы на основные хозяйственно-полезные признаки их дочерей. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2020;1:76-94.
25. Тамарова Р.В., Егорашина Е. В. Влияние разных генотипов каппа-казеина и бета-лактоглобулина на продуктивность коров айрширской, голштинской и Ярославской пород. *Главный зоотехник*. 2021;2(221):9-27.
26. Fagaway J.J. Однофакторный дисперсионный анализ как линейная модель [Электронный ресурс] URL: <https://r-analitics.blogspot.com/2013/02/blog-post.html> (дата обращения: 31.03.2022).
27. Лакин Г.Ф. Биометрия. Г.Ф. Лакин. Изд. 4, перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1990.
28. Кузнецов В.М. Оценка генетической дифференциации популяций молекулярным дисперсионным анализом (аналитический обзор). *Аграрная наука евро-северо-востока*. 2021;22(2):167-187.
29. Ilyina A.V., Abramova M. V., Zyryanova S. V. Allelic polymorphism of Yaroslavl cattle by genes of dairy productivity. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2018;4(53):55-62. (in Russian)
30. Kuznetsov V.M. Evaluation of genetic differentiation of populations by molecular dispersion analysis (analytical review). *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021.2(22):167-187. (in Russian)
31. Ünal, H., & Kozuplu, S. The relationships between  $\kappa$ -casein (CSN3) gene polymorphism and some performance traits in Simmental cattle. *Archives animal breeding*. 2022;65(1):129-134. <https://doi.org/10.5194/aab-65-129-2022>
32. Veselova V.R., Koptev V.V., Ilyina A.V., Kovaleva M.I. Study of genetic polymorphism of allelic variants of CSN2 and CSN3 genes in Yaroslavl cattle. Integration of science and higher education as the basis for innovative development of agricultural production. *Materials of the All-Russian Scientific and practical conference with international participation*, Yaroslavl. 2019;1:36-38. (in Russian)
33. Shaidullin R.R., Sharafutdinov G.S., Moskvicheva A.B. Cheese suitability of milk of black-and-white cows with different genotypes of kappa-casein and diacylglycerol o-acyltransferase. *Izvestiya Samara State Agricultural Academy*. 2020; 2:59-63.
34. Chasovshchikova M.A. The quality of raw milk and the yield of cheese depending on the genotype of cows. Scientific and technical support of the agro-industrial complex in the implementation of the State Program for the development of agriculture until 2020: A collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, April 18-19. 2019;1:799-802. (in Russian)
35. Yudina O.P., Delyan A.S., Ermilov A. N., etc. The influence of the genotypes of the kappa-casein gene and the country of origin of Holstein bulls on the main economically useful signs of their daughters. *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. — 2020;1:76-94. (in Russian)
36. Tamarova R.V., Egorashina E. V. The influence of different genotypes of kappa-casein and beta-lactoglobulin on the productivity of cows of Ayrshire, Holstein and Yaroslavl breeds. *Animal science chief*. 2021;2(221):9-27. (in Russian)
37. Faraway J.J. Linear models with R. Chapman&Hall/CRC. 2009.
38. Lakin G.F. Biometrics Ed. 4, revised. and additional - M.: Higher School, 1990. (in Russian)
39. Kuznetsov V.M. Evaluation of genetic differentiation of populations by molecular dispersion analysis (analytical review). *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021;22(2):167-187. (in Russian)

## ОБ АВТОРАХ:

**Павел Олегович Щеголев**

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,  
34, ул. Учебный городок, Костромская обл., 156530, Российская Федерация  
E-mail: bigboy25@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3552-8457>

**Александр Дмитриевич Лемякин**

магистрант 2 года очной формы обучения направления подготовки 36.04.02 Зоотехния, профиль «Технология производства продуктов животноводства», техник лаборатории генетики и ДНК технологий  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,  
34, ул. Учебный городок, Костромская обл., 156530, Российская Федерация  
E-mail: whichspecial@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7737-6351>

**Алексей Александрович Чацкий**

младший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,  
34, ул. Учебный городок, Костромская обл., 156530, Российская Федерация  
E-mail: leha.chaitskiy@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5853-3809>

**Ксения Дмитриевна Сабетова**

кандидат ветеринарных наук, заведующий лабораторией генетики и ДНК технологий  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,  
34, ул. Учебный городок, Костромская обл., 156530, Российская Федерация  
E-mail: kseniyasabetova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3282-4779>

**Илья Андреевич Кofiади**

доктор биологических наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,  
34, ул. Учебный городок, Костромская обл., 156530, Российская Федерация  
E-mail: kofiadi@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9280-8282>

**Сергей Гаврилович Белокуров**

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий  
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,  
34, ул. Учебный городок, Костромская обл., 156530, Российская Федерация  
E-mail: sgbelokurov@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6404-0453>

## ABOUT THE AUTHORS:

**Pavel Olegovich Schiogolev**

PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Genetics and DNA Technologies  
Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavaevo Campus, Kostroma region, 156530, Russian Federation  
E-mail: bigboy25@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3552-8457>

**Alexander Dmitrievich Lemyakin**

Master's student 2 years 36.04.02 Zootechnics, profile «Technology of production of livestock products», technician of the laboratory of genetics and DNA technologies  
Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavaevo Campus, Kostroma region, 156530, Russian Federation  
E-mail: whichspecial@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7737-6351>

**Alexey Alexandrovich Chaitskiy**

Researcher at the Laboratory of Genetics and DNA Technology  
Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavaevo Campus, Kostroma region, 156530, Russian Federation  
E-mail: leha.chaitskiy@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5853-3809>

**Kseniya Dmitrievna Sabetova**

PhD in Veterinary Sciences, Head of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies in Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavaevo Campus, Kostroma region, 156530, Russian Federation  
E-mail: kseniyasabetova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3282-4779>

**Ilya Andreevich Kofiadi**

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Genetics and DNA Technologies in Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavaevo Campus, Kostroma region, 156530, Russian Federation  
E-mail: kofiadi@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9280-8282>

**Sergey Gavrilovich Belokurov**

PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Genetics and DNA Technologies in Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavaevo Campus, Kostroma region, 156530, Russian Federation  
E-mail: sgbelokurov@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6404-0453>

А.Н. Сизенцов<sup>1</sup>,  
Е.В. Бибарцева<sup>2</sup>,  
Д.М. Синеок<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация  
<sup>2</sup> Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Российская Федерация

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
30.06.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Aleksey N. Sizentsov,  
Elena V. Bibartseva,  
Dar'ya M. Sineok ✉

<sup>1</sup> Orenburg State University, Orenburg,  
Russian Federation <sup>2</sup> Orenburg State Medical  
University, Orenburg, Russian Federation

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office:  
30.06.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

## Сравнительная оценка уровня толерантности почвенных изолятов *Bacillus subtilis* в отношении химических соединений меди

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Биологический потенциал микроорганизмов обусловленный высоким уровнем физиолого-адаптационных характеристик к действию абиотических факторов (формирование резистентных форм) и имеет более широкий спектр применения в отличие от заместительной терапии. В нашей работе представлены экспериментальные данные по оценке уровня толерантности выделенных почвенных изолятов *Bacillus subtilis* в отношении различных химических соединений меди и степень влияния массивной катионной нагрузки на рост наиболее резистентных штаммов.

**Методы.** Для реализации поставленных задач использовали методы выделения и идентификации чистых культур микроорганизмов (получение бактериальных изолятов), диффузионный метод агаровых лунок (оценка ингибирующих характеристик химических соединений) и нефелометрический метод (влияние тяжелых металлов на рост микроорганизмов). В ходе выполнения эксперимента нами были выделены девять изолированных чистых культур исследуемых бактерий.

**Результаты.** Проведенный сравнительный анализ уровня биотоксичности меди позволил нам выявить наличие общей закономерности устойчивости штаммов к ацетату меди, наиболее высокие ингибирующие характеристики зарегистрированы у  $\text{CuCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Наиболее устойчивым штаммом к химической нагрузке является изолят *B. subtilis* P-8, проявляющий резистентность к сверхвысоким концентрациям меди:  $\text{CuCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CuSO}_4$  — 0,125 М/л,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  — 0,250 М/л, в то время как штамм *B. subtilis* P-6 является наиболее чувствительным к двум из трех химических соединений. При проведении исследований по оценке уровня влияния сульфата меди на рост популяции отобранных нами штаммов было установлено, что данное соединение оказывает выраженное пролонгирующее действие на рост популяции клеток *B. subtilis* P-6 и *B. subtilis* P-8 с увеличением времени наступления стационарной фазы роста на 6 часов по отношению к контрольным показателям.

**Ключевые слова:** почвенная микрофлора, *Bacillus subtilis*, биотоксичность, медь, диффузионный метод, нефелометрический метод

**Для цитирования:** Сизенцов А.Н., Бибарцева Е.В., Синеок Д.М. Сравнительная оценка уровня толерантности почвенных изолятов *Bacillus subtilis* в отношении химических соединений меди. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 86-90. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-86-90>

© Сизенцов А.Н., Бибарцева Е.В., Синеок Д.М.

## Comparative assessment of the level of tolerance of *Bacillus subtilis* soil isolates in relation to chemical copper compounds

### ABSTRACT

**Relevance.** The biological potential of microorganisms due to the high level of physiological and adaptive characteristics to the action of abiotic factors (the formation of resistant forms) and has a wider range of applications in contrast to substitution therapy. Our work presents experimental data on the assessment of the level of tolerance of soil isolates of *Bacillus subtilis* in relation to various chemical compounds of copper and the degree of influence of a massive cationic load on the growth of the most resistant strains.

**Methods.** To implement the tasks set, we used the methods of isolation and identification of pure cultures of microorganisms, the diffusion method of agar wells (assessment of the inhibitory characteristics of chemical compounds), and the nephelometric method (the effect of heavy metals on the growth of microorganisms).

**Results.** The most resistant strain to chemical stress is the *B. subtilis* P-8, isolate, which exhibits resistance to extremely high concentrations of copper:  $\text{CuCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CuSO}_4$  — 0.125 M/l,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  — 0.250 M/l, while the strain *B. subtilis* P-6 is the most sensitive to two of the three chemicals. When conducting studies to assess the level of copper sulfate fusion on the growth of the population of strains selected by us, it was found that this compound has a pronounced prolonging effect on the growth of the cell population of *B. subtilis* P-6 and *B. subtilis* P-8 with an increase in the time of onset of the stationary phase of growth by 6 hours, relative to benchmarks.

**Key words:** soil microflora, *Bacillus subtilis*, biotoxicity, copper, diffusion method, nephelometric method.

**For citation:** Sizentsov A.N., Bibartseva E.V., Sineok D.M. Comparative assessment of the level of tolerance of *Bacillus subtilis* soil isolates in relation to chemical copper compounds. Agrarian science. 2022; 363 (10): 86-90. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-86-90> (In Russian).

© Sizentsov A.N., Bibartseva E.V., Sineok D.M.



## Введение / Introduction

Популяризация научных данных в области биоэкологии и нутрициологии, по мнению многих ученых, является одним из наиболее перспективных направлений в области профилактики заболеваний человека и животных различной этиологии [1, 2]. Однако следует отметить, что основной упор делается на методы коррекции элементного статуса, обусловленного дефицитом эссенциальных элементов.

В условиях интенсивно развивающихся металлургических отраслей повышается риск техногенного воздействия на экологические системы различного уровня организации. Следует отметить, что в зависимости от уровня поступления жизненно важных концентраций элементов в организм их условно можно разделить на дефицитные, физиологически значимые (референтные) и избыточные (токсичные) концентрации. Одним из ключевых критериев является форма поступающего микронутриента, уровень усвоения которого обеспечивает полный физиологический цикл как на уровне клетки, так и на уровне систем организма и организма в целом.

В экологических системах немаловажным критерияльным показателем биологического действия тяжелых металлов является их способность к кумулятивному эффекту как в объектах внешней среды (вода, почва) [3, 4], так и в биологических объектах (растение, животное, человек). Соответственно при помощи воздействия на определенные звенья данной экологической цепи взаимодействия объектов появляется весьма перспективная возможность снижения уровня техногенной и геохимически аномальной нагрузки на многоклеточные сложноорганизованные биологические системы [5–7].

Оренбургская область является крупным многоотраслевым регионом, в котором наряду с высоким антропогенно-техногенным воздействием (газо-, нефте-, горнодобывающие и перерабатывающие предприятия) на экологические системы, существенно влияние и геохимически аномального распределения отдельных химических элементов. Данные показатели, в свою очередь, делают данную территорию универсальным полигоном для проведения исследований, связанных с методами коррекции содержания химических элементов в различных объектах экологической системы [8–13].

Одним из возможных методических подходов в решении данной проблемы является использование для регуляции валовых и подвижных форм тяжелых металлов различных микроорганизмов с выраженными сорбционными и биотрансформирующими характеристиками [14–17].

Исходя из вышеизложенного перед нами была поставлена цель оценить уровень толерантности почвенных изолятов *Bacillus subtilis* в отношении различных химических соединений меди.

## Материалы и методы / Materials and methods

На текущем этапе проводилось комплексное исследование уровня биотоксичности солей меди с высоким уровнем диссоциации в водных растворах, что, в свою очередь, позволяет в условиях проводимого нами эксперимента создать массивную катионную нагрузку на субстрат.

На предварительном этапе исследования был произведен отбор почвенных образцов с территорий с высоким уровнем антропогенной сельскохозяйственной нагрузки. Отбор образцов производился в 5 точках определенного нами участка с глубины более 40 см.

В эксперименте использовалась усредненная проба. В качестве основных биологических объектов в работе использовались бактериальные штаммы *Bacillus subtilis*, выбор которых обусловлен их высоким биологическим потенциалом использования (интенсивный рост, высокие антагонистические характеристики, отсутствие патогенетического действия на организм человека и животных).

С целью выделения тестируемых штаммов из почвенных образцов нами производилась предварительная пробоподготовка, направленная на снижение общего уровня контаминации проб вегетативными формами различных бактериальных клеток. Для этого почвенные образцы ( $50,0 \pm 2,0$  г) помещались в стерильные колбы и выдерживались на водяной бане в течение 90 минут. Высокий уровень резистентности спор исследуемого микроорганизма обеспечил нам возможность их выделения на плотных питательных средах.

Следующий этап — это выделение изолированных штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, в рамках которого использовались следующие методические подходы: метод серийных разведений (1:10, 1:100...1:10 000), высев газонем на плотные питательные среды (метод Дригальского), выделение чистых культур (метод Коха) и идентификация микроорганизмов по культуральным характеристикам роста на плотных средах и окраске по Грамму.

Использование представленных методических подходов позволило нам выделить 9 изолированных штаммов, получивших штаммовую маркировку от Р (почвенный) - 1 до Р-9.

Далее — происходила оценка биотоксичности исследуемых химических соединений меди в отношении выделенных штаммов; следует отметить, что отбор солей производился с учетом уровня их диссоциации в водных растворах, что, в свою очередь, позволяло создать массивную катионную нагрузку на субстрат, а также оценить степень влияния анионного компонента в структуре соли на устойчивость и рост микроорганизмов.

Для реализации данной задачи нами использовался комбинированный метод диффузии в агаре с методом серийных разведений [18, 19]; для получения достоверно значимых результатов осуществлялось пятикратное дублирование эксперимента. Суть используемой методики заключается в оценке воздействия абиотического фактора на клетки в период начальной (лаг) фазы роста, что позволяет не только визуализировать степень воздействия тестируемых соединений на микроорганизмы, но и произвести статистическую обработку полученных результатов.

Наряду с результатами исследования толерантности и токсичности соединений, были определены рабочие концентрации (РК) исследуемых соединений меди, которые будут использоваться в различных экспериментах, сопряженных с реализацией, поставленной перед нами проблемы. В частности, на данном этапе реализации такие РК использовались для оценки степени влияния катионов меди на рост тестируемых штаммов в условиях периодического культивирования в жидких питательных средах.

Использование нефелометрического метода позволяет определить степень влияния исследуемых химических веществ на рост тестируемых штаммов для определения времени выхода популяции на стационарную фазу, в условиях периодического культивирования, с учетом достижения максимальных показателей оптической плотности. Динамику изменения оптической плотности

проводили с помощью интервального (3 часа) замера до получения трехкратных близких по значению результатов. Идентичность данных исследования свидетельствовала о наступлении фазы максимальной концентрации роста. В рамках реализации данной методики нами была разработана схема выполнения эксперимента (таблица 1). Суть предложенной методики заключается в использовании интервального внесения тестируемого вещества в РК, определенных диффузионным методом, в комбинации с серийным разведением исследуемого микроорганизма для сбора данных как в дневное, так и в ночное время суток.

Разработанный методический подход (таблица 1) к реализации, поставленной перед нами задачи позволит нам провести не только оценку степени влияния тяжелых металлов на бактериальную популяцию, но и время наступления фазы максимальной концентрации роста. Преимущество используемой методики заключается не только в простоте выполнения, но и в увеличении кратности повторов проводимых замеров для получения достоверно значимых результатов проводимого исследования.

Таблица 1. Схема интервального внесения металлов и бактериальных штаммов для определения динамического изменения оптической плотности популяции

Table 1. The scheme of interval application of metals and bacterial strains to determine the dynamic change in the optical density of the population

Интервал замеров	Время в часах	Исследуемые группы			
		1-я (n = 10)	2-я (n = 10)	3-я (n = 10)	4-я (n = 10)
0	8:00	0			
3	11:00	3	0		
6	14:00	6	3	0	
9	17:00	9	6	3	0
12	20:00	12	9	6	3
15	23:00*	15*	12*	9*	6*
18	2:00*	18*	15*	12*	9*
21	5:00*	21*	18*	15*	12*
24	8:00	24	21	18	15
27	11:00	27	24	21	18
30	14:00	30	27	24	21
33	17:00	33	30	27	24
36	20:00	36	33	30	27
39	23:00	39	36	33	30

Примечание: \* — невозможность проведения замеров в связи с ночным временем суток

Таблица 2. Биологическое тестирование уровня резистентности тестируемых штаммов почвенных изолятов *B. subtilis* в отношении химических соединений меди

Table 2. Biological testing of the resistance level of tested strains of soil isolates of *B. subtilis* against chemical compounds of copper

Соли металлов	Концентрация исследуемых солей, моль/л						
	1	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,03125	0,01562
Bacillus subtilis P-1							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	29,00±1,52	22,66±1,76	19,00±2,08	12,66±1,33	R	R	R
CuSO <sub>4</sub>	22,66±0,66	14,66±0,33	11,66±0,66	9,33±1,20	8,00±0,00	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	17,00±0,00	10,66±0,66	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-2							
CuCl <sub>2</sub> x7H <sub>2</sub> O	30,00±0,57	27,33±0,33	22,66±0,33	11±1,54	R	R	R
CuSO <sub>4</sub>	23,00±1,00	19,66±1,20	14,00±0,00	R	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	18,00±0,57	10,33±0,33	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-3							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	35,00±0,00	35,00±0,00	16,33±0,33	R	R	R	R
CuSO <sub>4</sub>	22,66±0,88	23,66±2,72	21,66±1,85	20,66±0,88	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	15,00±2,51	10,33±1,45	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-4							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	27,00±1,00	24,33±0,66	20,00±0,00	13,33±1,66	R	R	R
CuSO <sub>4</sub>	24,66±1,20	19,00±0,57	R	R	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	14,66±1,45	9,33±0,88	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-5							
CuCl <sub>2</sub> x7H <sub>2</sub> O	27,00±1,52	22,33±0,66	16,33±1,45	12,00±0,57	10,00±0,57	R	R
CuSO <sub>4</sub>	25,00±1,15	20,33±1,20	10,33±1,85	R	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	14,33±0,66	R	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-6							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	28,66±1,33	27,00±1,00	20,00±1,51	15,33±3,33	9,33±0,66	9,00±0,00	R
CuSO <sub>4</sub>	26,66±1,45	21,66±2,18	16,00±2,88	15,00±3,05	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	19,00±1,00	R	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-7							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	28,33±1,2	25,66±2,4	18,33±1,45	13,33±0,33	R	R	R
CuSO <sub>4</sub>	23,66±1,66	19,00±0,57	17,00±2,88	11,00±0,57	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	17,00±0,57	R	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-8							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	34,00±0,57	27,00±2,08	17,66±2,02	R	R	R	R
CuSO <sub>4</sub>	28,33±3,84	22,66±2,90	21,33±0,88	R	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	15,66±2,02	9,66±2,18	R	R	R	R	R
Bacillus subtilis P-9							
CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	29,33±1,76	23,33±0,88	15,33±1,76	14,00±0	10,00±0,57	R	R
CuSO <sub>4</sub>	24,33±0,33	18,33±1,45	12,33±0,33	R	R	R	R
Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	17,33±1,45	10±0,57	R	R	R	R	R

Таблица 3. Определение степени влияния сульфата меди на рост популяции тестируемых штаммов *B. subtilis* в условиях периодического культивирования в жидких питательных средах, относительная оптическая плотность

Table 3. Determination of the degree of influence of copper sulfate on the growth of the population of tested strains of *B. subtilis* under conditions of periodic cultivation in liquid nutrient media, relative optical density

Время, ч.	Контроль, отн. ед.		Культивирование штаммов в присутствии рабочих концентраций $\text{CuSO}_4$	
	<i>Bacillus subtilis</i> P-6	<i>Bacillus subtilis</i> P-8	<i>Bacillus subtilis</i> P-6	<i>Bacillus subtilis</i> P-8
0	0,003±0,0006	0,001±0,0003	0,002±0,0002	0,002±0,0002
3	0,024±0,0007	0,014±0,0003	0,024±0,0007	0,027±0,0007
6	0,033±0,0006	0,033±0,0003	0,035±0,0003	0,035±0,0003
9	0,047±0,0009	0,046±0,0003	0,041±0,0007*	0,042±0,0012
12	0,053±0,0007	0,054±0,0003	0,047±0,0006**	0,047±0,0006**
15	0,082±0,0003	0,057±0,0006	0,055±0,0009	0,058±0,0003
18	0,097±0,0003	0,075±0,0003	0,076±0,0006	0,064±0,0003**
21	0,114±0,0003	0,088±0,0003	0,082±0,0003***	0,072±0,0009**
24	0,144±0,0006	0,089±0,0006	0,086±0,0003	0,076±0,0003**
27	0,145±0,0007	0,124±0,0007	0,098±0,0003***	0,086±0,0003***
30	0,145±0,0003	0,155±0,0003	0,111±0,0058**	0,095±0,0003***
33	0,145±0,0003	0,155±0,0001	0,119±0,0003***	0,097±0,0003***
36	0,145±0,0003	0,155±0,0003	0,119±0,0003**	0,122±0,0003***
39	0,145±0,0001	0,155±0,0003	0,120±0,0001***	0,122±0,0003***

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$

### Результаты и их обсуждение/Results and discussion

В рамках реализации задачи, направленной на оценку уровня биологического действия химических соединений меди на почвенные изоляты бактерий *Bacillus subtilis*, нами было установлено отсутствие индифферентных значений у всех исследуемых штаммов в отношении 1-молярных концентраций исследуемых солей (таблица 2).

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют, что наиболее выраженным ингибирующим действием в отношении всех исследуемых штаммов обладает  $\text{CuCl}_2$ , зоны ингибирования которого находились в диапазоне средних значений от 27 мм (штаммы *B. subtilis* P-4 *B. subtilis* P-5) до 35 мм (*B. subtilis* P-3). Минимальные значения биотоксичности фиксировались в образцах с внесением  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , где диаметральные значения отсутствия роста имели существенно более низкие показатели. Так, в случае внесения  $\text{CuCl}_2$  и  $\text{CuSO}_4$  в концентрации 1 М/л зоны ингибирования роста превышали показатели образцов с  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  для P-1 — на 41,38% и 24,98%, P-2 — на 40,00% и 21,74%, P-3 — на 57,14% и 33,80%, P-4 — на 45,70% и 40,55%, P-5 — на 46,93% и 42,68%, P-6 — на 33,71% и 28,73%, P-7 — на 39,99% и 28,15%, P-8 — на 53,94% и 44,72%, P-9 — на 40,91% и 28,77% соответственно.

Следует отметить, что по мере снижения концентрации исследуемых химических соединений меди до 0,5 М/л у всех исследуемых штаммов сохраняется общая тенденция выраженной чувствительности к присутствию  $\text{CuCl}_2$  и  $\text{CuSO}_4$ , в то время как по отношению к  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  три тестируемых штамма проявили выраженную резистентность (*B. subtilis* P-5, *B. subtilis* P-6, *B. subtilis* P-7).

Максимальный уровень антимикробной активности  $\text{CuCl}_2$  установлен в отношении штамма *B. subtilis* P-6, минимальная ингибирующая концентрация (МИК) составила 0,031 М/л,  $\text{CuSO}_4$  — *B. subtilis* P-1 (МИК — 0,0625 М/л).

Критерием предварительного отбора штаммов «биоремедиаторов» в условиях повышенной факторной

нагрузки, обусловленной избыточным поступлением меди, являлась их устойчивость ко всем тестируемым химическим соединениям. Обобщенный анализ полученных данных позволяет нам гипотетически определить наиболее перспективный штамм *B. subtilis* P-8 проявляющий выраженную толерантность (в концентрациях 0,125 моль/л) к соединениям меди независимо от анионного компонента в их структуре.

Заключительный этап выполняемого блока экспериментальных исследований заключался в оценке степени влияния исследуемых соединений меди на рост популяции тестируемых штаммов (таблица 3).

Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют о наличии выраженного биологического действия всех исследуемых солей на тестируемые штаммы проявляющегося в виде существенного пролонгирования экспоненциальной фазы роста на фоне более низких характеристик интенсивности роста по отношению к контрольным значениям. В качестве примера в таблице 3 приведены динамические характеристики роста популяции штаммов с минимальными и максимальными значениями резистентности в отношении сульфата меди.

### Выводы / Conclusion

Полученные в результате системного анализа данные, позволили нам установить наиболее толерантный к факторной нагрузке штамм *B. subtilis* P-8, что, в свою очередь, гипотетически обусловлено значительными биоаккумулирующими характеристиками (депонирование и биотрансформация элемента), обеспечивающими устойчивость к токсическому действию меди. Использование нефелометрического метода определения относительной оптической плотности позволило нам установить оптимальное время (39 часов инкубирования в среде с добавлением РК солей) отбора биомассы (популяции) тестируемых штаммов для определения уровня накопительного эффекта (биоремедиационные характеристики), который будет исследован в рамках реализации следующего блока экспериментов.



Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.  
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.  
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.  
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.  
The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киричук А.А., Горбачев А.Л., Тармаева И.Ю. под редакцией Скальный А.В. Биоэлементология как интегративное направление науки о жизни Издательство: РУДН Москва. 2020, 110 с.
2. Скальный А.В., Киричук А.А. Химические элементы в экологии, физиологии человека и медицине. Издательство: РУДН Москва. 2020, 209.
3. Skalnii A.V., Salnikova E.V., Burtseva T.I., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. Zinc, copper, cadmium, and lead levels in cattle tissues in relation to different metal levels in ground water and soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26 (1), 559:569.
4. Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Кудрявцева Е.А., Кустова А.С. Экологическая оценка содержания цинка в экосистеме (почва, вода, продукты питания) на территории Оренбургской области. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 2012, 6 (142), 184:187.
5. Babita Sharma, Pratyosh Shukla. Lead bioaccumulation mediated by *Bacillus cereus* BPS-9 from an industrial waste contaminated site encoding heavy metal resistant genes and their transporters. *Journal of Hazardous Materials*. 2021 Jan 5;401:123285. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.123285.
6. Lina Velásquez, Jenny Dussan. Biosorption and bioaccumulation of heavy metals on dead and living biomass of *Bacillus sphaericus*. *Journal of Hazardous Materials*. 2009 Aug 15;167 (1-3):713-6. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.01.044.
7. Pooja Sharma, Deblina Dutta, Aswathy Udayan, Ashok Kumar Nadda, Su Shiung Lam, Sunil Kumar. Role of microbes in bioaccumulation of heavy metals in municipal solid waste: Impacts on plant and human being. *Environmental Pollution*. 2022 Jul 15;305:119248. doi: 10.1016/j.envpol.2022.119248.
8. Гарицкая М.Ю. и др. Геоинформационный мониторинг химического загрязнения почв различных функциональных зон города Оренбурга. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2016, 3 (59), 171:173.
9. Белов В.С. и др. Госдоклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2017 году». Оренбург, 2018.
10. Гулак Н.В. Состояние окружающей среды Оренбургской области и правовые средства ее охраны. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2010, 3 (21:1), 255-257.
11. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург: УрО РАН, 2008, 312.
12. Смирнова Е.В. Современное состояние качества вод реки Урал в пределах Оренбургской области. *Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов*, 2017, 386:389.
13. Алферов И.Н., Яковенко Н.В. Проблема обеспечения качественной питьевой водой населения вододефицитного региона Оренбургской области. *Экология человека*, 2016, 4, 3:8.
14. Mishra A., Malik A. Simultaneous bioaccumulation of multiple metals from electroplating effluent using *Aspergillus lentulus*. *Water research*, 2012, 46 (16), 4991:4998.
15. Li Z. and al. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Science of the total environment*, 2014, 468, 843:853.
16. Gola D. and al. Multiple heavy metal removal using an entomopathogenic fungi *Beauveria*. *Bioresource technology*, 2016, 218, 388:396.
17. Chojnacka K. Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. *Environment international*, 2010, 36 (3), 299:307.
18. Быков А.В., Межуева Л.В., Кван О.В., Сизентсов А.Н., Быкова Л.А. Устройство для получения однородных смесей. Патент 2688599, 2019.
19. A. Sizentsov, O. Davydova, H. Nikiyan, Ya. Sizentsov, E. Barysheva, A. Bykov. Assessment the technology for heavy metal biotoxicity and biosorption by bacterial cells. *Biochemical and Cellular Archives*, 2021, 21 (1), 901:906.

## REFERENCES

1. Kirichuk A.A., Gorbachev A.L., Tarmaeva I.Yu. edited by Skalnii A.V. Bioelementology as an integrative direction of life science. Publishing House: RUDN Moscow. 2020, 110 (In Russian)
2. Skalnii A.V., Kirichuk A.A. Chemical elements in ecology, human physiology and medicine. Publishing House: RUDN Moscow. 2020, 209. (In Russian)
3. Skalnii A.V., Salnikova E.V., Burtseva T.I., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. Zinc, copper, cadmium, and lead levels in cattle tissues in relation to different metal levels in ground water and soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26 (1), 559:569.
4. Salnikova E.V., Burtseva T.I., Kudryavtseva E.A., Kustova A.S. Ecological assessment of the zinc content in the ecosystem (soil, water, food) in the Orenburg region. *Bulletin of the Orenburg State University*, 2012, 6 (142), 184:187. (In Russian)
5. Babita Sharma, Pratyosh Shukla. Lead bioaccumulation mediated by *Bacillus cereus* BPS-9 from an industrial waste contaminated site encoding heavy metal resistant genes and their transporters. *Journal of Hazardous Materials*. 2021 Jan 5;401:123285. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.123285.
6. Lina Velásquez, Jenny Dussan. Biosorption and bioaccumulation of heavy metals on dead and living biomass of *Bacillus sphaericus*. *Journal of Hazardous Materials*. 2009 Aug 15;167 (1-3):713-6. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.01.044.
7. Pooja Sharma, Deblina Dutta, Aswathy Udayan, Ashok Kumar Nadda, Su Shiung Lam, Sunil Kumar. Role of microbes in bioaccumulation of heavy metals in municipal solid waste: Impacts on plant and human being. *Environmental Pollution*. 2022 Jul 15; 305: 119248. doi: 10.1016/j.envpol.2022.119248.
8. Garitskaya M.Yu. End al. Geoinformation monitoring of chemical contamination of soils of various functional zones of the city of Orenburg. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2016, 3 (59), 171:173. (In Russian)
9. Belov V.S. and al. State Report «On the state and environmental protection of the Orenburg region in 2017». Orenburg, 2018. (In Russian)
10. Gulak N.V. State environment of the Orenburg region and legal means of its protection. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2010, 3 (21:1), 255-257. (In Russian)
11. Chibilev A.A. Ural basin: history, geography, ecology. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2008, 312. (In Russian)
12. Smirnova E.V. The current state of the water quality of the Ural River within the Orenburg region. Ecology and safety in the technosphere: modern problems and solutions: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, postgraduates and Students, 2017, 386:389. (In Russian)
13. Alferov I.N., Yakovenko N.V. The problem of providing quality drinking water of the population of the water-deficient region of the Orenburg region. *Human ecology*, 2016, 4, 3:8. (In Russian)
14. Mishra A., Malik A. Simultaneous bioaccumulation of several metals from wastewater electroplating using *Aspergillus lentulus*. *Water research*, 2012, 46 (16), 4991:4998.
15. Li Z. and al. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Science of the total environment*, 2014, 468, 843:853.
16. Gola D. and al. Multiple heavy metal removal using an entomopathogenic fungi *Beauveria*. *Bioresource technology*, 2016, 218, 388:396.
17. Chojnacka K. Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. *Environment international*, 2010, 36 (3), 299:307.
18. Bykov A.V., Mezhujeva L.V., Kvan O.V., Sizentsov A.N., Bykova L.A. Device for obtaining homogeneous mixtures. Patent 2688599, 2019. (In Russian)
19. A. Sizentsov, O. Davydova, H. Nikiyan, Ya. Sizentsov, E. Barysheva, A. Bykov. Assessment the technology for heavy metal biotoxicity and biosorption by bacterial cells. *Biochemical and Cellular Archives*, 2021, 21 (1), 901:906.

## ОБ АВТОРАХ:

**Алексей Николаевич Сизентсов**,  
кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии  
и микробиологии, Оренбургский государственный университет, 13,  
пр. Победы, Оренбург, 460018, Российская Федерация  
e-mail: kwan111@yandex.ru,  
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

**Елена Владимировна Бибарцева**,  
кандидат медицинских наук, доцент кафедры микробиологии,  
вирусологии, иммунологии, Оренбургский государственный  
медицинский университет, 45, ул. М. Горького, Оренбург, 460000,  
Российская Федерация  
e-mail: l.vladi2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3765-5740>

**Дарья Михайловна Синеок**,  
студент, Оренбургский государственный университет,  
13, пр. Победы, Оренбург, 460018, Российская Федерация  
e-mail: dashasineok@mail.ru

## ABOUT THE AUTHORS:

**Alexey Nikolaevich Sizentsov**,  
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the  
Department of Biochemistry and Microbiology, Orenburg State  
University, 3, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation  
e-mail: kwan111@yandex.ru,  
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

**Elena Vladimirovna Bibartseva**  
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the  
Department of Microbiology, Virology, Immunology, Orenburg State  
Medical University, 45, st. M. Gorky, Orenburg, 460000, Russian  
Federation  
e-mail: l.vladi2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3765-5740>

**Darya Mikhailovna Sineok**,  
student, Orenburg State University, 3, Pobedy Ave., Orenburg, 460018,  
Russian Federation  
e-mail: dashasineok@mail.ru

УДК 633:375:633.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-91-95

А.Д. Капсамун,  
Е.Н. Павлючик, ✉  
Н.Н. Иванова

Почвенный институт  
им. В.В. Докучаева, Москва, Российская  
Федерация

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Поступила в редакцию:  
18.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
15.09.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-91-95

Andrey D. Kapsamun,  
Ekaterina N. Pavlyuchik, ✉  
Nadezhda N. Ivanova

Soil Science Institute named after  
V.V. Dokuchaev, Moscow, Russian  
Federation

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Received by the editorial office:  
18.08.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
15.09.2022

# Изучение питательной и продуктивной ценности многолетних бобово-злаковых травосмесей на мелиорированных землях Верхневолжья

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Статья посвящена актуальной проблеме оценки продуктивной и питательной ценности сложных травосмесей различных семейств, а также оценки экономической и агроэнергетической эффективности возделывания бобово-злаковых травосмесей на корм.

**Методы.** Опыты закладывались на опытном агрономическом полигоне ВНИИМЗ в 2019–2021 гг. Объектами исследований служили травосмеси: 1) козлятник восточный + злаки (60:40%); 2) люцерна изменчивая + клевер луговой + тимopheevka луговая (30:35:35%); 3) люцерна изменчивая + клевер луговой + овсяница луговая (30:35:30%); 4) клеверотимopheevная смесь (45:55%). Контроль — клеверотимopheevная смесь (60:40%), традиционная для производства зеленой массы. Площадь опыта — 6,1 га, размещение вариантов рендомизированное, в три яруса, повторность трехкратная. Использование травостоев двухукосное, агротехника общепринятая. Исследования выполнялись в соответствии с методическими рекомендациями, принятыми в кормопроизводстве и земледелии. Статистическая обработка проводилась методом дисперсионного анализа с использованием компьютерных программ.

**Результаты.** Получены высокие урожаи травосмесей на основе козлятника со злаками — зеленой массы до 49,9 т/га, сухого вещества — до 14,1 т/га, тогда как в случае клеверотимopheevной смеси, используемой в качестве контроля, получено всего 23,8 и 6,78 т/га соответственно. При этом установлено, что сбор кормопротеиновых единиц, переваримого протеина и энергопродуктивности были наибольшими у бобово-злаковых смешанных посевов на основе козлятника со злаками (13,97 т/га, 1,50 т/га и 167,7 ГДж/га) и травосмеси на основе клевера, люцерны и тимopheevки (9,17 т/га, 1,03 т/га и 115,2 ГДж/га), тогда как клеверотимopheevная травосмесь обеспечила только 5,49 т/га, 0,57 т/га и 58,3 ГДж/га соответственно (значимость различий  $p < 0,05$ ). Травосмеси из козлятника восточного, люцерны изменчивой и клевера лугового с интенсивными сортами злаковых трав дают максимальное количество питательных веществ с единицы площади, обеспечивая повышение качества кормов.

**Ключевые слова:** бобово-злаковые травосмеси, корм, химический состав, питательность, продуктивность, качество, кислотность, органические вещества

**Для цитирования:** Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н. Изучение питательной и продуктивной ценности многолетних бобово-злаковых травосмесей на мелиорированных землях Верхневолжья. *Аграрная наука*. 2022; 363 (10): 91-95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-91-95>

© Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н.

## Study of the nutritional and productive value of perennial legume-grass mixtures on reclaimed lands of the Upper Volga region

### ABSTRACT

**Relevance.** The article is devoted to the relevant problem of assessing the productive and nutritional value of complex grass mixtures of various families, as well as assessing the economic and agro-energy efficiency of cultivating legume-grass mixtures for fodder.

**Methods.** Experiments were laid at the VNIIMZ experimental agro-reclamation site in 2019–2021. The objects of research were herbal mixtures: 1) oriental goat's rue + cereals (60:40%); 2) variable alfalfa + red clover + meadow timothy (30:35:35%); 3) variable alfalfa + red clover + meadow fescue (30:35:30%); 4) clover-timothy mixture (45:55%). Control — clover-timothy mixture (60:40%), traditional for the production of green mass. The area of the experiment is 6.1 ha, the placement of the options is randomized, in three tiers, the repetition is three times. The use of grass stands is two-cut, agricultural technology is generally accepted. The studies were carried out in accordance with the methodological recommendations adopted in fodder production and agriculture. Statistical processing was carried out by the method of dispersion analysis using computer programs.

**Results.** High yields of grass mixtures based on goat's rue with cereals were obtained — green mass up to 49.9 t/ha, dry matter — up to 14.1 t/ha, while the timothy mixture used as a control — only 23.8 and 6.78 t/ha, respectively. At the same time, it was found that the collection of fodder protein units, digestible protein and energy productivity were the highest in legume-grass mixed crops based on goat's rue with cereals (13.97 t/ha, 1.50 t/ha and 167.7 GJ/ha) and grass mixtures based on clover, alfalfa and timothy grass (9.17 t/ha, 1.03 t/ha and 115.2 GJ/ha), while clover-timothy grass mixture provided only 5.49 t/ha, 0.57 t/ha and 58.3 GJ/ha, respectively (significance of differences  $p < 0.05$ ). Grass mixtures from goat's rue, alfalfa and red clover with intensive varieties of cereal grasses provide the maximum amount of nutrients per unit area, improve the quality of fodder.

**Key words:** legume-grass mixtures, fodder, chemical composition, nutritional value, productivity, quality, acidity, organic matter.

**For citation:** Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Ivanova N.N. Study of the nutritional and productive value of perennial legume-grass mixtures on reclaimed lands of the Upper Volga region. *Agrarian science*. 2022; 363 (10): 91-95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-91-95> (In Russian).

© Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Ivanova N.N.

## Введение / Introduction

Руководством Российской Федерации поставлена масштабная задача экономического возрождения страны путем реализации национальных проектов по приоритетным направлениям, в частности по инновационному развитию агропромышленного комплекса. Создание устойчивой кормовой базы для животноводства является одной из основных задач земледелия, одним из главных направлений в увеличении производства продуктов питания и решении вопросов продовольственной безопасности страны [1, 2].

Успешное и эффективное ведение кормопроизводства путем подбора оптимального соотношения отдельных групп и видов кормовых культур позволяет снизить затраты на производство качественных кормов и увеличить их количество, добиться сбалансированности кормовых рационов по 25–30 элементам питания, сохраняя и повышая при этом почвенное плодородие [3]. Изучение и внедрение новых сортов кормовых растений, особенно бобовых, с минимальными потерями питательных веществ при производстве кормов имеет большое научное и практическое значение. Новые бобовые кормовые культуры в сочетании с интенсивными видами злаковых трав позволяют получать максимальное количество питательных веществ с единицы площади, обеспечивают повышение качества кормов, оптимизацию в них концентрации энергии, протеина и других жизненно важных питательных веществ, при этом дают возможность использовать инновационные технологии возделывания, уборки, хранения и механизированной раздачи кормов [4–7].

Однако несмотря на исключительную ценность этих культур, до недавнего времени им уделялось недостаточно внимания. В настоящее время при переходе на ресурсо- и энергосберегающие биологизированные системы земледелия значение многолетних бобовых (козлятника восточного, люцерны изменчивой, клевера лугового) как кормовых и мелиорирующих культур все более возрастает.

Особую актуальность и новизну имеют исследования, направленные на изучение возможностей создания и использования высокопродуктивных, экологически устойчивых сенокосных травостоев на основе кормовых трав, обладающих продуктивным долголетием, выявление наиболее перспективных и пригодных для возделывания смесей многолетних бобовых и злаковых трав на осушаемых почвах, которые в условиях региона являются малораспространенными и новыми [8–12].

Таким образом, целью наших исследований было повышение качества кормового сырья, оптимизация в нем концентрации энергии, протеина и других жизненно важных элементов питания, а также экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности использования определенного вида трав на сенокосах в смешанных посевах многолетних бобовых культур на корм в условиях осушаемых земель Нечерноземной зоны.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Опыты закладывались на опытном агрономическом полигоне ВНИИМЗ — филиале ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева, (Тверская область) в период 2019–2021 гг. Объектами исследования в опытах служили следующие травосмеси:

- 1) козлятник восточный + злаки (60:40%);
- 2) люцерна изменчивая + клевер луговой + тимopheевка луговая (30:35:35%);

- 3) люцерна изменчивая + клевер луговой + овсяница луговая (30:35:35%);
- 4) клеверотимopheевка смесь (60:40%).

В качестве контроля использовалась клеверотимopheевка смесь (60:40%), являющаяся традиционной для производства зеленой массы в Тверской области.

Изучались высокопродуктивные сенокосные травостои на основе козлятника восточного, люцерны изменчивой, клевера лугового и интенсивных видов злаковых трав (кострец безостый сорта Вегур, двукосточник тростниковый сорта Урал, тимopheевка луговая сорта ВИК 9, овсяница луговая сорта ВИК 5).

Анализ почвенных и растительных образцов проводился в лаборатории аналитических исследований ВНИИМЗ по общепринятым методикам:  $pH_{KCl}$  — потенциометрически на иономере ЭВ-74 (ГОСТ 26483-85), азот легкогидролизуемый — по Корнфилду (ГОСТ 13496-93), содержание подвижных соединений фосфора и обменного калия — по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), общий азот — по методу Кьельдаля с пересчетом на сырой протеин (ГОСТ 32343-2013).

Урожайность зеленой массы многолетних трав определяли сплошным способом (взвешивали массу с учетной площади делянок 100 м<sup>2</sup>). Выход воздушно-сухого или абсолютно сухого вещества рассчитывали по пробным снопам, отобраным во время уборки зеленой массы. Содержание абсолютно сухого вещества определяли путем взятия из измельченной зеленой массы пробного снопа двух навесок по 50–80 г и высушивании их при 100–105 °С до постоянной массы. Содержание сырого протеина определяли по количеству общего азота, определенного по методу Кьельдаля, умноженного на коэффициент пересчета — 6,25. Определение обменной энергии в кормах выполняли расчетным путем на основе данных химического состава корма и уравнений регрессии.

Почва на опытном участке дерново-подзолистая суглинистая, осушаемая. Пахотный слой характеризуется следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  6,7, обеспеченность легкогидролизуемым азотом средняя — 50,1 мг в 1 кг почвы, содержание подвижного фосфора ( $P_{2O_5}$ ) — 72,5–186,0 мг на кг почвы и обменного калия ( $K_2O$ ) — 58,0–140,5 мг на кг почвы. Удельная масса почвы — 2,59 г/см<sup>3</sup>. Междреннее расстояние регулирующей сети — 18–40 м, глубина закладки дрен — 0,8–1,1 м. Содержание гумуса низкое — 1,4–1,9%. Площадь опыта — 6,1 га, размещение вариантов рендомизированное, в три яруса, повторность трехкратная. Использование травостоев двухукосное, агротехника общепринятая.

Наблюдения, учеты и измерения выполнялись с соблюдением требований к полевым опытам, принятых

Таблица 1. Влияние видового состава многолетних травосмесей на урожайность зеленой массы (в среднем за 2019–2021 гг.)

Table 1. Influence of the species composition of perennial grass mixtures on the yield of green mass (average for 2019–2021)

Травосмеси	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Клеверотимopheевка (контроль)	23,90	–	–
Козлятник + кострец безостый + двукосточник тростниковый + тимopheевка луговая	49,90	26,00	108,79*
Клевер + люцерна + тимopheевка	36,7	12,80	53,56*
Клевер + люцерна + овсяница	31,30	7,40	30,96*

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по отношению к контролю.



Таблица 2. Влияние видового состава и погодных условий на сбор урожая многолетних бобово-злаковых смесей, т/га  
Table 2. Influence of species composition and weather conditions on the harvest of perennial legume-cereal mixtures, t/ha

Травосмеси	Урожайность по годам					
	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	зеленая масса	сухая масса	зеленая масса	сухая масса	зеленая масса	сухая масса
Клеверотимофеевская (контроль)	18,80	4,14	28,4	6,25	24,50	5,39
Люцерна + клевер + тимopheевка	38,67	10,20	42,55	10,35	25,22	6,62*
Люцерна + клевер + овсяница	34,90	8,47	40,15	9,27	24,60	6,17*
Козлятник + злаки	31,2	6,86	68,7	15,10	49,8	10,96*

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по отношению к контролю

в кормопроизводстве и земледелии. Энергетическую и протеиновую питательность исходной массы и кормов определяли в соответствии с принятыми методиками. Расчет обменной энергии в кормах проводили на основе содержания сырых питательных веществ (без участия животных) по методике ВНИИ животноводства [13–15]. Для статистической обработки результатов исследований применялся метод дисперсионного анализа с использованием программы «Statistica». Статистический анализ предусматривал расчет среднего значения признака ( $X$ ) и его стандартной ошибки ( $Sx$ ). Значимость различий была установлена на уровне  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Наблюдения за динамикой влажности почвы в период вегетации трав показали, что влажность почвы в период отрастания многолетних трав, варьировала в зависимости от климатических условий. В среднем за три года (2019–2021 г.) влажность почвы пахотного слоя в начальный период отрастания варьировала в пределах 19,7–25,4%, в подпахотном горизонте (20–40 см) — в пределах 18–22,8%. Период с конца июня и до второй декады июля отличался снижением влажности пахотного слоя почвы до 15,3–22,1%, а подпахотного — до 15,9–18,88%.

При таких условиях ко времени проведения первого укоса высота травостоя на вариантах козлятник + злаки наблюдалась в 1-м укосе 51–85 см, во 2-м — 68–87 см. При первом укосе клеверо-люцерно-злаковые травостои были высокие — 65–72 см. Данные при первом укосе показали, что травостои с тимopheевкой и овсяницей обладали одинаковой высотой — 68 см в среднем, при вторичном скашивании травостои с тимopheевкой луговой превышали в высоте травостои с овсяницей луговой на 12 см.

Межукосный период характеризовался то избыточным, то недостаточным количеством влаги, что отрицательно отразилось на высоте трав, этот параметр составили 32–58 см. Ботанический состав травостоев сенокосного типа при первичном скашивании показал более высокое участие в травостоях бобовых компонентов — до 60%, за счет активного участия козлятника восточного, клевера лугового и люцерны изменчивой. В травосмеси клевер + люцерна + тимopheевка, участие бобовых трав при вторичном скашивании составило 75–77%, что связано с замедлением роста и снижением конкурентной способности тимopheевки луговой в засушливых условиях и активным ростом клевера и люцерны. В травосмеси клевер + люцерна + овсяница отмечено снижение роста и развития бобового компонента. В засушливый период активизировалось кущение овсяницы луговой, как высокоотавной культуры.

Продуктивность зеленой массы травосмесей за два укоса, скошенных в фазу «бутионизации — начала цветения», в среднем за три года пользования составила на варианте козлятник + злаки 49,9 т/га, клевер + люцерна

+ тимopheевка — 36,7 т/га, клевер + люцерна + овсяница — 31,3 т/га, или на 26,0; 12,8 и 7,4 т/га больше контроля соответственно (табл. 1).

Во все годы пользования продуктивность зеленой массы травосмесей (козлятник + злаки) увеличивалась от фазы стеблевания до фазы цветения: с 9,4 до 21,2 т/га в первый год пользования и с 29,4 до 32,7 т/га — на второй год пользования. Выход сухой массы при первом укосе в среднем составил 2,9–4,2 т/га, при вторичном скашивании — 1,4–2,3 т/га (в 1,5–1,9 раза меньше).

Среди травосмесей клевер + люцерна + злаки наиболее продуктивной была травосмесь с участием тимopheевки луговой — 9,67 т/га сухой массы за два укоса, ниже на 1,7 т/га урожай смеси с овсяницей — 7,97 т/га. Установлено, что по сбору сухого вещества травосмесь козлятник + костреч безостый + двукисточник тростниковый + тимopheевка луговая, травосмесь клевер + люцерна + тимopheевка и травосмесь клевер + люцерна + овсяница во все годы исследования превосходили контроль (клевер + тимopheевка) на 4,85; 2,96 и 1,86 т/га соответственно (табл. 2).

Важным показателем продуктивности сложных кормовых смесей является суммарный выход кормопротеиновых единиц с гектара, который зависит от качества урожая и общей его величины. В среднем за три года этот показатель составлял от 5,49 т/га у травосмеси клевер + тимopheевка до 13,97 т/га у смеси козлятник + злаки. Выявлены достоверные различия по сбору кормопротеиновых единиц по всем вариантам опыта по сравнению с контролем. Все исследуемые варианты травосмесей по сбору кормопротеиновых единиц превосходили взятую за контроль клеверотимopheевную смесь. Максимальный сбор кормопротеиновых единиц обеспечивали травосмеси козлятник + злаки и клевер + люцерна + тимopheевка. Прибавка кормопротеиновых единиц травосмеси козлятник + злаки превосходила контроль в 2,54 раза, травосмеси клевер + люцерна + тимopheевка — в 1,67 и травосмеси клевер + люцерна + овсяница — в 1,31 раза. По сбору протеина с урожаем наблюдалась аналогичная тенденция. Максимальный сбор переваримого протеина был у травосмесей козлятник + злаки и клевер + люцерна + тимopheевка. Исследуемые варианты травосмесей превосходили контрольную клеверотимopheевную смесь по данному показателю в 2,63; 1,80 и 1,10 раза соответственно.

Все изучаемые варианты травосмесей имели высокую питательность. В исследуемых вариантах за 2019–2021 годы расчеты по определению энергопродуктивности смешанных посевов бобово-злаковых культур показали, что наибольший выход энергии с урожаем получен при возделывании совместно козлятника восточного и злаковых трав (костер безостый + двукисточник тростниковый + тимopheевка луговая) — 167,66 ГДж/га травосмеси клевер + люцерна + тимopheевка — 115,2 ГДж/га. Отмечено также, что в 1 кг натурального корма наибольшее содержание сухого вещества (СВ)

Таблица 3. Продуктивность и кормовые достоинства травосмесей (2019–2021 гг.)  
Table 3. Productivity and fodder qualities of grass mixtures (2019–2021)

Травосмесь	Сбор, т/га			Энергопродуктивность, ГДж/га	Содержание в 1 кг натурального корма			
	СВ	КПЕ	ПП		СВ, %	КПЕ	ПП, г	ОЭ, МДж
Клеверотимофеечная (контроль)	5,26	5,49	0,57	58,32	22,15	0,22	23,71	2,44
Клевер + люцерна + тимофеевка	9,07	9,17	1,03	115,24	23,72	0,25	29,75	3,14*
Клевер + люцерна + овсяница	7,97	7,20	0,63	86,39	25,90	0,23	25,99	2,76*
Козлятник + злаки	10,97	13,97	1,50	167,66	23,55	0,28	31,74	3,36*

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по отношению к контролю

Таблица 4. Химический состав зеленой массы многолетних трав (фаза «буτονизации — начало цветения»)  
Table 4. Chemical composition of the green mass of perennial grasses (phase "budding — beginning of flowering")

Травосмесь	Сухое вещество,%	Содержание в сухом веществе,%				
		сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сырая зола	БЭВ
Фаза бутонизации						
Козлятник + злаки	23,55±±0,57	19,50±0,37	3,67±0,17	26,35±0,69	4,13±0,41	46,35±1,17
Клевер + люцерна + тимофеевка	23,22±0,19	17,90±1,25	2,77±0,27	23,78±1,29	5,67±0,21	49,88±2,24
Клевер + люцерна + овсяница	23,97±0,21	16,56±1,54	2,90±0,16	24,12±0,75	6,78±0,17	49,64±1,25
Клевер + тимофеевка	24,18±0,56	10,19±0,17	2,46±0,23	29,85±0,47	4,71±0,21	52,79±1,59
Фаза цветения						
Козлятник + злаки	25,72±0,12	15,75±1,35	2,73±0,08	23,69±0,50	5,70±0,42	52,13±1,42
Клевер + люцерна + тимофеевка	25,03±0,22	17,44±1,08	2,27±0,29	25,7±1,38	4,27±0,09	50,32±2,27
Клевер + люцерна + овсяница	25,50±0,58	14,05±0,31	2,49±0,12	27,73±0,50	4,13±0,31	51,23±1,01
Клевер + тимофеевка	25,85±0,65	11,44±0,27	2,30±0,32	31,86±0,54	3,76±0,19	50,64±1,75

было смеси клевер + люцерна + овсяница, кормопро-теиновых единиц (КПЕ) и обменной энергии (ОЭ) было у смесей козлятник + злаки и клевер + люцерна + тимо-феевка, наибольшим содержанием переваримого про-теина (ПП) в зеленой массе отличались смеси козлятник + злаки и клевер + люцерна + тимофеевка (табл. 3).

В целях определения биологического потенциала сложных бобово-злаковых травосмесей в контраст-ных почвенно-климатических условиях Нечерноземья изучена динамика изменения питательных веществ в кормах. Технология выращивания сложных бобово-зла-ковых травосмесей, а также изменение агроклиматиче-ских условий, вид культуры и фенологические фазы при заготовке существенно влияют на состав, питательную ценность корма.

По мере развития растений от фазы стеблевания к фазе цветения, обеспеченность кормовой единицы протеином у травосмесей снижается, у смеси козлятник + злаки — на 25–30%, у смеси клевера + люцерна + зла-ки — на 20–25%. Обеспеченность кормовой единицы протеином у травосмеси клевер + тимофеевка несколь-ко ниже, и составляет при бутонизации 79–110 г/кг.

В составе сухого вещества понизилось содержа-ние сырого протеина, сырого жира. Следовательно, в процессе созревании трав (перехода от фазы бу-тонизации к фазе цветения) объективно улучшались технологические свойства (силосуемость) изучаемых культур за счет оптимизации влажности и уменьше-ния содержания буферных веществ. Однако умень-шение содержания сырого протеина, положительно влияющее на технологические свойства, в первую очередь следует рассматривать как потерю протеи-новой ценности силосуемого сырья, то есть снижение его питательности. У всех видов сложных травосме-сей отмечено повышение содержания безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) на 2,49–4,88%. Эти изменения показывают, что улучшение силосуемости изучаемых сложных бобово-злаковых травосмесей,

скошенных в фазу цветения, было значительнее, чем в фазу бутонизации, особенно у смеси козлятник + злаки (табл. 4).

По отношению к технологии силосования показатели характеризовались как недостаточные для всех культур в фазе бутонизации в свежескошенном виде и как близ-кие к оптимальному (25–30%) при силосовании в фазе цветения растений.

### Выводы / Conclusion

Использование в составе сложных травосмесей в процессе кормопроизводства козлятника восточно-го, люцерны изменчивой и клевера лугового с интен-сивными сортами злаковых трав на осушаемых почвах гумидной зоны Нечерноземья позволяет получать мак-симальное количество питательных веществ с единицы площади, обеспечивает использование инновационных технологий возделывания и уборки кормовых культур, повышение качества кормов, оптимизацию concentra-ции в них энергии и протеина.

Получены высокие урожаи травосмесей на основе козлятника со злаками — зеленой массы до 49,9 т/га, сухого вещества — до 14,1 т/га у клеверотимофеечной смеси, используемой в качестве контроля, получено всего 23,8 и 6,78 т/га, соответственно (значимость различий  $p < 0,05$ ). При этом установлено, что сбор кормопротеиновых единиц, переваримого протеина и энергопродуктивность были наибольшими у бобо-во-злаковых смешанных посевов на основе козлятни-ка со злаками (13,97 т/га, 1,50 т/га и 167,7 ГДж/га) и травосмеси на основе клевера, люцерны и тимофеевки (9,17 т/га, 1,03 т/га и 115,2 ГДж/га), тогда как клеверо-тимофеечная травосмесь обеспечила только 5,49 т/га, 0,57 т/га и 58,3 ГДж/га, соответственно.

Наиболее высокая продуктивность и качественный корм формировались при выращивании высокопродук-тивных смесей козлятник + злаки и клевер + люцерна + тимофеевка.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Материалы подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ) (тема № 043920210001).

## FUNDING:

The materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the State assignment of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands — Branch of the Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute (VNIIMZ) (No. 043920210001).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика). М.: 2014. 135 с
2. Kiryushin V.I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems. *Eurasian Soil Science*. 2019; 52(9):1137-1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
3. Сысоев В.А., Фигурин В.А. Адаптивная стратегия устойчивой продуктивности многолетних трав на Северо-Востоке Европейской части России. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(12):79–82. eLIBRARY ID: 28147497. EDN: XRYTJ
4. Кутузова А.А., Проворная Е.Е., Цыбенко Н.С. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приёмов. *Кормопроизводство*. 2019;1:7-11. eLIBRARY ID: 36826282. EDN: YUSBZR
5. Косолапов В.М., Пилипко С.В., Костенко С.И. Новые сорта кормовых культур - залог успешного развития кормопроизводства. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(4):35-37. eLIBRARY ID: 23374009 EDN: TRMVJL
6. Косолапов В. М., Бондарев В. А., Клименко В. П. Эффективность новых технологий приготовления кормов из трав. *Достижения науки и техники АПК*. 2009;7:39–42. eLIBRARY ID: 13002967. EDN: KYODPD
7. Новоселов Ю.К., Шпаков А.С., Новоселов М.И., Рудоман В.В. Роль бобовых культур в совершенствовании полевого травосеяния. *Кормопроизводство*. 2010;7:19-22. eLIBRARY ID: 15128499. EDN: MTBMJL
8. Эседуллаев С.Т. Сравнительная продуктивность чистых и смешанных посевов многолетних трав на основе люцерны изменчивой и козлятника восточного в Верхневолжье. *Адаптивное кормопроизводство*. 2015;2:44-53. eLIBRARY ID: 24000114. EDN: UFFBHB
9. Иванова Н.Н., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А., Амбросимова Н.Н. Видовой состав и продуктивность бобово-злаковых травостоев пастбищного типа на осушаемых землях Нечерноземья. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(6):40-43. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10610
10. Касамун А.Д., Анциферова О.Н., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н. Агроэнергетическая оценка продуктивности сеяных агрофитоценозов в условиях Тверской области. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020;5:47-51. DOI: 10.30850/vrsn/2020/5/47-51
11. Косолапов В. М., Шарифьянов Б. Г., Ишмуратов Х. Г., Шагалиев Ф. М., Юмагузин И. Ф., Салихов Э. Ф. Объемистые корма из бобово-злаковых травосмесей в рационах кормления крупного рогатого скота. Монография. Москва: ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2021. 184 с.
12. Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Продуктивное долголетие козлятника восточного и травосмесей с его участием. *Земледелие*. 2017;2:26-28. eLIBRARY ID: 29040592. EDN: YLMWOL
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1985. 352 с.
14. Косолапов В.М., Бондарев В.А., Клименко В.П. Перспективные технологии приготовления качественных объемистых кормов из трав. *Аграрная наука*. 2010;8:20-23. eLIBRARY ID: 15222014. EDN: MVCNST
15. Кирилов М.П., Махаев Е.А., Первов Н.Г., Пузанова В.В., Аникин А.С. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе содержания сырых питательных веществ. *Дубровицы: Изд-во ВНИИ животноводства Россельхозакадемии*. 2008. 30 с.

## ОБ АВТОРАХ:

### Андрей Дмитриевич Касамун

доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией луговых агроценозов отдела мелиоративного земледелия Почвенный институт им. В.В. Докучаева, д.7, стр.2, Пыжевский пер., Москва, 119017, Российская Федерация  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

### Екатерина Николаевна Павлючик

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории луговых агроценозов отдела мелиоративного земледелия Почвенный институт им. В.В. Докучаева, д.7, стр.2, Пыжевский пер., Москва, 119017, Российская Федерация  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

### Надежда Николаевна Иванова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории луговых агроценозов отдела мелиоративного земледелия Почвенный институт им. В.В. Докучаева, д.7, стр.2, Пыжевский пер., Москва, 119017, Российская Федерация  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>

## REFERENCES

1. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. Feed production in agriculture, ecology and rational nature management (theory and practice). M.: 2014. 135 p. (In Russian)
2. Kiryushin V.I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems. *Eurasian Soil Science*. 2019; 52(9):1137-1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
3. Sysuev V.A., Figurin V.A. Adaptive strategy for sustainable productivity of perennial grasses in the North-East of the European part of Russia. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2016;30(12):79–82. eLIBRARY ID: 28147497. EDN: XRYTJ. (In Russian)
4. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Tsybenko N.S. The effectiveness of improved technologies for creating pasture herbage using new varieties of legumes and agrotechnical practices. *Feed production*. 2019;1:7-11. eLIBRARY ID: 36826282. EDN: YUSBZR. (In Russian)
5. Kosolapov V.M., Piliipko S.V., Kostenko S.I. New varieties of fodder crops are the key to the successful development of fodder production. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2015;29(4):35-37. eLIBRARY ID: 23374009 EDN: TRMVJL. (In Russian)
6. Kosolapov V. M., Bondarev V. A., Klimenko V. P. Efficiency of new technologies for the preparation of grass feed. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2009;7:39–42. eLIBRARY ID: 13002967. EDN: KYODPD. (In Russian)
7. Novoselov Yu.K., Shpakov A.S., Novoselov M.I., Rudoman V.V. The role of legumes in the improvement of field grass-sowing. *Feed production*. 2010;7:19-22. eLIBRARY ID: 15128499. EDN: MTBMJL. (In Russian)
8. Esedullaev S.T. Comparative productivity of pure and mixed crops of perennial grasses based on alfalfa and goat's rue in the Upper Volga region. *Adaptive feed production*. 2015;2:44-53. eLIBRARY ID: 24000114. EDN: UFFBHB. (In Russian)
9. Ivanova N.N., Pavlyuchik E.N., Vagunin D.A., Ambrosimova N.N. Species composition and productivity of pasture-type leguminous-cereal grass stands on drained lands of the Non-Chernozem Region. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019;33(6):40-43. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10610 (In Russian)
10. Kapsamun A.D., Antsiferova O.N., Pavlyuchik E.N., Ivanova N.N. Agroenergy assessment of the productivity of sown agrophytocenoses in the conditions of the Tver region. *Bulletin of Russian agricultural science*. 2020;5:47-51. DOI: 10.30850/vrsn/2020/5/47-51. (In Russian)
11. Kosolapov V. M., Sharifyanov B. G., Ishmuratov Kh. G., Shagaliev F. M., Yumaguzin I. F., Salikhov E. F. Volumetric feed from legume-cereal grass mixtures in cattle rations. Monograph. Moscow: FGBOU DPO RAKO APK, 2021. 184 p. (In Russian)
12. Lukashov V.N., Isakov A.N. Productive longevity of goat's rue and grass mixtures with its participation. *Agriculture*. 2017;2:26-28. eLIBRARY ID: 29040592. EDN: YLMWOL. (In Russian)
13. Dospikhov B.A. Methods of field experience. M.: Kolos. 1985. 352 p. (In Russian)
14. Kosolapov V.M., Bondarev V.A., Klimenko V.P. Promising technologies for the preparation of high-quality voluminous grass feed. *Agricultural science*. 2010;8:20-23. eLIBRARY ID: 15222014. EDN: MVCNST. (In Russian)
15. Kirilov M.P., Makhaev E.A., Pervov N.G., Puzanova V.V., Anikin A.S. Method for calculating the metabolic energy in feed based on the content of raw nutrients. *Dubrovitsy: Publishing House of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry of the Russian Agricultural Academy*. 2008. 30 p. (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

### Andrei Dmitrievich Kapsamun

Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Meadow Agroecosystems of the Department of Ameliorative Agriculture Soil Institute named after A.I. V.V. Dokuchaev, 7, building 2, Pyzhevsky per., Moscow, 119017, Russian Federation  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

### Ekaterina Nikolaevna Pavlyuchik

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Meadow Agroecosystems, Department of Ameliorative Agriculture Soil Institute named after A.I. V.V. Dokuchaev, Pyzhevsky per., 7, building 2, Moscow, 119017, Russian Federation  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

### Nadezhda Nikolaevna Ivanova

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Meadow Agroecosystems, Department of Ameliorative Agriculture Soil Institute named after A.I. V.V. Dokuchaev, Pyzhevsky per., 7, building 2, Moscow, 119017, Russian Federation  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>



Газе В. Л., ✉  
Голубова В. А.,  
Яновская Н. В.,  
Ковтунов В. В.

Аграрный научный центр «Донской»,  
Зерноград, Ростовская обл.,  
Российская Федерация

✉ I.fiziologii@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
20.05.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
15.09.2022

Valentina L. Gaze, ✉  
Valentina A. Golubova,  
Nataliya V. Yanovskaya,  
Vladimir V. Kovtunov

Agricultural Research Center "Donskoy",  
Rostov region, Zernograd, Russian  
Federation

✉ I.fiziologii@yandex.ru

Received by the editorial office:  
20.05.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
15.09.2022

# Устойчивость разных видов сорго к осмотическому стрессу под действием NaCl

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Актуальной проблемой растениеводства, привлекающей внимание многих исследователей и практиков сельского хозяйства, является солеустойчивость растений. Действие засоления имеет негативный характер, который обусловлено нарушением осмотического баланса клеток, что отрицательно сказывается на водном режиме растений. При этом растения испытывают угнетение роста и снижают урожайность. Цель исследования — провести оценку устойчивости разных видов сорго к хлоридному засолению, выявить наиболее устойчивые генотипы.

**Методы.** Исследования выполнены в 2018–2021 годах в лаборатории физиологии растений. Для проведения исследований моделировали солевой стресс чистым раствором хлорида натрия (концентрация раствора — 13 атм.) согласно общепринятой для данной культуры методике, контроль — дистиллированная вода.

**Результаты.** Определено влияние солевого стресса на всхожесть и прорастание семян разных видов сорго. Сорго зерновое имело величины энергии прорастания и лабораторной всхожести 53,1 и 62,0%; сахарное — 39,1 и 43,1%; суданская трава — 30,1 и 33,5% соответственно. В первую и вторую группу — высокоустойчивых и устойчивых (всхожесть семян при солевом стрессе находилась в пределах от 61 до 100%) — входят 61% генотипов сорго зернового, 56% — сахарного, 6% — суданской травы. Установлена степень устойчивости и выявлены некоторые особенности развития сортов, различающихся по степени устойчивости к данному стрессу (длина ростков и первичных корешков). Из изучаемых видов менее подвержено солевому стрессу сорго зерновое. Среди образцов зернового сорго наибольшей устойчивостью к засолению обладают 9 генотипов со всхожестью от 87,5 (Уч. 22/20) до 95,9% (Уч. 29/20). Максимальные значения отмечены у образцов Уч. 29/20 (95,95%), Уч. 20/20 (93,9%), Уч. 21/20 (93,8%), Джетта х Уч. 45/20 (91,5%) и Уч. 7/20 (90,8%), что свидетельствует о способности выносить высокие концентрации засоления.

**Ключевые слова:** сорго, генотип, хлоридное засоление, солеустойчивость, проросток, корешок, всхожесть

**Для цитирования:** Газе В.Л., Голубова В.А., Яновская Н.В., Ковтунов В.В. Устойчивость разных видов сорго к осмотическому стрессу под действием NaCl. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 96-99. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-96-99>

© Газе В.Л., Голубова В.А., Яновская Н.В., Ковтунов В.В.

# Osmotic stress resistance of different sorghum species affected by NaCl

## ABSTRACT

**Introduction.** One of the most urgent issue of plant production which attracts the attention of many researchers and farmers, is salt tolerance of plants. Salinity has a negative effect, caused by the disruption of an osmotic balance of a cell that negatively affects water regime of plants. At the same time, plants experience growth inhibition and reduce their yield. The purpose of the study was to estimate resistance of different sorghum species to chloride salinity and to identify the most resistant genotypes.

**Methods.** The study was carried out in the laboratory for plant physiology in 2018–2021. For the current study there has been carries out a modelling of a salt stress by a pure salt solution (concentration of 13 atm.) according to a conventional methodology, the control was distilled water.

**Results.** There has been established the salinity stress effect on seed germination of different sorghum species. The values of germination energy and laboratory germination of grain sorghum were 53.1% and 62.0%; of sweet sorghum — 39.1% and 43.1; the values of Sudan grass — 30.1 and 33.5%, respectively. In the first and second groups — of highly resistant and resistant species (seed germination affected by salinity ranged from 61 to 100%) — were are 61% of grain sorghum genotypes, 56% of sugar sorghum genotypes and 6% of Sudan grass genotypes. There has been established a resistance degree and identified some features of the development of varieties with different degrees of resistance to this stress (length of sprouts and primary roots). Grain sorghum was found less susceptible to salinity stress of all studied species. Among grain sorghum samples, 9 genotypes have demonstrated the highest salinity resistance with a germination rate from 87.5 (Uch. 22/20) to 95.9% (Uch. 29/20). The maximum values were shown by the samples of Uch. 29/20 (95.95%), Uch. 20/20 (93.9%), Uch. 21/20 (93.8%), Jetta x Uch. 45/20 (91.5%) and Uch. 7/20 (90.8%), which indicated the ability to tolerate severe salinity concentration.

**Keywords:** sorghum, genotype, chloride salinity, salinity resistance, sprouts, radicle, germination

**For citation:** Gaze V.L., Golubova V.A., Yanovskaya N.V., Kovtunov V.V. Osmotic stress resistance of different sorghum species affected by NaCl. Agricultural science. 2022; 363 (10): 96-99. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-96-99> (In Russian).

© Gaze V.L., Golubova V.A., Yanovskaya N.V., Kovtunov V.V.

## Введение / Introduction

Засоление почв является серьезной экологической проблемой во всем мире [1]. Более 6% земель в мире засолены, и около 20% орошаемых земель в настоящее время засолены. Солевой стресс является важным фактором, определяющим рост растений и урожайность [2].

В связи с изменением климатических условий и возрастающим антропогенным воздействием площадь засоленных территорий постоянно увеличивается, а их полное рассоление с использованием мелиоративных мер практически невозможно [3]. Растения сельскохозяйственных культур, как правило, отличаются слабой выносливостью к засолению почв, испытывают угнетение роста и снижают урожайность [4]. Хлоридное засоление наиболее неблагоприятно для растений, даже слабая степень оказывает отрицательное действие, особенно губительно его действие на ранних этапах развития [5]. Сорго является хорошей мелиорирующей культурой, что позволяет использовать его высокоустойчивые сорта в качестве рассолителей и расширять ареол возделывания на непригодных засоленных почвах [6].

Сорго относится к роду однолетних и многолетних травянистых растений семейства злаковых и включает в себя до 30 видов [7].

Разные сорта и виды одной и той же культуры будут значительно отличаться по солеустойчивости и сохранят эту характеристику в течение нескольких поколений [8]. В связи с этим необходимы исследования по созданию и отбору наиболее солеустойчивых сортов. Изучение изменения продуктивности под воздействием фактора засоления является довольно трудоемким процессом, поэтому используются лабораторные методы оценки.

Цель исследования — провести оценку растений разных видов сорго по устойчивости к хлоридному засолению, выявить наиболее устойчивые генотипы.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Исследования проводились в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ "Донской"» в период 2018–2021 годы. Изучались сорта, линии и гибриды на стерильной основе в количестве: сорго зернового — 60 образцов, сахарного — 60 образцов и суданской травы — 60 образцов. Для исследования отбирали неповрежденные семена, обрабатывали слабым раствором перманганата калия (0,5%) и помещали в чашки Петри между слоями фильтровальной бумаги по 50 штук (повторность четырехкратная). Для проведения исследований моделировали осмотический стресс чистым раствором хлорида натрия (концентрация раствора — 13 атм.) согласно общепринятой для данной культуры

методике, контроль — дистиллированная вода. Оценка устойчивости растений к данному стрессу проводилась по количеству проросших семян в солевом растворе по сравнению с контролем (семенами, пророщенными в дистиллированной воде). Учет результатов всхожести семян определяли на седьмые сутки с поправкой на контрольные значения:  $A = B/C \times 100\%$ , где  $B$  — количество проросших семян в опыте (раствор хлорида натрия),  $C$  — количество семян, проросших в контроле (дистиллированная вода). В зависимости от количества всхожих семян, растения делили на группы устойчивости: I — высокоустойчивые (прорастание семян 81–100%), II — устойчивые (61–80%), III — среднеустойчивые (41–60%), IV — слабоустойчивые (21–40%), V — неустойчивые (0–20%) [6, 9].

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Засоленные почвы влияют на прорастание семян, рост растений и уменьшают их продуктивность.

При изучении устойчивости к хлоридному засолению лабораторным методом применяют такие критерии, как энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян. При оценке влияния осмотического стресса на посевные качества семян установлено, что засоление значительно задерживало прорастание семян всех изучаемых видов сорго (зернового, сахарного и суданской травы) в сравнении с контрольными образцами (семена, проросшие в дистиллированной воде) в среднем за три года (таблица 1).

По данным, приведенным в таблице, видно, что значения энергии прорастания и лабораторной всхожести при солевом стрессе у разных видов сорго ниже значений, установленных при проращивании семян в нормальных условиях (контроль). Энергия прорастания у сорго зернового составила 53,3% (61,1% от контроля), у сахарного — 39,1% (45,9% от контроля), а у суданской травы — 30,1% (36,0% от контроля). Аналогичные результаты показала и лабораторная всхожесть — 62,0%; 43,1% и 33,5% соответственно. Засоление повлияло в большей степени на посевные качества семян сорго сахарного и суданской травы, нежели сорго зернового, которое обладает большей устойчивостью к данному виду стресса, что демонстрируют наибольшие значения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян [10, 11].

По результатам определения показателей энергии прорастания, всхожести семян, длины ростков и корешков установлено, что наибольшей устойчивостью к солевому стрессу среди разных видов обладает сорго зерновое.

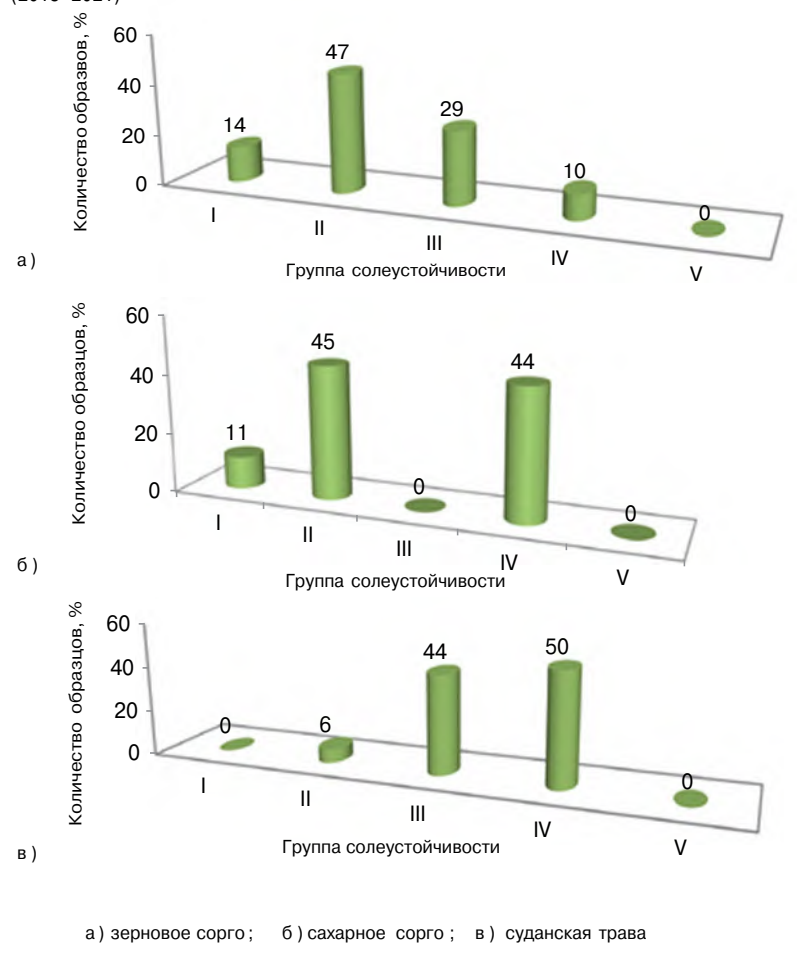
Всхожесть семян разных видов сорго в условиях засоления составила от 6,3 до 95,9% от контрольных значений. На основании полученных данных все изу-

Таблица 1. Влияние хлоридного засоления на посевные качества семян, (2018–2021 гг.)  
Table 1. Effect of chloride salinity on sowing quality of seeds (2018–2021)

Виды сорго	Варианты опыта	Посевные качества семян			
		энергия прорастания		лабораторная всхожесть	
		%	в % к контролю	%	в % к контролю
Зерновое	Контроль	87,3	100,0	98,0	100,0
	Опыт	53,3	61,1	62,0	63,3
Сахарное	Контроль	85,2	100,0	98,0	100,0
	Опыт	39,1	45,9	43,1	44,0
Суданская трава	Контроль	83,5	100,0	96,0	100,0
	Опыт	30,1	36,0	33,5	34,9

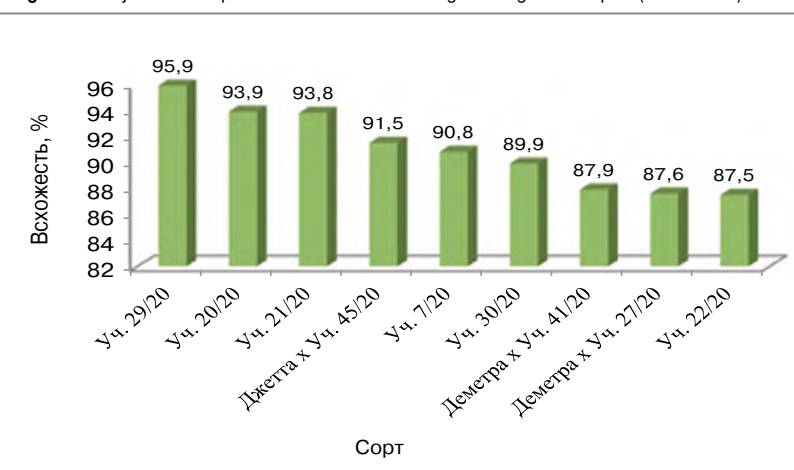
**Рис. 1.** Распределение разных видов сорго по группам солеустойчивости, (2018–2021 гг.)

**Fig. 1.** Distribution of different sorghum species according to salinity resistance groups (2018–2021)



**Рис. 2.** Показатели солеустойчивости выделенных образцов сорго зернового, (2018–2021 гг.)

**Fig. 2.** Salinity resistance parameters of the identified grain sorghum samples (2018–2021)



**Таблица 3.** Морфометрические показатели семидневных проростков растений сорго, (2018–2021 гг.), min-max.

**Table 3.** Morphometric parameters of seven-day-old sprouts of sorghum (2018–2021), min-max.

Виды сорго	Длина корешков, см		Длина ростка, см		Кол-во корешков, шт.	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
Зерновое	0,1–3,5	0,1–13,5	0,1–1,1	0,1–9,5	1	3
Сахарное	0,1–3,2	0,1–9,5	0,1–1,0	0,1–8,0	1	3
Суданская трава	0,1–1,5	0,1–7,0	0,1–0,8	0,1–6,4	1	3

чаемые образцы разных видов сорго были распределены на группы устойчивости (рисунок 1).

Первую и вторую группу — высокоустойчивых и устойчивых (всхожесть семян при солевом стрессе находилась в пределах от 61 до 100%) — составляют генотипы: сорго зернового (61%), сахарного (56%), суданской травы (6%). К среднеустойчивым (III группа — всхожесть 41–60%) относятся 29% образцов сорго зернового и 44% суданской травы. Среди сахарного сорго среднеустойчивых сортов не выявлено. Всхожесть семян 21–40% характеризуется как низкая степень устойчивости (IV группа — слабоустойчивые), она зафиксирована у гибридов сорго зернового и суданской травы (10 и 50% образцов соответственно). Образцов с всхожестью семян от 0 до 20%, или неустойчивых (V группа), среди изучаемых видов сорго не выявлено.

Проведено исследование генотипов сорго зернового для выявления наиболее устойчивых, которые могли бы использоваться на засоленных непригодных к возделыванию почвах. Среди изучаемых гибридов и линий сорго зернового к высокосолеустойчивым относятся 9 генотипов со всхожестью от 87,5 (Уч. 22/20) до 95,9% (Уч. 29/20) (рисунок 2).

В момент прорастания семян на солевом растворе данные образцы имели максимальные значения всхожести, что говорит о способности выносить высокие концентрации засоления (13 атм.).

Для получения более разносторонних результатов исследований необходимо, помимо учета всхожести и энергии прорастания семян, определить изменение линейных параметров ростовых процессов в фазе прорастания, а именно длины ростка, корня и количества зародышевых корней. Под действием солевого стресса подавляется деление клеток и особенно растяжение, что приводит к задержке роста растений, что рассматривается как защитная реакция. Степень солеустойчивости определяется отклонением этих параметров от контрольных значений.

Длина корневой системы семидневных проростков разных видов сорго в опыте была от 0,1 до 3,5 см и значительно уступала таковой в контрольном варианте от (0,1 до 13,5 см) (таблица 3).

При солевом стрессе отмечено значительное снижение длины ростков. Длина ростка разных видов в



контроле находилась в пределах от 0,1 до 9,5 см, а в опыте — от 0,1 до 1,1 см. У проростков зернового сорго длина в контрольном варианте варьировала в пределах 0,1–9,5 см, в опыте — 0,1–1,1 см; у сахарного сорго — 0,1–8,0 и 0,1–1,0 см, у суданской травы — 0,1–6,4 и 0,1–0,8 см, соответственно. Количество корешков у семян, проросших в нормальных условиях (контроль), составило 3 шт., а у проросших на солевом растворе (опыт) — 1 шт.

### Выводы / Conclusion

Результаты изучения показали, что сорго зерновое, сахарное и суданская трава имели следующие значения энергии прорастания и лабораторной всхожести: 53,1 и 62,0%; 39,1 и 43,1%; 30,1 и 33,5% соответствен-

но. В первую и вторую группу — высокоустойчивых и устойчивых (всхожесть семян при солевом стрессе находилась в пределах от 61 до 100%) — входят 61% генотипов сорго зернового, 56% — сахарного, 6% — суданской травы.

Установлено, что среди разных видов сорго менее подвергается солевому стрессу зерновое. Среди образцов зернового сорго наибольшей устойчивостью к засолению обладают 9 генотипов со всхожестью от 87,5 (Уч. 22/20) до 95,9% (Уч. 29/20). Максимальные значения отмечены у образцов Уч. 29/20 (95,9%), Уч. 20/20 (93,9%), Уч. 21/20 (93,8%), Джетта х Уч. 45/20 (91,5%) и Уч. 7/20 (90,8%), что говорит о способности выносить высокие концентрации засоления.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Landi S., Hausman J. F., Guerriero G., Esposito S. Poaceae vs. abiotic stress: focus on drought and salt stress, recent insights and perspectives. *Front. In Plant Sci.* 8, 2017: 1214. DOI: 10.3389/fpls.2017.01214.
- Zhen Yang, Jin-Lu Li, Lu-Ning Liu, Qi Xie, Na Sui. Photosynthetic Regulation Under Salt Stress and Salt-Tolerance Mechanism of Sweet Sorghum. *Frontiers in Plant Science.* 2020; Vol. 10: 1–12. DOI: 10.3389/fpls.2019.01722.
- Мохова В.И. Устойчивость к разнокачественному засолению зернового сорго сорта Рось, выращенного на фоне минерального удобрения. *Вестник КрасГАУ.* 2020; 7: 72–77. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-72-77.
- Чмелёва С.И., Павлюченкова О.А. Исследование устойчивости *Cucumis Sativus* L. к осмотическому стрессу под действием синтетического регулятора роста Циркон. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия.* 2018; 4 (70) (1): 137–147.
- Петрова В.И., Никонорова Ю.Ю. Устойчивость некоторых сортов сорговых культур к разнокачественному засолению почвы. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2018; 20: 2–3 (82): 594–598.
- Удовенко Г.В. ред. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методические указания). Л.: ВИР, 1988; 228 с.
- Коробко В.В., Волков В.П., Жук Е.А., Букарев Р.В. Определение устойчивости и особенностей развития проростков зернового сорго в условиях разнокачественного засоления. *Известия Саратовского Университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология.* 2012; 12 (4): 68–70.
- Genzeng Ren, Puyuan Yang, Jianghui Cui, Yukun Gao, Congpei Yin, Yuzhe Bai, Dongting Zhao, Jinhua Chang. Multicomponents Analyses of Two Sorghum Cultivars Reveal the Molecular Mechanism of Salt Tolerance. *Frontiers in Plant Science.* 2022; 13: 886805. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.886805>
- Удовенко Г.В., Семушина Л.А., Синельникова В.Н. Особенности различных методов оценки солеустойчивости растений. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.: Колос, 1976; 228–238.
- Chauhan Rekha Rani, Chaudhary Reema, Singh Alka, Singh P.K. Salt Tolerance of Sorghum bicolor Cultivars during Germination and Seedling Growth. *Research Journal of Recent Sciences.* 2012; 1(3): 1–10.
- Djumaniyazova Y. A., Latipova R. S. Effect of salinity to emergence of sorghum seeds. *Actual problems of applied sciences Journal World.* 2019; 5(15): 82–87.

### ОБ АВТОРАХ:

#### Валентина Леонидовна Газе

младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация

E-mail: l.fiziologii@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>;

#### Валентина Александровна Голубова

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии растений, Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация

E-mail: valya\_17@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5340-4901>;

#### Наталья Владимировна Яновская

агроном лаборатории физиологии растений, Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0001-6198-6270>

#### Владимир Викторович Ковтунов

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация

E-mail: kowtunow85@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

### REFERENCES

- Landi S., Hausman J.F., Guerriero G., Esposito S. Poaceae vs. abiotic stress: focus on drought and salt stress, recent insights and perspectives. *Front. In Plant Sci.* 2017; 8: 1214. DOI: 10.3389/fpls.2017.01214.
- Zhen Yang, Jin-Lu Li, Lu-Ning Liu, Qi Xie, Na Sui. Photosynthetic Regulation Under Salt Stress and Salt-Tolerance Mechanism of Sweet Sorghum. *Frontiers in Plant Science.* 2020; Vol. 10: 1–12. DOI: 10.3389/fpls.2019.01722. (In Russian)
- Mokhova V.I. The resistance to different quality salting of cereal sorghum variety Ros grown against the background of mineral fertilizer. *Vestnik KrasGAU.* 2020; 7: 72–77. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-72-77. (In Russian)
- Chmelyeva S.I., Pavlyuchenkova O.A. Study of the stability of *CUCUMIS SATIVUS* L. to the osmotic stress under the action of synthetic growth regulator Zircron. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Biology. Chemistry.* 2018; V. 4 (70). 1: 137–147. (In Russian)
- Petrova V.I., Nikonorova Yu.Yu. Resistance of some varieties of sorghum crops to soil salinity of different quality. *Proceedings of the Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences 2018*; 20: 2–3 (82): 594–598. (In Russian)
- Udovenko G.V. edit. Diagnostics of plant resistance to stress factors (methodological instructions). L.: VIR, 1988; 228 p. (In Russian)
- Korobko V.V., Volkov D.P., Zhuk E.A., Bularev R.V. The Salt Tolerance and features of the Development of Seedlings of Some Varieties of Grain Sorghum in Various Types of Salinity. *Bulletin of the Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology.* 2012; 12 (4): 68–70. (In Russian)
- Genzeng Ren, Puyuan Yang, Jianghui Cui, Yukun Gao, Congpei Yin, Yuzhe Bai, Dongting Zhao, Jinhua Chang. Multicomponents Analyses of Two Sorghum Cultivars Reveal the Molecular Mechanism of Salt Tolerance. *Frontiers in Plant Science.* 2022; 13: 886805. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.886805>
- Udovenko G. V., Semushina L. A., Sinelnikova V. N., Peculiarities of different methods of evaluation of salt resistance of plants. Methods for assessing plant resistance to adverse environmental conditions. L.: Kolos, 1976; 228–238. (In Russian)
- Chauhan Rekha Rani, Chaudhary Reema, Singh Alka, Singh P.K. Salt Tolerance of Sorghum bicolor Cultivars during Germination and Seedling Growth. *Research Journal of Recent Sciences.* 2012; 1(3): 1–10.
- Djumaniyazova Y.A., Latipova R.S. Effect of salinity to emergence of sorghum seeds. *Actual problems of applied sciences Journal World.* 2019; 5(15): 82–87.

### ABOUT THE AUTHORS:

#### Valentine Leonidovna Gaze

junior researcher of the laboratory for plant physiology, Agricultural Research Center "Donskoy", Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation

E-mail: l.fiziologii@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>

#### Valentine Aleksandrovna Golubova

Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory for plant physiology, Agricultural Research Center "Donskoy", Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation

E-mail: valya\_17@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5340-4901>;

#### Natalya Vladimirovna Yanovskaya

agronomist of the laboratory for plant physiology, Agricultural Research Center "Donskoy", Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-6198-6270>;

#### Vladimir Viktorovich Kovtunov

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, Agricultural Research Center "Donskoy", Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation

E-mail: kowtunow85@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

А. Ю. Гузенко, ✉

В. Л. Сопунков

Федеральный научный центр  
агроэкологии, комплексных  
мелиораций и защитного  
лесоразведения Российской академии  
наук, Волгоград, Российская Федерация

✉ eseminchenko@mail.ru

Поступила в редакцию:  
11.04.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
15.09.2022

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-100-105

Alexey Y. Guzenko, ✉

Vitaliy L. Sopunkov

Federal Research Center for Agroecology,  
Integrated Land Reclamation and  
Protective Aforestation of the Russian  
Academy of Sciences, Volgograd, Russian  
Federation

✉ eseminchenko@mail.ru

Received by the editorial office:  
11.04.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
15.09.2022

# Влияние сроков сева и норм высева на урожайность озимой пшеницы в условиях степной зоны черноземных почв Волгоградской области

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность и методика.** В условиях засушливой степной зоны Волгоградской области в Еланском районе в 2018–2021 годах изучали влияние сроков посева и норм высева семян озимой пшеницы Зерноградка 11 на урожайность. Сроки сева и норма высева в различных источниках рассматривается как два основных фактора повышения урожайности зерновых без каких-либо дополнительных экономических затрат. Предшественником являлся черный пар. Технология возделывания сорта Зерноградка 11 в полевых опытах была по Доспехову Б.А. и методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Опыты проводились по 5 срокам сева (III декада августа; I, II, III декады сентября и I декада октября) и 3 нормам высева (4, 5 и 6 млн шт./га). Всходы, по разным срокам сева, появились через разные промежутки времени, что связано с изменяющимся температурным режимом.

**Результат.** На основании полученных, за годы исследований данных можно заключить что, происходит снижение продуктивного стеблестоя с продвижением к более поздним срокам сева. Самая высокая урожайность была получена в I декаду сентября. По остальным срокам и нормам высева, кроме III декады августа, происходило заметное понижение показателей структуры урожайности. Оптимальной нормой высева было 5 и 6 млн шт./га. Проведена статистическая обработка полученных данных и выявлена зависимость урожайности по срокам и нормам высева в среднем за 2018–2021 годы. Было выявлено, что модель хорошо описывает явление практически по всем показателям, но описание взаимосвязи отдельных факторов и урожайности требует улучшения. Исследование показало, что влияния сроков посева и нормы высева недостаточно взаимосвязаны.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, продуктивная влага, сроки посева, норма высева, температура

**Для цитирования:** Гузенко А.Ю., Сопунков В.Л. Влияние сроков сева и норм высева на урожайность озимой пшеницы в условиях степной зоны черноземных почв Волгоградской области.

Аграрная наука. 2022; 363 (10): 100-105. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-100-105>

© Гузенко А.Ю., Сопунков В.Л.

# Influence of sowing dates and seeding rates on the yield of winter wheat in the conditions of the steppe zone of chernozem soils of the Volgograd region

## ABSTRACT

**Relevance and methodology.** In the conditions of the arid steppe zone of the Volgograd region in the Elansky district in 2018–2021, we studied the effect of sowing dates and seeding rates of seeds of winter wheat Zernogradka 11 on productivity. Sowing dates and seeding rates are considered by various sources as two main factors in increasing grain yields without any additional economic costs. The predecessor was black bare. The technology of cultivation of the variety Zernogradka 11 in field experiments was according to B.A. Dospelkov and the method of state variety testing of agricultural crops. The experiments were carried out for 5 sowing dates (III decade of August; I, II, III decades of September and I decade of October) and seeding rates period (4, 5 and 6 million pcs/ha). Seedlings, at different sowing dates, appeared at different intervals, which is associated with a changing temperature regime.

**Result.** Based on the data obtained over the years of research it can be concluded that there is a decrease in productive stalk with advancement to later sowing dates. The highest yield was obtained then sowing in I decade of September. For other dates and seeding rates, except for the III decade of August, there was a noticeable decrease in indicators of the yield structure. The optimal seeding rate was found to be 5 and 6 million pcs/m<sup>2</sup>. Statistical processing of the obtained data was carried out and the dependence of the yield of winter wheat on sowing dates and seeding rates on average for 2018 — 2021 was revealed. It was found that the model describes the phenomenon well in almost all indicators, but the model of relationship between individual factors and the yield needs to be improved. The study showed that the influence of sowing dates and seeding rates are not sufficiently interconnected.

**Key words:** Triticum L., productive moisture, sowing date, seeding rate, temperature

**For citation:** Guzenko A.Y., Sopunkov V.L. Influence of sowing dates and seeding rates on the yield of winter wheat in the conditions of the steppe zone of chernozem soils of the Volgograd region. Agrarian science. 2022; 363 (10): 100-105. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-100-105> (In Russian).

© Guzenko A.Y., Sopunkov V. L.

## Введение / Introduction

В последнее время на мировом рынке, нарастает потребность в продовольственном зерне, поэтому реализация увеличения производства сельскохозяйственной продукции зерна является главной задачей на сегодняшний день [1, 2, 3].

Региональное планирование землепользования и управление на фермах требуют глубокого понимания долгосрочной жизнеспособности производственных систем в изменчивом будущем климате [4].

В России озимая пшеница является основной продовольственной культурой. Среди агротехнических приемов особое значение имеет севооборот с правильно подобранными предшественниками, влияние которых в урожае составляет 14–30% [5].

Среди элементов технологии возделывания на продуктивность также имеют огромное влияние сроки посева. Несоблюдение технологий обработки почвы приводит к ухудшению производительности зерна: отсутствие чистого пара, дефицит влаги в продуктивном слое приводят к смене сроков посева на более поздние [6, 7].

В зависимости от выбранного срока посева пшеницы зависит сила энергии прорастания семян и полевая всхожесть сортов культуры, а также формирование устойчивости растений к резкому изменению погодных условий, вредителям и болезням. [8].

Зависимость урожайности озимой пшеницы от сроков сева остается актуальной моделью [9, 10].

Понимая первостепенную важность сроков сева и норм высева озимой пшеницы, в 2018–2021 гг. на предприятии холдинга «Содружество-регион» ОАО «Колос», были предприняты попытки уточнить или подтвердить существующие рекомендации по этим важнейшим параметрам для севера Волгоградской области. Для этого был заложен полевой производственный опыт. В связи с огромным количеством данных по нормам высева, многообразию факторов выбранной почвенно-климатической зоны и технологии обработки почвы определить оптимальный подход бывает затруднительно [11–13].

Цель — изучение и подбор оптимальных сроков сева и норм высева озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 в условиях степной зоны Нижневолжского региона.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Исследования проводились на предприятии ООО «Колос» Еланского муниципального района, поселок Елань, предприятие расположено в природно-климатической подзоне черноземной степи. Опытный участок расположен на склоне юго-западной экспозиции. Почва участка — южные черноземы тяжелосуглинистого механического состава, слабогумусированные. Содержание фосфора — повышенное, калия — повышенное, серы — низкое, микроэлементов (марганец, цинк, медь, кобальт) — низкое. Высевалась озимая пшеница сорта Зерноградка 11.

Для реализации поставленных задач проведена закладка двухфакторного полевого производственного опыта по следующей схеме: фактор А — сроки сева (использовались пять сроков сева: 1-й срок — III декада августа; 2-й срок — I декада сентября; 3-й срок — II декада сентября; 4-й срок — III декада сентября; 5-й срок — I декада октября); фактор В — нормы высева озимой пше-

ницы (использовались три нормы высева: 4, 5 и 6 млн всхожих семян). Посев сеялкой СЗС-2, 1.

Общий фон опыта: черный пар — предшественник. Обработка семян за семь дней до посева фунгицидом «Виял ТТ» — водно-суспензионный концентрат (д.в. — тебуконазол, 60 г/л + тиабендазол, 80 г/л). Внесение аммиачной селитры в ранневесенний период. Обработка гербицидом «Балерина» для борьбы с зимующими и озимыми сорными растениями в фазу колошения. Обработка посевов инсектицидом «Борей» — суспензионный концентрат (д. в. — имидаклоприд, 150 г/л + лямбда-цигалотрион, 50 г/л) — для борьбы с вредителями полевых культур. Уборка проводилась в фазу полной спелости зерна озимой пшеницы прямым комбайнированием.

Технология возделывания сорта Зерноградка 11 в полевых опытах была по Доспехову Б.А. и методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14, 15].

Обработку данных выполняли методами корреляционного и регрессионного анализов, с использованием пакета программ «Microsoft Excel 7.0» [16].

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Благодаря благоприятной погоде за период парования ежегодно накапливалось значительное количество продуктивной влаги в почве. Для борьбы с сорной растительностью 5 раз проводилась культивация земли. На момент первого срока сева (III декада августа) в метровом слое почвы содержалось 104 мм продуктивной влаги. Глубина посева по всем срокам — 5–6 см.

Всходы по разным срокам сева появились через разные промежутки времени, что связано с изменяющимся температурным режимом (табл. 1).

Сроки сева и нормы высева значительно повлияли на состояние растений перед уходом на зиму. Было установлено, что наилучшую полевую всхожесть имели два срока сева — I и II декады сентября. Максимальный коэффициент кушения, как и следовало ожидать, имели ранние сроки сева — III декада августа и I декада сентября. Посев, проведенный в III декаду сентября, не показал кушения в связи с поздним посевом. С увеличением нормы высева в рамках одного срока сева полевая всхожесть имела тенденцию к уменьшению (рис 1).

Резкое снижение полевой всхожести после III декады сентября каждый год подразумевает лучшее состояние

**Таблица 1. Время наступления основных фенологических фаз развития озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 в зависимости от сроков посева, среднее за 2018–2021 гг., дн.**

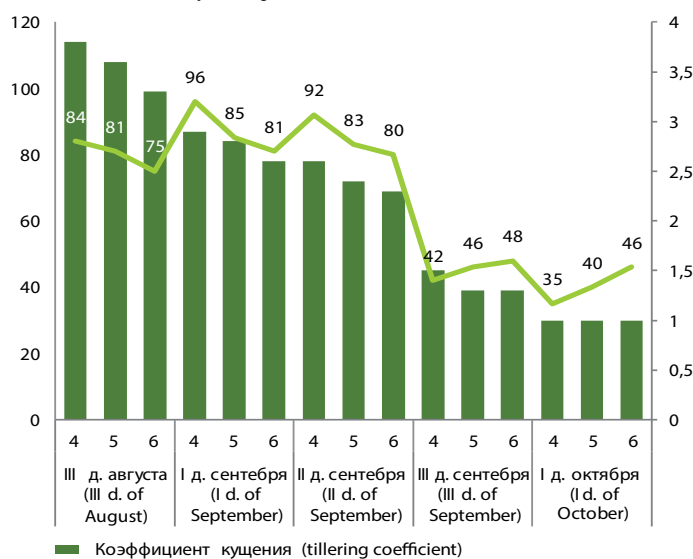
**Table 1. The time of the main phenological phases of the development of winter wheat variety Zernogradka 11, depending on the sowing dates the average for 2018–2021, days**

Сроки посева Sowing date	Всходы, дн. Seedlings, days	Всходы — кушение, дн. Seedlings — tillering, days
III декада августа III decade of August	4	9
I декада сентября I decade of September	5	12
II декада сентября II decade of September	5	24
III декада сентября III decade of September	13	26
I декада октября I decade of October	17	–



**Рис. 1.** Средний коэффициент кущения и полевая всхожесть озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 за 2018–2021 гг.

**Fig. 1.** The average coefficient of the tillering and the field germination of the winter wheat variety Zernogradka 11 for 2018–2021



Примечание: \* 4, 5, 6 — норма высева семян озимой пшеницы в млн шт./га

посевов поздних сроков сева с высокими нормами высева.

Слабое кущение после 20 сентября, так же говорит о необходимости резкого увеличения нормы высева для компенсации малого количества стеблей перед уходом в зиму.

Накопление запасных питательных веществ в зеленой массе растений озимой пшеницы так же зависело от сроков сева (рис. 2).

Максимальное количество сахаров в зеленой массе сорта озимой пшеницы Зерноградка 11 было нако-

плено растениями посеянными во II декаду сентября, содержание сахаров составило от 27% (при норме высева 4 млн шт./га) до 30,7% (при норме 6 млн шт./га). Достаточное количество запасов сахаров имели также растения, посеянные в I декаду сентября, содержание сахаров варьировало от 24,4 до 25,2%. Основной показатель, во многом определяющий правильность выбора сроков сева в осенний период — это сумма эффективных температур. В оптимальный интервал (400–600 °C) попадают 2 срока сева — I и II декады сентября.

Для окончательного решения вопроса о количестве погибших и выживших растений мы провели обследование растений с помощью экспресс-метода «отращивание узлов кущения». Отбор проб проводился в конце марта–начале апреля (табл. 2).

В фазу полной спелости провели отбор снопов по участкам для определения структуры и ве-

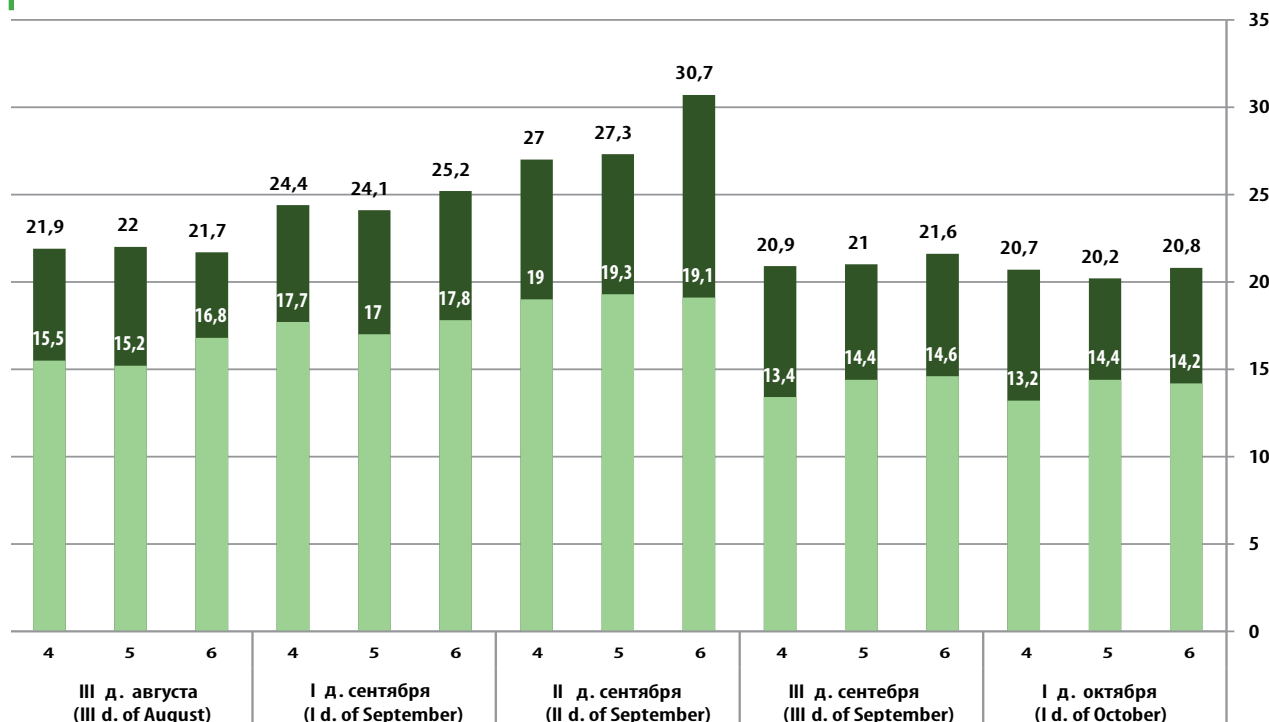
**Таблица 2.** Оценка выживших растений озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 экспресс-методом «отращивание узлов кущения», %

**Table 2.** Evaluation of surviving plants of winter wheat variety Zernogradka 11 by the express-method «growing of tillering nodes», %

Сроки посева, дн Sowing time, days	Выживших растений, % Surviving plants, %
III декада августа III decade of August	79
I декада сентября I decade of September	92
II декада сентября II decade of September	89
III декада сентября III decade of September	73
I декада октября I decade of October	68

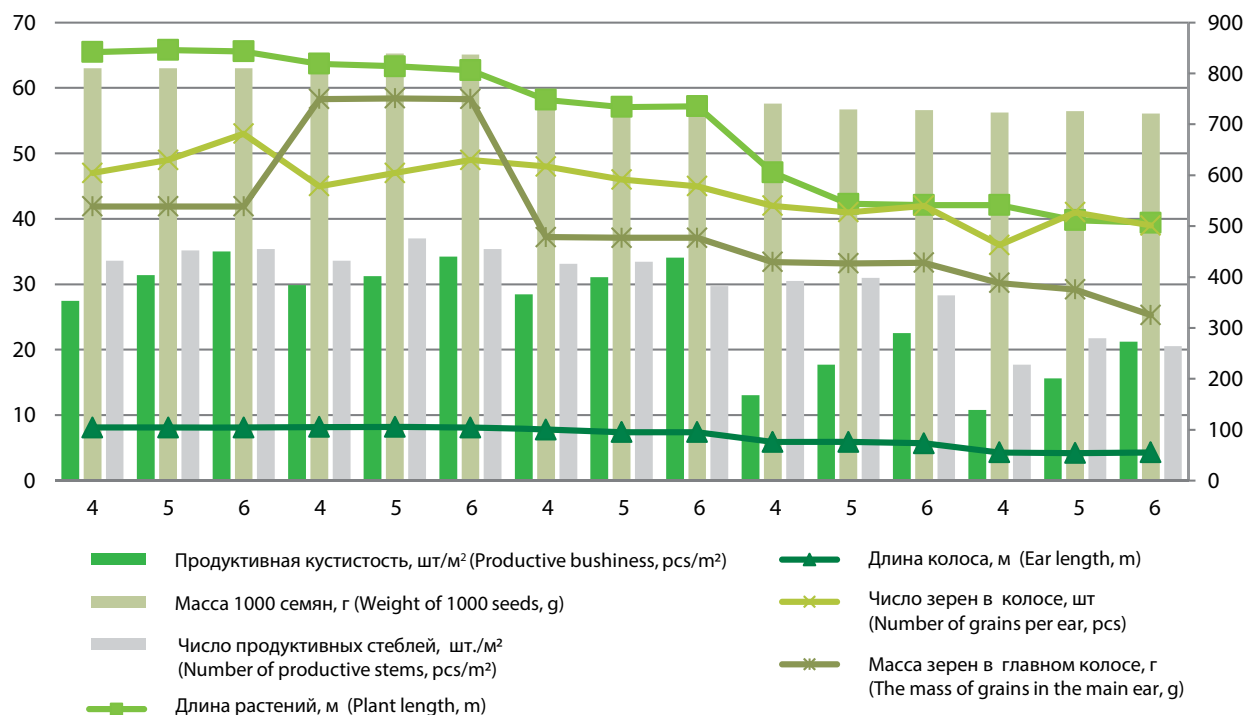
**Рис 2.** Количество накопленных сахаров и средний абсолютный сухой вес озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 в среднем за 2018–2021 гг.

**Fig. 2.** The number of accumulated sugars and the average absolute dry weight of winter wheat variety Zernogradka 11 on average for 2018–2021



Примечание: \* 4, 5, 6 — норма высева семян озимой пшеницы в млн шт./га

■ Накопленные сахара, ср., % (Accumulated sugars, average, %)

**Рис 3.** Показатели структуры урожайности озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 за 2018–2021 гг.**Fig. 3.** Indicators of the yield structure of winter wheat variety Zernogradka 11 for 2018–2021

личины урожая в зависимости от сроков, нормы высева (рис. 3).

Продуктивная кустистость сильно различалась по срокам посева, например, наиболее высокой, в среднем за 2018–2021 годы (более 400 шт./м<sup>2</sup>) она была при посеве в III декаду августа и I декаду сентября. Со II декады сентября наблюдалось резкое снижение среднего количества независимо от нормы высева.

Продуктивный стеблестой в среднем за годы исследования имел незначительную прибавку от продуктивной кустистости, также в конце августа и начале сентября с нормой высева 5 и 6 млн шт./га на 11–16 шт. Разница между нормами высева 4 и 6 млн шт./га по всем вариантам составила приблизительно на 18–20 шт.

Было установлено, что длина растений снижается от ранних к поздним срокам посева по норме высева 4 млн шт./га; 5 млн шт./га — с 65,8 до 39,8 см и 6 млн шт./га с 65,6 до 39,4 см.

Аналогичная ситуация наблюдается и по длине колоса, она снижалась с самого высокого показателя 8,2 см до самого низкого — 4,3 см.

По массе зерна в колосе наилучшие показатели наблюдались при севе в I декаду сентября, они были выше на 31–43%, чем при других сроках посева по нормам высева.

Исходя из данных рисунка 3, наибольшая масса 1000 семян наблюдалась при севе в I декаду сентября с нормами

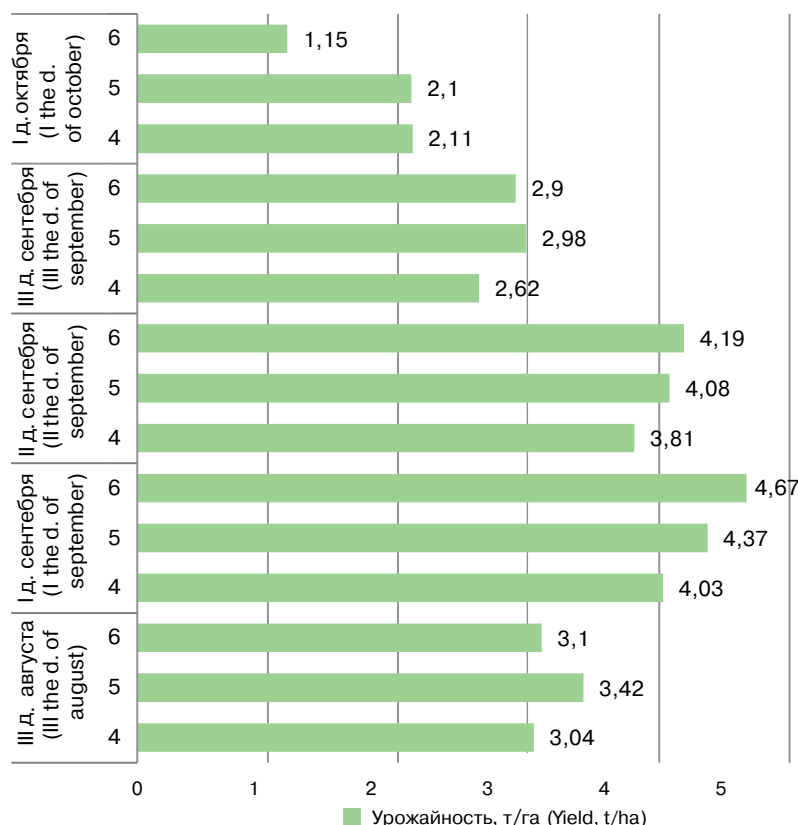
**Таблица 3.** Эмпирические модели урожайности озимой пшеницы сорт Зерноградка 11 от элементов структуры, среднее за 2018–2021 гг**Table 3.** Empirical yield models for winter wheat variety Zernogradka 11 from structural elements, average for 2018–2021

Коррелятивные связи Correlation	Норма высева, млн шт./га Seeding rate, million pcs/ha	Коэффициент корреляции Correlation coefficient	Уравнение ре- грессии The equation of regression	$r^2$	$F$
Продуктивная кустистость, шт./м <sup>2</sup> , и длина растений, см, Productive bushiness pcs/m <sup>2</sup> , and plant length, cm	4	0,95	$y = 10,9x_1 - 323,9$	0,91	0,01
	5	0,97	$y = 8,3x - 120,4$	0,94	0,01
	6	0,98	$y = 7,2x - 8,0$	0,96	0,004
Продуктивная кустистость, шт./м <sup>2</sup> , и длина колоса, см, Productive bushiness, pcs/m <sup>2</sup> , and the length of the spike, cm	4	0,96	$y = 66,6x_1 - 175,2$	0,93	0,01
	5	0,95	$y = 57,5x - 61,8$	0,90	0,01
	6	0,96	$y = 5,1x + 35,5$	0,93	0,008
Длина растений, см, и длина колоса, см, The length of the plant, cm, and the length of the spike, cm	4	0,97	$y = 5,8x_1 + 15,3$	0,94	0,01
	6	0,97	$y = 6,95x + 6,67$	0,94	0,01
Число зерен, шт., и продуктивный стеблестой, шт., The number of grains, and productive stems, pcs	6	0,96	$y = 0,07x + 20,4$	0,87	0,02

Примечание: \*4, 5, 6 — норма высева семян озимой пшеницы в млн шт./га

**Рис. 4.** Урожайность озимой пшеницы сорт Зерноградка 11 в среднем за 2018–2021 годы

**Fig. 4.** The average yield of winter wheat variety Zernogradka 11 for 2018–2021



высева 4 млн шт./га — 838 г, 5 млн шт./га — 833 г, 6 млн шт./га — 837 г.

Статистическая обработка позволила установить, а затем математически смоделировать, через уравнения регрессии зависимости между отдельными элементами урожайности озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 (табл. 3).

Все изучаемые признаки, формирующие урожай зерна, были взаимосвязаны между собой, но с различной степенью зависимости. Наибольший коэффициент корреляции ( $r = 0,98$ ) отмечен между продуктивной кустистостью и длиной растений при норме высева 6 млн шт./га, которая подчиняется уравнению регрессии  $y = 7,2x - 8,0$ . Ниже ( $r = 0,97$ ) показатели коэффициента корреляции между продуктивной кустистостью и длиной рас-

тений при норме высева 5 млн шт./га ( $y = 8,3x - 120,4$ ); длиной растений и длиной колоса при норме высева 4 млн шт./га ( $y = 5,8x_1 + 15,3$ ) и этими же признаками с нормой высева 6 млн шт./га ( $y = 6,95x + 6,67$ ) (табл. 3).

Между урожаем озимой пшеницы и элементами структуры существуют прямые коррелятивные связи по всем вариантам нормы высева.

Достоверность по уровню значимости критерия Фишера составила по всем показателям в среднем 0,01 (меньше, чем 0,05). Самая высокая точность аппроксимации между продуктивной кустистостью (шт./м²) и длиной растений (см) с нормой высева в 6 млн шт./га — 0,96. По остальным связям также наблюдается адекватность моделей, значения  $r^2$  составляют от 0,87 до 0,94 (табл. 3).

Урожайность со всеми другими параметрами структуры коэффициент детерминации меньше, чем 0,6. Можно считать, что точность аппроксимации недостаточна и модель требует улучшения. Это говорит о том, что влияния сроков посева и нормы высева недостаточно взаимосвязаны. На это могут влиять и другие факторы, такие как температурный режим, элементы питания, осадки, направление

ветра и т.д.

Максимальные показатели урожайности озимой пшеницы за 2018–2021 годы наблюдалась при севе в I декаду сентября и колебалась от 3,81 т/га с нормой высева 4 млн шт./га до 4,2 млн шт./га при норме высева в 6 млн шт./га (рис 4).

### Выводы / Conclusion

На основе статистической обработки практических данных было выявлено, что наиболее респектабельным сроком посева является I декада сентября. При всех нормах высева, указанных в исследованиях, показала наилучшие результаты (по продуктивной кустистости, урожайности и т. д.).

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена в рамках государственного задания НИР № 0713-2019-0009 «Теоретические основы, создание новых конкурентоспособных биотипов сельскохозяйственных культур с высокими показателями продуктивности, качества, устойчивости и сортовые технологии на основе новейших методов и технологических решений в условиях изменяющегося климата»

### FUNDING:

The work was carried out within the framework of the state task NIR No. 0713-2019-0009 «Theoretical foundations, the creation of new competitive biotypes of agricultural crops with high rates of productivity, quality, stability and varietal technologies based on the latest methods and technological solutions in a changing climate»



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семинченко Е.В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника по мере удаления от лесополосы. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020; 2 (58): 170-176 с.
2. Сапунков В.Л., Солонкин А.В., Гузенко А.В. Экологическое испытание сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области. *Зерновое хозяйство России*. 2021; 6 (78): 88-94.
3. Прутков Ф.М. Озимая пшеница. М., Колос. 1976. 352 с.
4. Питоня А.А. Влияние поздних сроков посева и глубины заделки семян на элементы структуры урожая озимой мягкой пшеницы. *Научные основы устойчивого развития АПК в современных условиях: труды научно-практической конференции с международным участием. Калуга: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»*. 2015; 233-237 с.
5. Балашов В.В., Балашов А.В., Левкина К.В., Кудина К.А. Урожайность яровой твердой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017; 4: 29-35 с.
6. Квасов Н.А. Сроки сева как фактор регулирования продуктивности озимых культур в условиях изменения климата. *Земледелие*. 2012; 3: 18-20 с.
7. Vieira V.M., Oliveira R.A. D., Daros E. Factors related to the economic performance of wheat commercial fields Revista Ceres. National Bureau of Economic Research. Oct 2019; 333-340 с.
8. Малкандуев Х.А., Малкандуева А.Х., Шамурзаев Р.И., Базгиев М.А. Влияние сроков посева на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. *Инновации и продовольственная безопасность*. 2018; 3 (21): 93-97 с.
9. Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019; 2: 101-105 с.
10. Зеленов А.В., Питоня П.А., Питоня А.А., Смутнев П.А. Поздние сроки и глубина посева озимой пшеницы в сухостепной зоне каштановых почв Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2016; 2 (42): 72-77 с.
11. Маркова И.Н., Гузенко А.Ю., Солонкин А.В. Перспективы создания адаптивных сортов твердой пшеницы для Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2021; 3 (63): 141-151 с.
12. Лобунская И.А. Влияние засушливых условий на урожайность и элементы фотосинтетической деятельности озимой мягкой пшеницы. 2021. № 2.74-77 с. DOI 10.32634/0869-8155-2021-345-2-74-77. — EDN LODPVN.
13. Иванов В.М., Басова В.А. Производство продукции растениеводства: курс лекций. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. 277 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2014. 351 с.
15. Кравченко Н.С. Изучение адаптивных свойств исходного материала озимой мягкой пшеницы по признаку «масса 1000 зерен». *Аграрная наука*. 2021. № 1. 74-78 с. DOI 10.32634/0869-8155-2021-344-1-74-78. — EDN BRKDT0.
16. Сажин Ю.В., Басова В.А. Статистические методы оценки качественных показателей продукции. В сборнике: *ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ. IX Международная научно-практическая конференция. Министерство образования и науки Российской Федерации; Федерация Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова; Российский гуманитарный научный фонд*. 2016: 350-351 с.

## ОБ АВТОРАХ:

**Алексей Юрьевич Гузенко**,  
Федеральный Научный Центр агроэкологии Российской академии наук, младший научный сотрудник отдела селекция, семеноводства и питомниководства, Университетский проспект, 97, 400062, Волгоград, Российская Федерация  
e-mail: guzenko-ay@vfanc.ru,  
Тел. 89377430718, <https://orcid.org/0000-0002-8237-6495>

**Виталий Андреевич Сопунков**,  
Федеральный Научный Центр агроэкологии Российской академии наук, старший научный сотрудник отдела селекция, семеноводства и питомниководства, Университетский проспект, 97, 400062, Волгоград, Российская Федерация  
e-mail: svl — 01@mail.ru  
Тел. 89377016898,  
<https://orcid.org/0000-0002-2425-2611>

## REFERENCES

1. Seminchenko E.V. The yield of winter wheat, depending on the predictor as they move away from the forest belt. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and the highest professional in-development*. 2020; 2 (58): 170-176 (In Russian.)
2. Sapunkov V.L., Solonkin A.V., Guzenko A.V. Ecological testing of winter wheat «Donskoy» in the zone of dark brown soils of the Volgograd region. *Grain economy of Russia*. 2021; 6 (78): 88-94 (In Russian.)
3. Prutskov F.M. Winter wheat. M., Kolos. 1976. 352 p. (In Russian.)
4. Pythoni A.A. The influence of the late sowing and depth of the seas on the elements of the structure of the crop of winter soft wheat. *The scientific basis of the sustainable development of the agro-industrial complex in modern conditions is the works of a scientific and practical conference with international participation. Kaluga: Federal State Budgetary Scientific Institution «Kaluga Research Institute of Agriculture»*. 2015; 233-237 (In Russian.)
5. Balashov V.V., Balashov A.V., Levkina K.V., Kudina K.A. The yield of spring solid wheat, depending on the hydrothermal conditions on light browned soils of the Volgograd region. *Izvestia of the Lower Volga Agricultural Service Complex: Science and Higher Professional Education*. 2017; 4: 29-35 (In Russian.)
6. Kvasov N.A. Seva time as a factor in the regulation of the productivity of winter crops in conditions of climate change. *Agriculture*. 2012; 3: 18-20 (In Russian.)
7. Vieira V.M., Oliveira R.A. D., Daros E. Factors related to the economic performance of wheat commercial fields Revista Ceres. National Bureau of Economic Research. Oct 2019; 333-340 c.
8. Malkanduev H.A., Malkandueva A.Kh., Shamurzaev R.I., Bazgiev M.A. The lasting time for the yield and quality of the grain of winter wheat. *Innovation and food security*. 2018; 3 (21): 93-97 (In Russian.)
9. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S. The impact of weather conditions on agricultural crops. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019; 2: 101-105 (In Russian.)
10. Zelenev A.V., Pythoni P.A., Pythoni A.A., Troubles P.A. Late dates and the depth of sowing of winter wheat in the dry -stepal zone of chestnut soils of the Lower Volga region. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education*. 2016; 2 (42): 72-77 (In Russian.)
11. Markova I.N., Guzenko A.Yu., Solonkin A.V. Prospects for the creation of adaptive varieties of solid wheat for the Volgograd region. *Healed by the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education*. 2021; 3 (63): 141-151 (In Russian.)
12. Lobunskaya, I.A., Ionova E.V., Likhovidova V.A. Influence of drought conditions on productivity and elements of photosynthetic activity of winter soft wheat. *Agrarnaya nauka*. 2021. No. 2.74-77 p. — DOI 10.32634/0869-8155-2021-345-2-74-77 c. — EDN LODPVN. (In Russian.)
13. Ivanov V.M., Tikhonov N.I. Production of crop production: lecture course. Volgograd: Volgograd GAU, 2017. 277 p (In Russian.)
14. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical Operations of research results. M.: Alliance. 2014. 351 p. (In Russian.)
15. Kravchenko N. S., Podgorny S.V., Vozhzhova N.N. Studying the adaptive properties of the initial material of winter soft wheat on the basis of «mass of 1000 grains». *Agricultural Science*. 2021. No. 1. 74-78 p. — DOI 10.32634/0869-8155-2021-344-1-74-78. — EDN BRKDT0. (In Russian.)
16. Sazhin Yu.V., Basova V.A. Statistical methods for evaluating high-quality products. In the collection: *innovative development of the Russian economy. IX International Scientific and Practical Constitution. Ministry of Education and Science of the Russian Federation of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanova; Russian humanitarian scientific fund*. 2016: 350-351 (In Russ.).

## ABOUT THE AUTHORS:

**Aleksey Yuryevich Guzenko**,  
Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Junior Researcher, Department of Breeding, Seed Production and Nursery, University Avenue, 97, 400062, Volgograd, Russian Federation  
e-mail: guzenko-ay@vfanc.ru,  
Tel. 89377430718, <https://orcid.org/0000-0002-8237-6495>

**Vitaliy Andreevich Sopunkov**,  
Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Junior Researcher, Department of Breeding, Seed Production and Nursery, University Avenue, 97, 400062, Volgograd, Russian Federation  
e-mail: svl — 01@mail.ru  
Tel: 89377016898  
<https://orcid.org/0000-0002-2425-2611>

Н.А. Морозов<sup>1</sup>,  
Н.А. Ходжаева<sup>1</sup>,  
А.И. Хрипунов<sup>2</sup>,  
Е.Н. Община<sup>2</sup> ✉

<sup>1</sup> Прикумская опытно-селекционная станция — филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Буденновск, Ставропольский край, Российская Федерация  
<sup>2</sup> Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация

✉ sniish@mail.ru

Поступила в редакцию:  
29.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
15.09.2022

Принята к публикации:  
30.09.2022

Research article

 creative commons  
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-106-110

Nicolai A. Morozov<sup>1</sup>,  
Nina A. Khodzhaeva<sup>1</sup>,  
Alexander I. Khripunov<sup>2</sup>,  
Elena N. Obshchiya<sup>2</sup> ✉

<sup>1</sup> Prikumskaya Experimental Breeding Station — branch of the North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Budennovsk, Stavropol Territory, Russian Federation

<sup>2</sup> North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation

✉ sniish@mail.ru

Received by the editorial office:  
29.08.2022

Accepted in revised:  
15.09.2022

Accepted for publication:  
30.09.2022

# Экологическая пластичность урожайности озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам в засушливых условиях Восточного Предкавказья

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Подбор лучших для озимой пшеницы предшественников, обеспечивающих низкую вариабельность урожайности в контрастные годы, является важной задачей земледелия.

**Методы.** Исследования проводили в 2017–2021 гг. на Прикумской опытно-селекционной станции в 6-польном севообороте, где озимая пшеница размещалась по чистому и занятому пару и полупару. Цель исследований — оценить предшественников на различных фонах питания с позиции низкой изменчивости урожайности, экологической стабильности и высокой адаптивности к условиям засушливой зоны Ставропольского края.

**Результаты.** ГТК летне-осеннего периода был на 0,22, а весенне-летнего — на 0,06 единиц засушливее среднеемноголетнего значения. Особенно неблагоприятным был предпосевной период (ГТК = 0,22). Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы осенью по чистому пару были значительно ниже нормы в 40%, а по другим предшественникам — в 80% лет. Урожайность озимой пшеницы по чистому пару на контроле составила — 2,43–4,46 т/га, на удобренном варианте — 2,86–4,93 т/га, по занятому пару — 1,98–4,72 и 2,15–5,35 т/га, по полупару — 0,59–2,19 и 0,64 до –2,44 т/га. А индекс условий среды варьировал, соответственно, от –0,51 до +1,52 и –0,64 до +1,43; от –0,90 до +1,84 и –1,10 до +2,10; –0,72 до +0,88 и от –1,19 до +0,79. Максимальная урожайность на всех фонах питания получена по чистому и занятому пару. Только 2 года из 5 были благоприятными, так как имели положительные значения индекса условий среды. Экологическая пластичность колебалась от 1,67 до 3,04. Самая большая вариабельность урожайности (47,1%) и максимальная устойчивость к стрессу (–1,6–1,98 т/га) наблюдалась по полупару. Чистый пар был самым гибким в стрессовых условиях возделывания, так как имел максимальную урожайность (2,94–3,50 т/га) и минимальную вариабельность (26,4%) по сравнению с другими предшественниками.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, урожайность, экологическая пластичность, предшественник, вариабельность

**Для цитирования:** Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Экологическая пластичность урожайности озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам в засушливых условиях Восточного Предкавказья. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 106–110. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-106-110>

© Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Община Е.Н.

## Ecological plasticity of winter wheat yield when cultivating on different predecessors in arid conditions of Eastern Caucasus

## ABSTRACT

**Relevance.** The selection of the best winter wheat precursors that provide low yield variability in contrasting years is an important task of farming.

**Methods.** Studies were carried out in 2017–2021 at the Prikumskaya Experimental Breeding Station in a 6-field crop rotation, where winter wheat was placed on bare and full fallow and semifallow. The aim of the research was to evaluate the precursors in different nutritional backgrounds from the position of low variability of yield, ecological stability and high adaptability to the conditions of the arid zone of the Stavropol Territory.

**Results.** The hydro-thermal coefficient of summer-autumn period was 0,22 and of spring-summer period — 0,06 units drier than the average summer value. The pre-sowing period was especially unfavorable (HTC = 0.22). The stocks of productive moisture in a meter layer of soil in autumn were considerably below the norm on bare fallow in 40% of years of experiment and on other predecessors — in 80% of years. Yield of winter wheat varied from 2.43 to 4.46 t/ha on bare fallow on control, 2.86 to 4.93 t/ha — on fertilized variant, 1.98 to 4.72 and 2.15 to 5.35 t/ha — on full fallow, 0.59 to 2.19 and 0.64 to 2.44 t/ha — on semifallow. And the environmental conditions index ranged from –0.51 to +1.52 and –0.64 to +1.43; from –0.90 to +1.84 and –1.10 to +2.10; from –0.72 to +0.88 and –1.19 to +0.79 respectively. Maximum yields in all nutritional backgrounds were obtained on bare and full fallow. Only 1 year out of 5 was favorable as it had positive environmental conditions index values. The environmental plasticity ranged from 1.67 to 3.04. The highest yield variability (47.1%) and maximum stress tolerance (–1.6 – 1.98 t/ha) was observed for the half fallow Semifallow. Bare fallow was the most flexible under stress conditions of cultivation as it had the highest yield (2.94–3.50 t/ha) and the lowest variability (26.4%) compared to other precursors.

**Key words:** winter wheat, yield, environmental plasticity, precursor, variability

**For citation:** Morozov N.A., Hodjaeva N.A., Hripunov A.I., Obschiya E.N. Ecological plasticity of winter wheat yield when cultivating on different predecessors in arid conditions of Eastern Caucasus. Agrarian science. 2022; 363 (10): 106–110. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-106-110> (In Russian).

© Morozov N.A., Hodjaeva N.A., Hripunov A.I., Obschiya E.N.

## Введение / Introduction

В Ставропольском крае озимая пшеница занимает 1,8 млн га посевной площади, 2/3 которой сосредоточены в сухостепных ландшафтах с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 0,7–0,9, где основным лимитирующим фактором устойчивого производства зерна является наличие влаги. В связи с этим подбор предшественника для этой культуры имеет большое значение, так как с ним связаны затраты на подготовку почвы, внесение минеральных удобрений, внедрение интенсивных сортов, накопление влаги к посеву и другие агро-технические мероприятия [1–6].

В условиях дефицита влаги на востоке края озимая пшеница широко размещается в коротко ротационных севооборотах, где основными предшественниками являются чистые пары и повторные посевы, однако не все предшественники создают условия для возделывания озимых зерновых и не все предшественники одинаково реагируют на изменение агрометеорологических факторов [7–9].

Это связано со сроками уборки предшествующей культуры, оставлением корневых и пожнивных остатков и их разложением, инфекционным фоном, распределением и накоплением осадков, а также другими факторами. Чистый пар считается эффективным когда урожайность после него равняется или превышает двойную урожайность по непаровому предшественнику. В то же время он может играть стабилизирующую роль в получении валовых сборов зерна вследствие более низкой вариабельности урожайности озимой пшеницы в контрастных условиях [10, 11].

Цель исследований — оценить предшественниково-зимой пшеницы на различных фонах питания с позиции низкой изменчивости урожайности, экологической стабильности и высокой адаптивности к условиям засушливой зоны Ставропольского края.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Опыт проводился в 2017–2021 гг. на Прикумской опытно-селекционной станции (филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ») в 6-польном севообороте: чистый пар — озимая пшеница — яровой ячмень — занятый пар (эспарцет на зеленый корм) — озимая пшеница — озимая пшеница. Районированные сорта озимой пшеницы возделывали на естественном (контроль) и удобренном фоне. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию после чистого ( $P_{30}$ ) и занятого ( $P_{40}$ ) пара, озимой пшеницы ( $N_{35}$ ).

Опытный участок представлен каштановой среднесуглинистой карбонатной (7,14% карбонатов в 1,5 м) почвой с содержанием в пахотном слое гумуса 1,45–1,62% (ГОСТ 26213-91), общего азота — 0,13–0,14%, подвижного фосфора — 13,8–15,0 мг/кг и обменного калия — 265–295 мг/кг (ГОСТ 26205-91). Реакция почвенного раствора нейтральная (рН солевой вытяжки — 7,0–7,1). Плотность почвы — 1,32 г/см<sup>3</sup>. Повторность опыта четырехкратная с последовательным расположением и общей площадью делянок 448,5 м<sup>2</sup>. Учетная площадь — 210 м<sup>2</sup>. Технология возделывания полевых культур — общепринятая для засушливой зоны.

Озимую пшеницу убирали в фазу полной спелости зерна комбайном САМПО-500, а урожайность пересчитывали на стандартную 14% влажность. Параметры оценки экологической пластичности рассчитывали по методике В.З. Пакудина [12], Статистическая обработка

данных проводилась по Б. А. Доспехову [13], с использованием программы «AgCStat» для «Excel».

Всходы озимой пшеницы в 2016 г. появились неравномерно — через 23–25 дней после посева. В зиму посевы ушли в фазе всходов и 3-го листа. Осенняя вегетация прекратилась 17 ноября. Зимний период был непродолжительным, холодным и характеризовался обильными осадками в виде снега. Весна, наоборот, была продолжительной, теплой, с осадками в пределах нормы. В мае выпало две с половиной нормы осадков, а июнь был прохладным и сухим, что благоприятствовало наливу и созреванию зерна.

Обильные осадки октября 2017 г. способствовали своевременному (28.10–31.10) получению всходов озимой пшеницы по всем предшественникам. В зиму, посевы по чистому пару ушли хорошо развитыми в фазе кущения с 2–3 стеблями, а по озимой пшенице они были в фазе всходов, слабыми и неравномерными. Зима была мягкой, а весна средней, с запасами влаги в почве существенно выше среднееголетнего значения. Весенне-летняя вегетация 2018 г. характеризовалась очень засушливыми условиями. ГТК с апреля по июнь составил всего 0,20 единиц.

Вся метеорологическая осень (переход среднесуточной температуры воздуха через +15 и +5 °C в сторону понижения) 2018 г. была сухой. Осадки выпали в середине ноября, когда осенняя вегетация уже закончилась. По чистому пару 30–50% всходов появилось в конце октября, по остальным предшественникам — в феврале. Озимая пшеница раскустилась в конце марта, но развитие растений было медленным, вследствие пониженных температур апреля. Май был теплым, с осадками в пределах нормы, а июнь — очень жарким и сухим с ГТК 0,45. В период налива наблюдались суховеи, что привело к щуплости зерна.

Лето и большая часть осени 2019 г. были засушливыми, что отрицательным образом сказалось на запасах влаги в пахотном слое почвы (1–9 мм). Слабые и изреженные всходы озимых по чистому пару появились в начале, а по полупару — в конце ноября. Благодаря очень ранней (с 23.02) и теплой весне (температура марта на 4,4 °C выше нормы) посевы к началу апреля были хорошо развиты, особенно на вариантах с внесением удобрений. Однако с 7 по 13 апреля наблюдались заморозки в ночное время (до –7 °C), что привело к 50–60%-ной гибели главного стебля и повреждению листьев. Недобор осадков с января по июнь составил 34% от нормы. Весенне-летний отрезок вегетации 2020 г. проходил в засушливых условиях (ГТК = 0,64).

ГТК с июля по октябрь 2020 г. составил 0,28. Такие очень засушливые условия привели к полному отсутствию влаги и всходов с осени по всем предшественникам. Всходы появились с 1 по 6 февраля. Весна была средней (20.03) и характеризовалась пониженным (на 0,6 °C) и неустойчивым температурным режимом с медленными темпами роста растений. По непаровым предшественникам наблюдался недостаток азота. В конце мая прошли ливневые дожди. Июнь был очень влажным с двойной нормой осадков.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

В среднем за 5 лет исследований гидротермические условия предпосевного и посевного периода озимой пшеницы (сентября и октября) были на 0,35 и 0,10 единиц хуже среднееголетнего значения, а периода налива и созревания зерна (июнь) — на 0,26 единиц.



Таблица 1. Гидротермический коэффициент летне-осеннего и весенне-летнего периодов в годы исследований  
Table 1. Hydrothermal coefficient of summer-autumn and spring-summer periods in the years of research

Год	Гидротермический коэффициент						
	сентября	октября	апреля	мая	июня	июля–октября	апреля–июня
2017	0,11	–	2,59	2,36	0,61	0,27	1,57
2018	0,13	1,28	0,19	0,24	0,17	0,28	0,20
2019	0,06	0,14	1,50	0,92	0,45	0,41	0,77
2020	0,47	0,27	0,25	0,79	0,66	0,44	0,64
2021	0,34	0,10	0,80	1,05	1,17	0,28	1,05
Среднее	0,22	0,45	1,07	1,07	0,61	0,34	0,85
Средне-многолетнее	0,57	0,55	1,08	0,95	0,87	0,56	0,91

Летне-осенний период (с июля по октябрь) был на 0,22 единиц засушливее обычного, а весенне-летний (с апреля по июнь) на 0,06 единиц (табл. 1).

О неблагоприятных условиях увлажнения в осенний период красноречиво свидетельствуют запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы по предшественникам: по чистому пару они были в среднем на 19,4 мм, по занятому пару — на 33,7 мм, а по полупару — на 25,5 мм ниже среднемноголетнего значения. Из-за малого количества осадков (сухой зимы) за холодный период с ноября по март влаги к весне накапливалось значительно ниже нормы по всем предшественникам в 2020 и 2021 гг. (табл. 2).

Урожайность озимой пшеницы в наших исследованиях статистически достоверно различалась по годам и предшественникам и не различалась по фоновому питанию вследствие низких (30–40 кг/га) доз минеральных удобрений. По чистому пару она колебалась на контроле от 2,43 до 4,46 т/га, а на варианте с внесением удобрений — от 2,86 до 4,93 т/га, по занятому пару, соответственно, 1,98–4,72 и 2,15–5,35 т/га, по полупару — 0,59–2,19 и 0,64–2,44 т/га.

Отклонение среднего урожая за 5 лет от среднего урожая за каждый год показывает, насколько лучше или хуже были условия произрастания в конкретный год по сравнению со средними условиями возделывания за весь период исследований [12]. Разница в условиях произрастания в конкретном году выражалась через индекс условий среды ( $I_i$ ). В среднем за 5 лет индекс колебался по чистому пару на контроле от — 0,51 до 1,52, на удобренном фоне — от –90,64 до 1,43, по занятому пару, соответственно, от –0,90 до 1,84 и от –1,10

до 2,10, по полупару — от –0,72 до 0,88 и от –1,19 до 0,79. Результаты расчета индекса условий среды показали, что по чистому и занятому пару только 1 год (2017), а по непаровому предшественнику, 2 года (2017 и 2019) из 5 были благоприятными для формирования урожайности озимой пшеницы, так как имели положительные значения индекса. В большинство лет индекс среды был отрицательным, а погодные условия складывались неблагоприятно, что характерно для засушливой зоны (табл. 3).

В среднем по предшественникам 2017 г. был очень благоприятным для возделывания озимой пшеницы ( $I_i = 1,41–1,38$ ), а 2019 г. — на уровне среднего за 5 лет исследований ( $I_i = 0,02–0,22$ ).

Максимальная изменчивость урожайности по годам наблюдалась в повторном посеве озимой пшеницы, где коэффициент вариации составил 47,1%, что на 20,7 и 9,2% больше, чем по чистому и занятому пару. В среднем по предшественникам вариабельность величины урожая на удобренном фоне была на 3,7% ниже, чем на контроле.

Устойчивость предшественника к стрессу определяется как разность между минимальной и максимальной урожайностью ( $Y_2 - Y_1$ ). Он имеет отрицательный знак и чем меньше ее величина, тем выше устойчивость предшествующей культуры к неблагоприятным агроклиматическим факторам. Наибольшая стрессоустойчивость посевов отмечена по полупару (–1,6–1,98 т/га) и связано это не с тем, что он лучше, чем чистый и занятый пар, а с очень низкой (более чем в 2 раза) урожайностью озимой пшеницы по этому предшественнику.

Таблица 2. Содержание осенней и весенней продуктивной влаги в метровом слое почвы по предшественникам, мм  
Table 2. Autumn and spring productive moisture content in meter layer of soil by fore crop, mm

Год	Предшественник					
	чистый пар		занятый пар		озимая пшеница	
	к осени	к весне	к осени	к весне	к осени	к весне
2017	101,1	135,3	57,9	101,4	45,9	93,9
2018	70,2	156,1	17,6	145,5	0	161,4
2019	39,0	119,0	6,9	123,8	0	113,6
2020	58,3	93,3	0	67,6	6,6	56,9
2021	21,9	74,2	0	19,6	0	63,1
Среднее	58,1	115,6	16,5	91,6	10,5	97,8
Средне-многолетнее	77,5	122,1	50,2	111,3	36,0	95,0

Таблица 3. Урожайность озимой пшеницы по предшественникам и фонам питания и индексы условий среды.

Table 3. Yield capacity of winter wheat by fore crop and nutrition backgrounds and indices of environmental conditions

Фон питания	Предшественник	Урожайность, т/га					$\bar{X} \pm SD$
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Контроль (2)	Чистый пар	4,46	2,43	2,72	2,68	2,43	2,94±0,62
	Занятый пар	4,72	1,98	2,76	2,66	2,27	2,88±0,58
	Озимая пшеница	2,19	0,80	1,73	0,59	1,25	1,31±0,36
Удобренный фон (1)	Чистый пар	4,93	3,28	3,37	2,86	3,06	3,50±0,74
	Занятый пар	5,35	2,15	3,24	3,02	2,48	3,25±0,69
	Озимая пшеница	2,44	1,45	2,62	0,64	2,02	1,83±0,26
$\bar{X}_{i^*}$	Чистый пар	4,70	2,86	3,05	2,77	2,75	3,23±0,59
	Занятый пар	5,03	2,07	3,00	2,84	2,38	3,06±0,82
	Озимая пшеница	2,32	1,13	2,18	0,62	1,64	1,58±0,41
$I_i^{**}$	Чистый пар	1,47	−0,37	−0,18	−0,46	−0,48	
	Занятый пар	1,97	−0,99	−0,06	−0,22	−0,68	
	Озимая пшеница	0,74	−0,45	0,60	−0,96	0,06	
$p_{1-2}^{\#}$	Чистый пар	$Z = -1,781; p = 0,095$					
	Занятый пар	$Z = -0,731; p = 0,548$					
	Озимая пшеница	$Z = -1,149; p = 0,310$					

Примечание: \* — средняя урожайность за год, \*\* — индекс условий среды, # — критерий Манна — Уитни

На всех фонах питания самая большая разница между максимальным и минимальным урожаем была по занятому пару (на контроле — 2,74 т/га на удобренном фоне — 3,23 т/га), по чистому пару она составила, соответственно, 2,03 и 2,07 т/га.

Средняя урожайность в контрастных условиях ( $Y_1 + Y_2/2$ ) характеризует гибкость предшественника, и чем она выше, тем он приспособленнее к местным погодным и почвенным условиям. На всех фонах питания максимальный показатель гибкости отмечен по чистому пару: на контроле — 3,44, а на удобренном варианте — 3,90 т/га, тогда как по полупару он составил, соответственно, лишь 1,39 и 1,63 т/га.

Индексы условий среды необходимы для расчета коэффициентов регрессии урожаев каждого предшественника и фона питания ( $b_i$ ) на изменение условий

возделывания, которые показывают отзывчивость посевов озимой пшеницы на предшествующую культуру и внесение минеральных удобрений.

В зависимости от предшественника и фона питания экологическая пластичность урожайности в нашем опыте колебалась от 1,67 до 3,04, из чего можно заключить, что высокие показатели урожайности даже по чистому пару формировались только при наилучших условиях возделывания, а при очень засушливых условиях и негативном развитии событий величина урожая резко снижалась. Чем больше несоответствие урожайных данных условиям испытания, тем выше коэффициент регрессии и меньше пластичность растений озимой пшеницы, которая находится в существенной зависимости от предшествующей культуры и условий питания (табл.4).

Таблица 4. Параметры пластичности урожайности, среднее за 2017–2021 гг.

Table 4. Yield plasticity parameters, average for 2017–2021

Предшественник	Фон питания	Урожай зерна, т/га		Коэффициент вариации (CV), %		Экологическая пластичность ( $b_i$ )	
		max ( $Y_1$ )	min ( $Y_2$ )	среднее по фону	среднее по предшественнику	среднее по фону	среднее по предшественнику
Чистый пар	Контроль	4,46	2,43	29,2	26,4	2,11	2,24
	Удобрённый	4,93	2,86	23,5		2,36	
Занятый пар	Контроль	4,72	1,98	37,4	37,9	2,48	2,76
	Удобрённый	5,35	2,15	38,5		3,04	
Озимая пшеница	Контроль	2,19	0,59	50,5	47,1	1,67	1,84
	Удобрённый	2,62	0,64	44,0		2,01	

## Выводы / Conclusion

В осенний период запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы были значительно ниже нормы по чистому пару в 60% лет исследования, а по занятому пару и полупару — в 80% лет. К началу весенней вегетации недостаток влаги по всем предшественникам наблюдался в 40% лет.

Изучение урожайности озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края показало неоднозначность экологической пластичности посевов по различным предшественникам и фоновым питанию, демонстрируя различия в реакции на изменения условий окружающей среды. Значения величины экологической пластичности в нашем опыте существенно выше 1, что указывает на большую зависимость урожайности озимой пшеницы от складывающихся погодных условий

в течение вегетации, предшествующей культуре и режиму питания растений.

Максимальная урожайность озимой пшеницы на всех фонах питания получена по чистому (3,23 т/га) и занятому пару (3,06 т/га). Приведенные индексы условий среды свидетельствуют о том, что в среднем по урожайности только 2 года из 5 были благоприятными, так как имели положительные значения индекса.

Самая большая вариабельность урожайности по годам и максимальная устойчивость предшественника к стрессу наблюдалась в повторном посеве озимой пшеницы. Чистый пар был самым гибким предшественником в контрастных условиях возделывания, так как имел максимальную урожайность и минимальную вариабельность по сравнению с другими предшественниками.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петров Г. И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополья. Издательство «Прикумье», 1996. –342с.
2. Морозов Н. А., Ходжаева Н. А., Хрипунов А. И., Община Е. Н. Продуктивная влага и урожайность озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополья. *Аграрная наука*, 5, 2021, с.47-50.
3. Кулинцев В. В., Годунова Е. И., Желнакова Л. И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: Агрус. 2013. 520 с.
4. Соколенко Н. И., Комаров Н. М. Адаптивные признаки сортообразцов озимой пшеницы мировой коллекции. *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. 4 (20). С. 111-116.
5. Гладышева О. В., Свирина В. А., Артюхова О. А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусовое состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 10, 2020, с. 83-87.
6. Шеховцов Г. А., Чайкина Н. Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края. *Земледелие*. 2018. № 6. с. 21-26.
7. Менькина Е. А., Кузченко Ю. А. Эффективность возделывания озимой пшеницы по различным стержневым фоновым в агроландшафте зоны Центрального Предкавказья. *Аграрный вестник Урала*. 2019. 9 (188), с. 6-12.
8. Уланов А. К., Будажпав Л. В. Продуктивность каштановой почвы в зависимости от условий увлажнения при многолетнем воздействии севооборотов, приемов основной обработки и удобрений в сухой степи. *Земледелие*. 2019. 1. с. 15-18.
9. Антонов С. А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. 4 (66). С. 43-46.
10. Гагиев В. В., Кануков З. Т., Лазаров Т. К. и др. Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах. *Известия Горского ГАУ*. 2017. 4 (54), с. 25-31.
11. Тедеева А. А., Тедеева В. В. Агротехнические приемы повышения продуктивности перспективных сортов озимой пшеницы. *Научная жизнь*. 2020;15 (6) 106:777-784.
12. Пакудин В. З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. *Новосибирск: Наука, Сибирское отделение*, 1976. Глава 16. С. 178-189.
13. Доспехов В. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию. 2012. 352 с.

## REFERENCES

1. Petrov G. I. Influence of agro meteorological conditions on the formation of winter wheat yield in the dry-steppe zone of the Stavropol region. Izdatel'stvo «Prikumye». 1996. 342 p. (In Russian)
2. Morozov N. A., Khodjaeva N. A., Khripunov A. I., Obshchiya E. N. Productive moisture and yield of winter wheat in the dry-steppe zone of Stavropol. *Agrarian science*. 2001 (5): 47-50 (In Russian.)
3. Kulintsev V. V., Godunova E. I., Zhelnakova L. I. and others. The new generation farming system of the Stavropol Territory. *Stavropol: Agrus*. 2013. 520 p. (In Russian)
4. Sokolenko N. I., Komarov N. M. Adaptive traits of winter wheat varieties of world collection. *Tavrichesky vestnik agrarnoi nauki*. 2019;4 (20): 111-116 (In Russian).
5. Gladysheva O. V., Svirina V. A., Artyukhova O. A. The influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarnaya nauka*. 2020; 10: 83-87 (In Russian).
6. Shekhovtsov G. A., Chaikina N. N. Monitoring of soil fertility, the dynamics of the use of mineral and organic fertilizers, the balance of nutrients in the soils of the eastern part of the Stavropol Territory. *Zemledelie*. 2018;6:21-26 (In Russian).
7. Menkina E. A., Kuzchenko Y. A. Cultivation efficiency of winter wheat on different stubble backgrounds in the agro landscape zone of the Central Caucasus. *Agrarny vestnik Urala*. 2019, № 9 (188): 6-12 (In Russian).
8. Ulanov A. K., Budazhapov L. V. Productivity of chestnut soil depending on moisture conditions under long-term influence of crop rotations, methods of basic processing and fertilizers in dry steppe. *Zemledelie*. 2019; 1: 15-18 (In Russian).
9. Antonov S. A. Climate change trends and their impact on agriculture in the Stavropol Territory. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; 4 (66): 43-46. (In Russian).
10. Gagiev B. V., Kanukov Z. T., Lazarov T. K. and others. Productivity of field crop rotation depending on fertilizers on leached black earth. *Izvestiya Gorskogo GAU*. 2017;4 (54): 25-31 (In Russian).
11. Tedeeva A. A., Tedeeva B. B. Agrotechnical techniques for increasing the productivity of promising winter wheat varieties. *Scientific life*. 2020;15 (6) 106:777-784. (In Russian).
12. Pacudin V. Z. Parameters for assessing the environmental plasticity of varieties and hybrids. *Teoriya otbora v populatsiyach rasteniy. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otделение*. 1976. Chapter 16. p. 178-189. (In Russian).
13. Dospekhov V. A. Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results). M.: Kniga po trebovaniyu. 2012. 352 p. (In Russian).

## ОБ АВТОРАХ:

**Николай Александрович Морозов**  
директор Прикумской опытно-селекционной станции, филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», к.с.-х.н., 4, ул. Вавилова, г. Буденновск, Ставропольский край, 356803, Российская Федерация  
E-mail: fgupposs@mail.ru

**Нина Артёмовна Ходжаева**  
научный сотрудник отдела агроэкологии и земледелия Прикумской опытно-селекционной станции, филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 4, ул. Вавилова, г. Буденновск, Ставропольский край, 356803, Российская Федерация  
E-mail: fgupposs@mail.ru

**Александр Иванович Хрипунов**  
заведующий лабораторией агроландшафтов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», к.с.-х.н., 49, ул. Никонова, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Российская Федерация.  
E-mail: hrpunov1955@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4024-0458

**Елена Николаевна Община**  
Старший научный сотрудник лаборатории агроландшафтов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 49, ул. Никонова, г. Михайловск, Ставропольский край, 356241, Российская Федерация  
E-mail: obzia@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-5173-9057

## ABOUT THE AUTHORS:

**Nikolai Aleksandrovich Morozov**  
Director of the Prikumskaya Experimental Breeding Station, Branch»North Caucasus Federal Agrarian Research Centre», Candidate of Agricultural Sciences, 4, str. Vavilova, Budennovsk, Stavropol Territory, 356803, Russian Federation  
E-mail: fgupposs@mail.ru

**Nina Artyomovna Khodzhaeva**  
Researcher of the Department of Agro ecology and Agriculture of the Prikumskaya Experimental Breeding Station, Branch»North Caucasus Federal Agrarian Research Centre», 4, str. Vavilova, Budennovsk, Stavropol Territory, 356803, Russian Federation  
E-mail: fgupposs@mail.ru

**Alexander Ivanovich Khripunov**  
Head of the Laboratory of agrolandscapes of the»North Caucasus Federal Agrarian Research Centre», Candidate of Agricultural Sciences, 49, str. Nikonova, Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russian Federation  
E-mail: hrpunov1955@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4024-0458

**Elena Nikolayevna Obshchiya**  
senior researcher of the Laboratory of agrolandscapes of the «North Caucasus Federal Agrarian Research Centre», 49, str. Nikonova, Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russian Federation  
E-mail: obzia@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-5173-9057



Е.А. Прищепенко,  
К.Р. Гарафутдинова, ✉  
Р.П. Ибатуллина,  
А.А. Коршунов

Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение, Казань, Российская Федерация

✉ amiliamilka24@gmail.com

Поступила в редакцию:  
19.05.2022

Одобрена после рецензирования:  
15.09.2022

Принята к публикации:  
30.09.2022

Elena A. Prishchipenko,  
Kamila R. Garafutdinova,  
Rimma P. Ibatullina,  
Alexander A. Korshunov

Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science — a separate structural unit, Kazan, Russian Federation

✉ amiliamilka24@gmail.com

Received by the editorial office:  
19.05.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
15.09.2022

## Применение агрохимиката «Татфармат (марка А)» на картофеле

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** С повышением интереса сельхозтоваропроизводителей к биологическому земледелию возникает необходимость обеспечения аграриев доступными и эффективными биологическими препаратами. В нынешних реалиях, в условиях санкций, особое внимание должно уделяться отечественным производителям биопрепаратов.

**Методы.** Оценивалась эффективность применения нового микробиологического удобрения «Татфармат (марка А)» для предпосевной обработки клубней картофеля сорта Сальса отечественной селекции. Опыт проводили на серой лесной почве. Исследовались такие показатели, как урожайность картофеля, количество клубней (с 1 куста и с 1 м<sup>2</sup>), средняя масса товарных клубней (с 1 куста и с 1 м<sup>2</sup>), фракционный состав клубней (в %) и содержание в клубнях крахмала и витамина С.

**Результаты.** Выявлено положительное действие биопрепарата «Татфармат (марка А)» на количественные и качественные показатели картофеля. Урожайность в вариантах с применением микробиологического удобрения по сравнению с контролем увеличилась на 4,9–14,8%, количество клубней (с 1 м<sup>2</sup>) — на 7,8–46,9%, средняя масса товарных клубней (с 1 м<sup>2</sup>) — на 11,4–33%. Увеличилась доля семенной и продовольственной фракций клубней на 0,5–3,6% и 1,5–3,1% соответственно. Наблюдалось увеличение содержания крахмала в сухом веществе на 0,7–4,7%. Содержание витамина С в клубнях повысилось на 9–19%.

**Ключевые слова:** агрохимикат, микробиологическое удобрение, картофель, урожайность, качественные показатели урожая

**Для цитирования:** Прищепенко Е.А., Гарафутдинова К.Р., Ибатуллина Р.П., Коршунов А.А. Применение нового агрохимиката «Татфармат (марка А)» на картофеле. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 111–114. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-111-114>

© Прищепенко Е.А., Гарафутдинова К.Р., Ибатуллина Р.П., Коршунов А.А.

## Application of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on potatoes

### ABSTRACT

**Relevance.** With the increasing interest of agricultural producers in biological farming, there is a need to provide farmers with affordable and effective biological preparations. In the current realities, under the conditions of sanctions, special attention should be paid to domestic manufacturers of biological products.

**Methods.** The effectiveness of the use of a new microbiological fertilizer "Tatfarmat (marka A)" for pre-sowing treatment of potato tubers of the Salsa variety of domestic selection was evaluated. The experiment was carried out on gray forest soil. We studied such indicators as potato yield, the number of tubers (from 1 bush and from 1 m<sup>2</sup>), the average mass of marketable tubers (from 1 bush and from 1 m<sup>2</sup>), the fractional composition of tubers (in %) and the content of starch and vitamin C in tubers.

**Results.** The positive effect of the biopreparation "Tatfarmat (marka A)" on the quantitative and qualitative indicators of potatoes was revealed. The yield in the variants with the use of microbiological fertilizer increased by 4.9–14.8% compared to the control, the number of tubers (from 1 m<sup>2</sup>) — by 7.8–46.9%, the average mass of marketable tubers (from 1 m<sup>2</sup>) — by 11.4–33%. The share of seed and food fractions of tubers increased by 0.5–3.6% and 1.5–3.1%, respectively. There was an increase in the content of starch in dry matter by 0.7–4.7%. The content of vitamin C in tubers increased by 9–19%.

**Key words:** agrochemical, microbiological fertilizer, potato, productivity, crop quality indicators.

**For citation:** Prishchipenko E.A., Garafutdinova K.R., Ibatullina R.P., Korshunov A.A. Application of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on potatoes. Agrarian science. 2022; 363 (10): 111–114. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-111-114> (In Russian).

© Prishchipenko E.A., Garafutdinova K.R., Ibatullina R.P., Korshunov A.A.

## Введение/ Introduction

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из базовых продовольственных культур в Российской Федерации (РФ). РФ входит в число мировых лидеров по производству картофеля, занимая третье место по площади посадки после Китая и Индии. Однако на протяжении последнего времени в стране наблюдается уменьшение посевных площадей этой культуры — по данным Росстата, в 2010 г. площади посева картофеля составили 1,95 млн га, тогда как в 2021 г. — 1,13 млн га. Вместе с этим показатели урожайности в РФ крайне невысоки — в 2020 г. с 1 га было собрано в среднем 16,6 т/га, тогда как в Нидерландах — 46,6 т/га. Причинами получения низких урожаев служат некачественный посадочный материал, низкое естественное плодородие почв, недостаточное минеральное питание, нарушение технологии выращивания и неэффективные севообороты [1–5].

Актуальной тенденцией последних десятилетий является биологизация земледелия, предполагающая использование биопрепаратов в системах защиты и удобрения растений. Биологические средства защиты растений начали применяться в развитых странах с 90-х гг. XX в. Использование биотехнологий в земледелии позволяет увеличить показатели эффективности, а также сократить экологический ущерб от производства продукции. Значительным преимуществом биологических препаратов является их способность к избирательному поражению вредоносных организмов. Основными поставщиками биопрепаратов на мировой рынок являются США, там же отмечаются наибольший объем продаж (более 120 млн ам. долл. в год) и широкий ассортимент предоставляемой продукции. Другие крупные потребители — страны Западной Европы, интенсивное развитие направления наблюдается в странах Латинской Америки и Азии [6–9].

В России рынок биопрепаратов находится на стадии бурного роста. За период 2009–2014 гг. объем рынка в натуральном выражении увеличился в 2 раза. Основными регионами сбыта являются Краснодарский край, Ставропольский край, Воронежская область и другие регионы Черноземья [10, 11].

Расширение доли применения биологических средств защиты растений и микробиологических препаратов позволит увеличить урожайность культур и рентабельность производства, при этом значительно снизив пестицидную и химическую нагрузку на почву.

В связи с этим важной задачей становится разработка и последующая регистрация новых биологи-

ческих препаратов, а также внедрение их в систему земледелия. Одним из подобных препаратов является «Татфармат (марка А)», содержащий комплекс из групп азотфиксирующих и фосфатомобилизирующих бактерий, а также микроорганизмов биофунгицидного действия.

## Материалы и методы исследований/ Materials and methods

Регистрационные испытания проводили на опытном поле Татарского НИИСХ в с. Большие Кабаны Лаишевского района Республики Татарстан (РТ) в 2020 г. Почва опытного участка — серая лесная среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика: содержание гумуса — 3,2%, pH солевой вытяжки — 6,8 ед., гидролитическая кислотность — 0,68 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований — 23,2 мг-экв./100 г почвы, содержание щелочно-гидролизующего азота — 84,0 мг/кг, подвижного фосфора — 143,0 мг/кг и обменного калия — 107 мг/кг.

Объектами исследования стали микробиологическое удобрение «Татфармат (марка А)» производства ООО «НПИ Биопрепараты» и районированный среднеранний столовый картофель сорта Сальса селекции Татарского НИИСХ (товарная урожайность — 168–398 ц/га).

Состав микробиологического удобрения «Татфармат (марка А)»: *Rhizobium* — клубеньковые бактерии, *Arthrobacter mysorens* 7, *Flavobacterium* sp. L. 30, *Agrobacterium radiobacter* 10, *Agrobacterium radiobacter* 204, *Bacillus subtilis* *Pseudomonas chlororaphis* 2137, *Azospirillum lipoferum* 137. Титр — не менее 2,5 млрд. Препаративная форма — порошок.

Схема опыта:

1. Контроль —  $N_{60}P_{60}K_{80}$ .
2.  $N_{60}P_{60}K_{80}$  + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т.
3.  $N_{60}P_{60}K_{80}$  + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т.
4.  $N_{60}P_{60}K_{80}$  + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т.

Площадь опытных делянок составила 100 м<sup>2</sup>, площадь учетных делянок — 50 м<sup>2</sup>; повторность — четырехкратная.

Статистическая обработка данных была проведена по Б.А. Доспехову с помощью программы «Microsoft Office Excel 2016» [12].

Таблица 1. Влияние агрохимиката «Татфармат (марка А)» на урожайность картофеля сорта Сальса

Table 1. Influence of agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on the yield of Salsa potato variety

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%
1	Контроль — $N_{60}P_{60}K_{80}$	212,7	—	—
2	$N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	232,6	19,9	9,4
3	$N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	244,1	31,4	14,8
4	$N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	223,2	10,5	4,9
	HCP <sub>95</sub>	7,0	—	—

Таблица 2. Влияние агрохимиката «Татфармат (марка А)» на структуру урожая картофеля сорта Сальса

Table 2. Influence of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on the structure of the Salsa potato variety

№ п/п	Вариант	Количество клубней, шт.		Средняя масса товарных клубней, кг		% фракции по массе клубней		
		с одного куста	с 1 м <sup>2</sup>	с одного куста	с 1 м <sup>2</sup>	мелкая	семенная	продовольственная
1	Контроль — N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	6,5	32,1	0,374	1,85	6,7	46,0	47,3
2	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	7,5	34,6	0,423	2,18	2,4	48,2	50,4
3	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	9,5	46,9	0,499	2,46	1,4	49,6	49,0
4	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	8,0	39,5	0,408	2,06	4,7	46,5	48,8
	HCP <sub>95</sub>	0,6	1,9	0,008	0,09	0,52	0,91	1,09

**Результаты и обсуждение/ Results and discussion**

Урожайность культуры является основным критерием оценки эффективности различных препаратов. Применение «Татфармат (марка А)» на фоне минеральных удобрений достоверно повысило урожайность картофеля. Наибольшая прибавка урожая получена в варианте с расходом 2,0 л/т клубней — 244,1 ц/га, прибавка по отношению к контролю составила 31,4 ц/га, или 14,8% (табл. 1).

Увеличение расхода агрохимиката до 3,0 л/т клубней снизило урожайность по сравнению с другими вариантами с применением микробиологического удобрения — на 9,4 т/га (4%) по отношению к варианту с расходом 1,5 л/т клубней и на 20,9 т/га (8,6%) — к варианту с расходом агрохимиката 2,0 л/т клубней.

Оценивалось также влияние «Татфармат (марка А)» на структуру урожая картофеля. Выявлено значительное увеличение количества клубней как с одного куста, так и с 1 м<sup>2</sup> во всех опытных вариантах (табл. 2).

Средняя масса товарных клубней варьировала по вариантам опыта от 0,374 кг в контроле до 0,499 кг (вариант с расходом агрохимиката 2,0 л/т). Средняя масса клубней с 1 м<sup>2</sup> также была наивысшей в варианте с расходом препарата 2,0 л/т клубней и составила 2,46 кг, что выше контроля на 0,61 кг.

Предпосевная обработка клубней «Татфармат (марка А)» позволила увеличить долю семенной и продовольственного картофеля по отношению к контролю. В контрольном варианте доля семенного картофеля составила 46,0%, продовольственного — 47,3%. Наибольшее увеличение доли семенной фракции наблюдалось

в варианте с расходом препарата 2,0 л/т, фракции столового картофеля — при предпосевной обработке с расходом 1,5 л/т клубней.

В ходе исследований было изучено влияние предпосевной обработки «Татфармат (марка А)» на качественные показатели картофеля. Применение микробиологического удобрения незначительно повысило содержание крахмала в натуральном веществе (табл. 3).

Процентное содержание крахмала в сухом веществе клубней достоверно повысилось во всех вариантах опыта и варьировало от 58,7% (контроль) до 63,4% (расход агрохимиката 1,5 л/т).

Содержание витамина С в контрольном варианте и при применении «Татфармат (марка А)» с расходом 1,5 л/т составило 15%. Увеличение показателя наблюдалось в вариантах с расходом агрохимиката 2,0 л/т и 3,0 л/т — 24 и 34% соответственно.

**Выводы/ Conclusion**

Таким образом, предпосевная обработка клубней новым микробиологическим удобрением «Татфармат (марка А)» способствовала повышению урожайности картофеля, увеличению семенной и продовольственной фракций по сравнению с контролем и повышению качества получаемой сельскохозяйственной продукции. По совокупности исследуемых показателей наиболее эффективной оказалась предпосевная обработка клубней микробиологическим удобрением «Татфармат (марка А)» с расходом агрохимиката 2,0 л/т.

Таблица 3. Влияние агрохимиката «Татфармат (марка А)» на качество клубней

Table 3. Influence of agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on the quality of tubers

№ п/п	Вариант	Крахмал, %		Витамин С, %
		в натуральном веществе	в сухом веществе	
1	Контроль — N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	12,7	58,7	15
2	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	12,8	63,4	15
3	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	13,1	59,4	24
4	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	12,7	62,0	34
	HCP <sub>95</sub>	0,49	0,56	4,13



Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена в рамках Государственного задания № FMEG-2021-0003, регистрационный номер 121021600147-1.

## FUNDING:

The work was carried out within the framework of State Assignment No. FMEG-2021-0003, registration number 121021600147-1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Картофелеводство России: состояние и перспективы в новых условиях. Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, С.В. Жевора. Картофель и овощи. 2022; 4: 3-6. DOI 10.25630/PAV.2022.80.38.001.
2. Лобырев, И. С. Картофелеводство в России и Брянской области, современное состояние, проблемы и перспективы развития. *Вестник Брянского государственного университета*. 2012; 3-2: 46-50.
3. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб. Росстат М., 2021; 100 с. Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf) [Дата обращения 09.05.2022].
4. С. В. Жевора, Б. В. Анисимов, Е. А. Симаков [и др.] Состояние и актуальные проблемы картофелеводства в России *Агро-инновации*. 2019; 1(1): 4-14. DOI 10.35244/11-01
5. Average potato production per hectare in the Netherlands from 2012 to 2021. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/753103/average-potato-production-per-hectare-in-the-netherlands/> [Дата обращения 04.05.2022]
6. Н. Г. Захарова, З. Ю. Сираева, И. П. Демидова, С. Ю. Егоров Создание биопрепаратов, перспективных для сельского хозяйства. *Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2006. 148(2): 102-111.
7. Бизюкова, О. В. Обзор мирового рынка микробиопрепаратов. Защита и карантин растений. 2012;3: 9-12.
8. Монастырский, О. А. Биопрепараты: типы, рынки в России и в других странах. *Агрохимия*. 2019;11: 86-90. DOI 10.1134/S0002188119110085.
9. Азизбекян, Р. Р. Биологические препараты для защиты сельскохозяйственных растений (Обзор) *Биотехнология*. 2018. 34(5); 37-47. DOI 10.21519/0234-2758-2018-34-5-37-47.
10. Зыков, С. А. Биопрепараты в современной земледелии АгроФорум. 2019; 3: 21-27.
11. Обзор рынка биотехнологий в России и оценка перспектив его развития. — Frost&Sullivan. 2014. 70 с. Режим доступа: [https://media.rbcn.ru/media/reports/\\_20141020\\_Russia\\_Biotechnology\\_Market\\_fin.pdf](https://media.rbcn.ru/media/reports/_20141020_Russia_Biotechnology_Market_fin.pdf) [Дата обращения 11.05.2022].
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 351 с.

## REFERENCES

1. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevor S.V. [et al.] Potato growing in Russia: current state and prospects under new conditions. *Kartofel' i ovoshchi*. 2022; 4: 3-6 (In Russian). DOI 10.25630/PAV.2022.80.38.001.
2. Lobyrev I.S. Potato growing in Russia and the Bryansk region, a current state, problems and development prospects. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012; 3-2: 46-50 (In Russian).
3. Agriculture in Russia. 2021. Statistical compendium. *Rosstat*. M., 2021. 100 p. Available from: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf) [Accessed May 09, 2022] (In Russian)
4. Zhevor S.V., Anisimov B.V., Simakov E.A. [et al.] Status and actual problems of potato-growing in Russia. *Agro-innovacii*. 2019; 1(1): 4-14 (In Russian)]. DOI 10.35244/11-01.
5. Average potato production per hectare in the Netherlands from 2012 to 2021. Available from: <https://www.statista.com/statistics/753103/average-potato-production-per-hectare-in-the-netherlands/> [Accessed May 04, 2022].
6. Zakharova N.G., Sirayeva Z.Yu., Demidova I.P., Yegorov S.Yu. Perspective for agriculture biopreparations. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Estestvennye nauki*. 2006; 148(2): 102-111 (In Russian).
7. Bizyukova O.V. World microbiological preparations market survey. *Zashchita i karantin rastenij*. 2012;3: 9-12 (In Russian)
8. Monastyrskii O.A. Biologics: types, markets in Russia and in other countries. *Agrokhimija*. 2019;11: 86-90 (In Russian)]. DOI 10.1134/S0002188119110085.
9. Azizbekyan, R. R. Biological Preparations for Agricultural Plants Protection. *Biotechnology in Russia*. 2018. 34(5); 37-47. DOI 10.21519/0234-2758-2018-34-5-37-47.
10. Zikov S.A. Biological preparations in modern agriculture. *AgroForum*. 2019; 3: 21-27 (In Russian)
11. Overview of the biotechnology market in Russia and assessment of its development prospects. Frost&Sullivan. 2014: 70p. Available from: [https://media.rbcn.ru/media/reports/\\_20141020\\_Russia\\_Biotechnology\\_Market\\_fin.pdf](https://media.rbcn.ru/media/reports/_20141020_Russia_Biotechnology_Market_fin.pdf) [Accessed May 11, 2022] (In Russian)]
12. Dospikhov B.A. Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results. M.: Kolos. 1985. 351 p. (In Russian)

## ОБ АВТОРАХ:

### Елена Александровна Прищепенко

кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель института Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9068-3014>

### Камила Рустемовна Гарифутдинова

научный сотрудник лаборатории агрохимического и биохимического анализов Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: amiliamilka24@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6943-0779>

### Римма Петровна Ибатуллина

кандидат биологических наук, руководитель НПО «Биопрепараты». Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9888-4841>

### Коршунов Александр Андреевич

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и регуляторов роста ФГБНУ «Институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1392-4133>

## ABOUT THE AUTHORS:

### Elena Alexandrovna Prishchepenko

candidate of Agricultural Sciences, Head of the Institute Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9068-3014>

### Kamila Rustemovna Garafutdinova

researcher of the laboratory of agrochemical and biochemical analysis Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: amiliamilka24@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6943-0779>

### Rimma Petrovna Ibatullina

candidate of Biological Sciences, Head of the research and production association "Biopreparaty". Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9888-4841>

### Korshunov Alexander Andreevich

candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for testing elements of agrotechnologies, agrochemicals and growth regulators of the Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1392-4133>

А. Курьянович, ✉  
Т.Ю. Таранова,  
К.Ю. Чекмасова

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова — филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, г. Кинель, Самарская обл., Российская Федерация

✉ tatyana\_0710.88@mail.ru

Поступила в редакцию:  
12.05.2022

Одобрена после рецензирования:  
15.08.2022

Принята к публикации:  
30.09.2022

Anna A. Kuryanovich, ✉  
Tatyana Yu. Taranova,  
Kristina Yu. Chekmasova

Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov — branch of the Samara Federal Research Scientific Center of RAS, L. Kinel, Samara region, Russian Federation

✉ tatyana\_0710.88@mail.ru

Received by the editorial office:  
12.05.2022

Accepted in revised:  
15.08.2022

Accepted for publication:  
30.09.2022

# Влияние сока проростков маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) на ростовые процессы и защиту от фитопатогенов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на ранних этапах органогенеза

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Маш — новая для Средневолжского региона культура разностороннего использования обладает комплексом ценных хозяйственно-биологических свойств. При изучении семян, проростков и растений маша, как сырья для фармакологической промышленности было выявлено, что эта культура также обладает биоцидным действием на фитопатогены. Целью наших исследований изучение биологической активности сока из ростков маша на проростках яровой мягкой пшеницы для последующего создания теоретических основ разработки и использования маша в качестве стимулятора роста и защиты проростков пшеницы от фитопатогенных организмов.

**Методы.** Для получения сока брали трехдневные проростки маша сорта Салтан. В опытах использовали три сорта яровой мягкой пшеницы, созданных в Поволжском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова — Кинельская 2020, Кинельская юбилейная, Кинельская звезда.

**Результаты.** Изучили влияние сока из зеленеющих и этилированных проростков маша на фитопатогены и рост семян яровой пшеницы на ранних этапах органогенеза. Было выявлено, что у сока зеленеющих проростков наблюдается выраженная биоцидная и стимулирующая активность. Так, в испытанных вариантах образование первичных корешков превышало контроль на 15–26%, длина первичных корешков превышала контроль на 248–297% и длина ростков на 337–403%. Признаков поражения не наблюдалось во всех испытанных вариантах. У сока этилированных проростков такие активности выражены слабее. Только при концентрации клеточного сока 1% у изученных сортов пшеницы наблюдалось превышение над контролем: образование первичных корешков 6–12%, длина первичных корешков 9–27% и длина ростков 8–5%. В других вариантах этого опыта результаты были неоднозначны. Поражение фитопатогенами проявилось, но количество пораженных семян пшеницы уменьшалось по мере увеличения концентрации растворов клеточного сока.

**Ключевые слова:** проростки маша, биоцидная активность, стимулирующая рост активность, первичные корешки, ростки, фитопатогены

**Для цитирования:** Курьянович А.А., Таранова Т.Ю., Чекмасова К.Ю. Влияние сока проростков маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) на ростовые процессы и защиту от фитопатогенов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на ранних этапах органогенеза. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 115–118. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-115-118>

© Курьянович А.А., Таранова Т.Ю., Чекмасова К.Ю.

# The effect of mung bean seedlings juice (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) on growth processes and protection against phytopathogens of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) at early stages of organogenesis

## ABSTRACT

**Relevance.** Mung bean is a new culture of versatile use for the Middle Volga region; it has a complex of valuable economic and biological properties. When studying seeds, seedlings and mung bean plants as raw materials for the pharmaceutical industry, it was revealed that this culture also has a biocidal effect on phytopathogens. The purpose of our research is to study the biological activity of the juice from the sprouts of mung bean on the seedlings of spring soft wheat for the subsequent creation of theoretical foundations for the development and use of mung bean as a growth stimulant and protection of wheat seedlings from phytopathogenic organisms.

**Methods.** To obtain juice, three-day seedlings of mung bean of the Saltan variety were taken. Three varieties of spring soft wheat created at the Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov were used in the experiments — Kinskaya 2020, Kinskaya jubilee, Kinskaya Zvezda.

**Results.** The effect of juice from green and etiolated mung bean seedlings on phytopathogens and the growth of spring wheat seeds in the early stages of organogenesis was studied. It was found that the juice of green seedlings has a pronounced biocidal and stimulating activity. Thus, in the tested variants, the formation of primary roots exceeded the control by 15–26%, the length of primary roots exceeded the control by 248–297% and the length of sprouts — by 337–403%. There were no signs of damage in all tested variants. In the juice of etiolated seedlings, such activity is less pronounced. Only at a concentration of cell juice of 1% in the studied wheat varieties, an excess over the control was observed: the formation of primary roots — by 106–112%, the length of primary roots — by 109–127% and the length of sprouts 108–125%. In other versions of this experiment, the results were ambiguous. The defeat of phytopathogens manifested itself, but the number of affected wheat seeds decreased as the concentration of cell juice solutions increased.

**Key words:** mung bean seedlings, biocidal activity, growth-stimulating activity, primary roots, sprouts, phytopathogens

**For citation:** Kuryanovich A.A., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu. The effect mung bean seedlings juice (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) on growth processes and protection against phytopathogens of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) at early stages of organogenesis. Agrarian science. 2022; 363 (10): 115–118. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-115-118> (In Russian).

© Kuryanovich A.A., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu.

## Введение / Introduction

Маш (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) сельскохозяйственная культура многостороннего использования из семейства бобовых (*Fabaceae* L.). Эта испытанная культура тропического происхождения не одно тысячелетие использовалась населением стран Юго-Восточной Азии как зерновая, овощная, кормовая, техническая и лекарственная культура [1]. Широкое распространение маша ограничивалось его требованиями, к климатическим факторам [2, 3]. В настоящее время в связи с глобальным и региональным потеплением климата границы растениеводства сдвинулись к полюсам планеты. Это же является причиной изменения ассортимента сельскохозяйственных культур в земледельческих регионах [4–8].

При изучении сортообразцов бобовых культур из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр "Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова"» (ВИР), наше внимание привлекли сортообразцы маша, которые в экологических условиях Среднего Поволжья при созревании в пределах времени, благоприятного для сельскохозяйственных работ, формировали полноценные семена [9]. Эти скороспелые и среднеспелые сортообразцы стали исходным материалом для селекционной работы и интродукции новой культуры в растениеводство региона [10].

Маш — новая, недостаточно изученная культура в Средневолжском регионе. При изучении проявления корневых гнилей у растений маша в агроценозах, расположенных в селекционном севообороте Поволжского НИИСС им. П.Н. Константинова, выявили поражение корневой системы не более 0,8 балла по пятибалльной шкале [11]. В литературе также отмечается устойчивость культуры к различным факторам среды. Существуют защитные механизмы в самих растениях, обладающие прямым биоцидным действием на фитопатогены [12].

В исследованиях фитохимических веществ обсуждается использование их в качестве естественных противомикробных агентов, обычно называемых «биоцидами». Такой взгляд на метаболиты растений становится все более популярным. Было показано, что ферменты, пептиды и полифенолы, экстрагированные из маша, обладают как антимикробной, так и противогрибковой активностью [13]. Исключить из среды обитания растений фитопатогенные бактерии и споры грибов невозможно. Защита растений от вредоносных организмов производится преимущественно химическими средствами. Биологические методы защиты растений, в настоящее время, имеют очень ограниченную сферу применения, хотя экология и физиология воздействия этих методов может значительно повысить безопасность производства продуктов здорового питания в сельском хозяйстве.

Цель исследования — изучение биологической активности сока из ростков маша на проростках яровой мягкой пшеницы для последующего создания теоретических основ разработки и использования маша в качестве стимулятора роста и защиты проростков пшеницы от фитопатогенных организмов.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Для получения сока брали трехдневные проростки маша сорта Салтан, созданного в Поволжском НИИСС им. П.Н. Константинова — филиале Самарского научного центра РАН. Сорт зернового назначения, раннеспелый [14].

В опытах использовали три сорта яровой мягкой пшеницы, созданных в Поволжском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства им.

П.Н. Константинова — Кинельская 2020, Кинельская юбилейная, Кинельская звезда. Сорта лесостепного экотипа, среднеспелые, биологическая разновидность — эритроспермум (*erythrosperrum*). Сорта выведены методом сложной ступенчатой гибридизации. Данные сорта обладают комплексной устойчивостью к патогенам и высокой засухоустойчивостью, устойчивы к полеганию, осыпанию зерна и прорастанию на корню. Сорта отличаются стабильно высокой урожайностью зерна по годам [15, 16].

Для получения сока проростков маша в первом опыте проростки выращивали в растильнях при слабом естественном освещении и температуре 22–24 °С. Получали зеленеющие проростки. Повторность опыта двукратная. Во втором опыте проростки выращивали в термостате при температуре 24–26 °С. Получали этиолированные проростки. Повторность опыта трехкратная. На четвертый день проростки растирали, фильтровали и использовали для приготовления раствора сока согласно вариантам опыта.

Биометрические измерения проростков пшеницы проводили на четвертый день. Во втором опыте семена пшеницы с признаками поражения фитопатогенными организмами оценивали визуально и считали число пораженных семян. Энергию прорастания семян пшеницы определяли общепринятыми методами (ГОСТ 12038-84).

Обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [17] с использованием компьютерной программы «Office Excel» методами одно- и двухфакторного дисперсионного анализа.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

При обследовании результатов опыта по выявлению антибактериального и противогрибкового действия сока проростков маша было установлено, что проявления признаков повреждения проростков пшеницы фитопатогенами не наблюдалось ни в одном из вариантов опыта (табл. 1). При этом в вариантах с растворами сока 5%, 25%, 50% и 75%, на основе наименьшей существенной разности (НСР) и сравнении теоретического и практического значений критерия  $F$ , выявлено выраженное стимулирующее действие этих растворов сока на рост корешков и ростков. При этом стимулирующее действие растворов убывало от меньшей концентрации к большей. В варианте, когда семена пшеницы помещали в сок без разведения (вариант 100%) наблюдалось выраженное угнетающее действие на все процессы. На образование первичных корешков также наблюдалось стимулирующее действие в вариантах с разведенным

Таблица 1. Влияние сока проростков маша на ростовые процессы семян яровой мягкой пшеницы сорта Кинельская юбилейная

Table 1. The effect of the juice of mung bean seedlings on the growth processes of spring soft wheat seeds of the Kinelskaya jubilejnaya variety

Вариант	Количество первичных корешков, шт.	Длина первичных корешков, мм	Длина ростков, мм
Вода (контроль)	3,0	18,40	10,50
5,0%	3,8	69,20	52,85
25,0%	3,5	73,00	49,05
50,0%	3,6	71,05	45,40
75,0%	3,5	64,20	45,95
100,0%	2,00	8,90	3,25
НСР <sub>0,5</sub>	0,56	3,72	5,12
$F_{\text{практич.}}$	35	1560	457
$F_{\text{теоретич.}}$	5,05	5,05	5,05



Таблица 2. Влияние сока ростков маша на ростовые процессы у семян яровой пшеницы

Table 2. The effect of the juice of mung bean sprouts on the growth processes of spring wheat seeds

Вариант	Количество первичных корешков, шт.	Длина первичных корешков, мм	Длина первичных ростков, мм	Энергия прорастания, %
Кинельская 2020				
Вода (контроль)	4,23	74,00	48,33	92,67
1%	4,77	83,00	56,67	90,00
5%	4,27	67,33	55,33	90,67
10%	4,13	72,00	54,67	88,67
15%	4,00	56,67	45,33	90,00
Кинельская юбилейная				
Вода (контроль)	4,03	75,00	57,62	93,33
1%	3,93	82,00	62,33	92,00
5%	4,17	76,00	55,00	84,67
10%	4,03	71,00	49,00	89,33
15%	4,27	76,00	56,67	92,00
Кинельская звезда				
Вода (контроль)	4,20	77,00	55,67	96,67
1%	4,47	98,00	67,67	96,67
5%	4,23	78,00	69,33	94,00
10%	4,13	74,00	65,33	92,00
15%	4,33	67,00	69,33	84,00
НСР <sub>0,5</sub> A	0,16	3,77	3,22	3,41
НСР <sub>0,5</sub> B	0,12	2,92	2,49	2,64
НСР <sub>0,5</sub> AB	0,28	6,53	5,57	5,90
F <sub>факт.</sub> A	8,28	16,88	32,70	4,24
F <sub>факт.</sub> B	1,19*	7,29	6,12	0,52*
F <sub>факт.</sub> AB	3,23	14,11	9,02	3,29
F <sub>теорет.</sub> A	2,70	2,70	2,70	2,70
F <sub>теорет.</sub> B	3,33	3,33	3,33	3,33
F <sub>теорет.</sub> AB	2,28	2,28	2,28	2,28

Фактор A – концентрация сока маша; фактор B сорт яровой пшеницы;

\* – действие фактора не достоверно

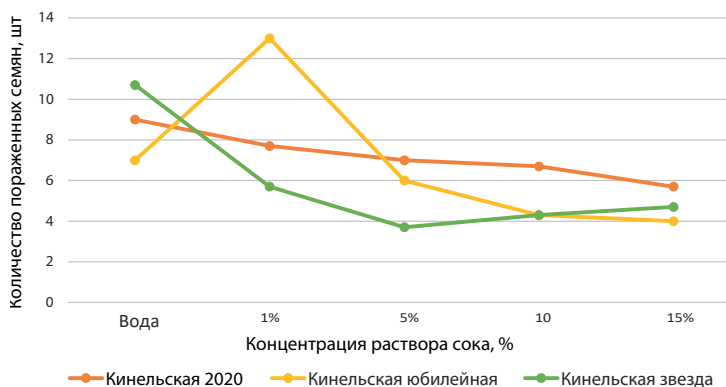
соком, однако, достоверное превышение над контролем было в варианте с разведением 25% и 50%.

Таким образом, при испытании сока проростков маша, выращенных при освещении как средства защиты от фитопатогенной флоры, было выявлено эффективное действие – полное отсутствие признаков поражения во всех вариантах с разведением сока водой. В варианте – сок маша 100% – наблюдалось угнетение ростовых процессов.

Сок проростков маша, полученный из этиолированных растений в испытанных концентрациях, похож по действию на прорастание семян пшеницы в растворах сока из зеленеющих проростков (табл. 2). Так у всех трех сортов пшеницы, без освещения и при хорошей влагообеспеченности, хорошо прослеживается рост растяжением, даже в контроле. Стимулирующее влияние на образование первичных корешков прослеживается при концентрации сока 1% у сортов Кинельская 2020

Рис. 1. Количество семян с признаками поражения

Fig. 1. Number of seeds with signs of lesion



и Кинельская звезда, а у сорта Кинельская юбилейная в варианте с концентрацией сока 15%. Во всех других вариантах у всех трех сортов этот показатель не превышает контроль.

Стимулирующее действие на рост первичных корешков выявлено у всех трех сортов в варианте с концентрацией сока 1%. В других вариантах выраженного стимулирующего действия испытанных растворов не выявлено. На длину ростков у исследуемых в опыте сортов пшеницы выявлено неоднозначное действие. Так, у сорта Кинельская 2020 стимулирующее действие на длину ростков выявлено в вариантах с концентрацией 1%, 5% и 10% сока проростков маша, а в варианте 15% длина ростка была на уровне контроля. У сорта Кинельская юбилейная стимулирующее действие на этот показатель выявлено только в варианте 1%. В варианте с концентрацией 10% размер ростков достоверно уступал по этому показателю контролю. Размер ростков в вариантах 5% и 15% – на уровне контроля. У сорта Кинельская звезда превышение размеров ростка над контролем прослеживается во всех испытываемых вариантах. При анализе данных по энергии прорастания вариантов с превышением по этому показателю контроля не выявлено у всех трех сортов пшеницы.

Результаты изучения защитного действия сока маша из этиолированных проростков представлены на рисунке 1. Испытанные концентрации сока проявили эффект защиты семян пшеницы от фитопатогенов в меньшей степени, чем в первом опыте. Проявление признаков поражения выявлено во всех вариантах опыта у трех сортов пшеницы. При этом наблюдались индивидуальные особенности сортов.

Так, у сортов Кинельская 2020 и Кинельская звезда прослеживается постепенное уменьшение проявления признаков поражения по мере нарастания концентрации клеточного сока в испытываемых растворах. У сорта Кинельская юбилейная наблюдалось резкое увеличение признаков повреждения семян в варианте с концентрацией сока 1% с последующим уменьшением проявления этого показателя. Наименьшие признаки повреждения семян пшеницы наблюдались у сорта Кинельская звезда.

## Выводы / Conclusion

Сок зеленеющих и этиолированных проростков маша стимулирует ростовые процессы пшеницы на ранних этапах органогенеза и проявляет эффект защиты проростков от фитопатогенов. Степень проявления этих свойств неодинакова. Эффективнее проявляются свойства при использовании сока, полученного из зеленеющих проростков 3-дневного возраста, выращенных при естественном освещении.

Стимулирующее действие сока на ранних этапах органогенеза в большей степени проявляется при малых концентрациях клеточного сока – 1–5%, и убывает по мере увеличения его концентрации. Сок в концентрации 100% угнетает ростовые процессы.

Усиление эффекта защиты проростков пшеницы от фитопатогенных организмов наблюдается по мере увеличения концентрации сока проростков маша.

Реакция испытанных сортов пшеницы индивидуальна. Наиболее эффективно проявление стимулирующего и защитного действия растворов сока маша наблюдалось на сорте Кинельская звезда. Неоднозначные данные действия сока наблюдались на сорте Кинельская юбилейная.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишнякова М.А., Бурляева М.О., Самсонова М.Г. и др.: Перспективы возделывания и селекции в Российской Федерации. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22 (8):957-966.
2. Вавилов Н.И. Интродукция растений в советское время и ее результаты. *Происхождение и география культурных растений*. Л., 1978; 402-418.
3. Бобылев С.Н. Влияние глобальных изменений климата на функционирование основных отраслей и здоровье населения России. *Эксперт УРСС*. М., 2001; 176 с.
4. Корчагин В.А., Горянин О.И. Тенденции изменения основных показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904-2004 годы). Самара, 2005; 76 с.
5. Elisabeth Vogel, Markus G Donat, Lisa V Alexander, Malte Meinshausen, Deepak K Ray, David Karoly, Nicolai Meinshausen, Katja Frieler. The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letters*, 2019; 14 (5): 054010 DOI: 10.1088/1748-9326/ab154b
6. Saman Armal & Reza Khanbilvardi (2019) Anomalies in the US precipitation extremes and their association with different modes of climate variability. *Hydrological Sciences Journal*, 64:13, 1605-1615, DOI: 10.1080/02626667.2019.1662026
7. Челак В.Р. Интродукция новых бобовых растений – актуальная задача биологической и сельскохозяйственной науки. *Материалы V Международного симпозиума. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. М., 2003; (2):175-177.
8. Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Дёмина Е.А. Специфическая реакция сортов яровой мягкой пшеницы на погодные условия. *Вестник КРАСГАУ*. 2020; (9):61-68.
9. Вишнякова М.А., Булытцев С.В., Бурляева М.О. и др. Исходный материал для селекции овощных зернобобовых культур в коллекции ВИР. *Овощи России*. 2013; (1):16-26.
10. Курьянович А.А. Формирование селекционного материала маша (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczk) для создания сортов, адаптированных к погодноклиматическим условиям Среднего Поволжья. *Известия Самарского научного центра РАН*. Самара, 2019; 21 (6):122-124.
11. Курьянович А.А., Кинчарова М.Н., Титова И.А. Протравливание семян маша (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczk) как элемент агротехнологии при интродукции культуры в Среднем Поволжье. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021; (2):35-38.
12. Тюттерев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойкости растений. С-Пб. 2002; 328 с.
13. Dongyang Tang, Yinmao Dong, Kankun Ren, Li Li & Congfei He A review of phytochemistry, metabolic changes and medicinal use of common edible mash and its sprouts (*Vigna radiata*). *Central Journal of Chemistry*, 2014; (4).
14. Курьянович А.А. Результаты интродукции маша (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczk) за 2013-2020 годы в Среднем Поволжье. *Известия Самарского научного центра РАН. Сельскохозяйственные науки*. 2022; 1 (1):46-51.
15. Дёмина Е.А., Кинчаров А.И., Третьякова С.В., Чекмасова К.Ю. Кинельская юбилейная – новый сорт яровой мягкой пшеницы для условий Средневолжского и Уральского регионов. *АгроЭкоИнфо*. 2018; (4). [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATY/2018/4/st\\_451.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATY/2018/4/st_451.doc).
16. Дёмина Е.А., Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю. и др. Перспективный сорт пшеницы мягкой яровой Кинельская 2020. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 35 (7):29-34.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Альянс, 2014; 351 с.

## ОБ АВТОРАХ:

**Анна Антоновна Курьянович,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции, селекции кормовых и масличных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова, ул. Шоссейная, 76, п.г.т.Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., 446442, Российская Федерация

E-mail: kuryanovich\_52@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2673-7647>

**Татьяна Юрьевна Таранова,**

младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова, ул. Шоссейная, 76, п.г.т.Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., 446442, Российская Федерация

E-mail: tatyana\_0710.88@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3090-8549>

**Кристина Юрьевна Чекмасова,**

младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова, ул. Шоссейная, 76, п.г.т.Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., 446442, Российская Федерация

E-mail: kristina.chekmasova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2156-2075>

## REFERENCES

1. Vishnyakova M.A., Burlyayeva M.O., Samsonova M.G. et al.: Prospects of cultivation and breeding in the Russian Federation. *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22 (8):957-966. (In Russian)
2. Vavilov N.I. Introduction of plants in Soviet times and its results. *Origin and geography of cultivated plants*. L., 1978; 402-418. (In Russian)
3. Bobylev S.N. The impact of global climate change on the functioning of the main industries and the health of the population of Russia. *Editorial URSS*. M., 2001; 176 p. (In Russian)
4. Korchagin V.A., Goryanin O.I. Trends in the main indicators of weather conditions in the Middle Volga region over the past 100 years (1904-2004). Samara, 2005; 76 p. (In Russian)
5. Elisabeth Vogel, Markus G Donat, Lisa V Alexander, Malte Meinshausen, Deepak K Ray, David Karoly, Nicolai Meinshausen, Katja Frieler. The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letters*, 2019. 14 (5): 054010 DOI: 10.1088/1748-9326/ab154b
6. Saman Armal & Reza Khanbilvardi (2019) Anomalies in the US precipitation extremes and their association with different modes of climate variability. *Hydrological Sciences Journal*, 64:13, 1605-1615, DOI: 10.1080/02626667.2019.1662026
7. Chelak V.R. Introduction of new legumes – an urgent task of biological and agricultural science. *Proceedings of the V International Symposium. New and unconventional plants and prospects for their use*. M., 2003; (2):175-177. (In Russian)
8. Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Demina E.A. Specific reaction of spring soft wheat varieties to weather conditions. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; (9):61-68. (In Russian)
9. Vishnyakova M.A., Bulytsev S.V., Burlyayeva M.O., etc. Source material for the selection of vegetable leguminous crops in the VIR collection. *Vegetables of Russia*. 2013; (1):16-26. (In Russian)
10. Kuryanovich A.A. Formation of breeding material Masha (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczk) for the creation of varieties adapted to the weather and climatic conditions of the Middle Volga region. *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. Samara, 2019; 21 (6):122-124. (In Russian)
11. Kuryanovich A.A., Kincharova M.N., Titova I.A. Etching of masha seeds (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczk) as an element of agrotechnology during the introduction of culture in the Middle Volga region. *Russian Agricultural Science*. 2021; (2):35-38. (In Russian)
12. Tyuterev S.L. Scientific foundations of induced plant disease resistance. P-Pb. 2002; 328 p. (In Russian)
13. Dongyang Tang, Yinmao Dong, Kankun Ren, Li Li & Congfei He A review of phytochemistry, metabolic changes and medicinal use of common edible mash and its sprouts (*Vigna radiata*). *Central Journal of Chemistry*, 2014; (4).
14. Kuryanovich A.A. The results of the introduction of Masha (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczk) for 2013-2020 in the Middle Volga region. *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural sciences*. 2022; 1 (1):46-51. (In Russian)
15. Demina E.A., Kincharov A.I., Tret'yakova S.V., Chekmasova K.Yu. Kinelskaya jubilee – a new variety of spring soft wheat for the conditions of the Middle Volga and Ural regions. *AgroEcoInfo*. 2018; (4). [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATY/2018/4/st\\_451.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATY/2018/4/st_451.doc).
16. Demina E.A., Kincharov A.I., Taranova T.Yu. et al. A promising variety of soft spring wheat Kinelskaya 2020. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2021; 35 (7):29-34. (In Russian)
17. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed., supplement and reprint M.: Alliance, 2014; 351 p. (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

**Anna Antonovna Kuryanovich,**

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the laboratory of Introduction, breeding of fodder and oilseeds, Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov, 76 Shosseynaya st., Ust-Kinelsky, Kinel, Samara region, 446442, Russian Federation

E-mail: kuryanovich\_52@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2673-7647>

**Tatiana Yuryevna Taranova,**

Junior Researcher at the laboratory of breeding and seed production of spring wheat, Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov, 76 Shosseynaya st., Ust-Kinelsky, Kinel, Samara region, 446442, Russian Federation

E-mail: tatyana\_0710.88@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3090-8549>

**Kristina Yuryevna Chekmasova,**

Junior Researcher at the laboratory of breeding and Seed Production of spring soft wheat, Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov, 76 Shosseynaya st., Ust-Kinelsky, Kinel, Samara region, 446442, Russian Federation

E-mail: kristina.chekmasova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2156-2075>

УДК 664.87

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-119-123

С.У. Еркебаева,  
А.У. Шингисов, ✉  
Р.С. Алибеков,  
Э.А. Габрильянц

Южно-Казахстанский университет  
М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

✉ erkebaevasu@mail.ru

Поступила в редакцию:

02.09.2022

Одобрена после рецензирования:

20.09.2022

Принята к публикации:

10.10.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-119-123

Saparkul U. Yerkebayeva,  
Azret U. Shingisov, ✉  
Ravshanbek S. Alibekov,  
Eleonora A. Gabrilyants

M. Auezov South Kazakhstan  
University, Shymkent, Kazakhstan

✉ alibekovra@mail.ru

Received by the editorial office:

02.09.2022

Accepted in revised:

20.09.2022

Accepted for publication:

10.10.2022

## Перспективность использования яблок и груш для получения биологически активных веществ

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Яблоки и яблочные соки являются продуктами здорового питания с большим количеством биологически активных веществ. Полифенолы, содержащиеся в них, являются мощными природными антиоксидантами. Они предупреждают развитие многих хронических заболеваний сердца и имеют много фармакологических свойств. Так, полифенолы увеличивают сопротивление кровеносных сосудов, улучшают кровообращение, оберегают волокна эластина и коллагена, служат фундаментальными элементами, поддерживающими ткани кожи. В яблоках содержатся такие практически ценные вещества, как пектины. При этом в свежих яблоках протопектин преобладает над растворимым пектином и составляет 52,3–97,0% от общего количества.

**Методы.** Объектами исследования служили плоды сортов яблок: Восход, Талгарское Байтерек, Саркыт и Сая, а также сортов груш: Бостандык, Нагима, Сыйлык, Жаздык. Плоды яблок и груш собирались с сентября до середины октября 2021 г. в Сарыагашском районе Туркестанской области, в крестьянском хозяйстве «Тенге». Экспериментальные данные были получены в лаборатории ЮКУ им. М. Ауэзова. На первом этапе исследования, качество яблок, определялось в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54697–2011. На втором этапе определяли физико-химические показатели по стандартным методикам. Содержание растворимых сухих веществ определяли рефрактометрическим методом с помощью рефрактометра, при окружающей температуре  $20 \pm 0,5$  °C. По показателю преломления определяли массовую долю сухих веществ. Сумму сахаров — по методу Бертрана.

**Результат.** Исследованиями установлено, что плоды всех изученных сортов яблок и груш, выращиваемых в Казахстане, по органолептическим и физико-химическим показателям демонстрируют высокое содержание химических веществ и фенольных соединений, но наиболее ценными источниками биологически активных веществ были яблоки сорта Байтерек и груши сорта Жаздык.

**Ключевые слова:** сухие вещества, фенольные соединения, флавоноиды, биологически активные вещества, плодовые культуры, груши, яблоки

**Для цитирования:** Еркебаева С.У., Шингисов А.У., Алибеков Р.С., Габрильянц Э.А. Перспективность использования яблок и груш для получения биологически активных веществ. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 119–123. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-119-123>

© Еркебаева С.У., Шингисов А.У., Алибеков Р.С., Габрильянц Э.А.

## The prospects of using apples and pears to obtain biologically active substances

### ABSTRACT

**Relevance.** Apples and apple juices are healthy food products with a large amount of biologically active substances. The polyphenols contained in them are powerful natural antioxidants. They prevent the development of many chronic heart diseases and have many pharmacological properties. Thus, polyphenols increase the resistance of blood vessels, improve blood circulation, protect elastin and collagen fibers, and serve as fundamental elements supporting skin tissues. Apples contain such practically valuable substances as pectins. At the same time, in fresh apples, protopectin prevails over soluble pectin and makes up 52.3–97.0% of the total amount.

**Methods.** The objects of the study were the fruits of apple varieties: Voskhod, Talgar Bayterek, Sarkyt and Saya, as well as pear varieties: Bostandyk, Nagima, Sylyk, Zhazdyk. The fruits of apples and pears were harvested from September to mid-October 2021 in Saryagash district, in the farm "Tenge". Experimental data were obtained in the laboratory of the South-Kazakhstan University named after M. Auezov. At the first stage of the study, the quality of apples was determined in accordance with the requirements of GOST R 54697–2011. At the second stage, physico-chemical parameters were determined according to standard methods. The content of soluble solids was determined by the refractometric method using a refractometer, at ambient temperature  $20 \pm 0.5$  °C. The mass fraction of dry substances was determined by the refractive index. The sum of sugars — according to the Bertrand method.

**Result.** Studies have established that the fruits of all studied varieties of apples and pears grown in Kazakhstan, according to organoleptic and physico-chemical indicators, contain high levels of chemicals and phenolic compounds, but the most valuable source of biologically active substances were apples of variety Bayterek and pears of variety Zhazdyk.

**Key words:** dry substances; phenolic compounds; flavonoids; biologically active substances; fruit crops; pears; apples

**For citation:** Yerkebayeva S.U., Shingisov A.U., Alibekov R.S., Gabrilyants E.A. The prospects of using apples and pears to obtain biologically active substances. Agrarian science. 2022; 363 (10): 119–123. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-119-123> (In Russian).

© Yerkebayeva S.U., Shingisov A.U., Alibekov R.S., Gabrilyants E.A.



## Введение / Introduction

Недостаток антиоксидантных веществ и избыток свободных радикалов в организме часто являются причиной снижения иммунитета, склонности к преждевременному старению, роста заболеваемости среди населения.

Свободные радикалы в организме человека образуются как побочные продукты ферментативных и неферментативных окислительно-восстановительных реакций, протекающих в живых системах. М.Ю. Акимов в своей статье описывает антиоксидантную активность фенольных соединений, предотвращающих развитие дегенеративных заболеваний. В настоящее время, состав антиоксидантных соединений в плодовых культурах находится на стадии изучения. В частности, целесообразным является изучение накопления Р-активных полифенолов в плодах, поскольку они несут не только профилактическое или лечебное действие на человека, но и обладают хорошими вкусовыми характеристиками. Согласно статье, плоды с высоким содержанием полифенолов и достаточным количеством витамина С в составе, обладают наибольшей ценностью для организма человека и животных [1].

В организме человека существует защитная антиоксидантная система (АОС), которая противостоит повреждающему эффекту процесса свободно радикального окисления и накоплению перекисных радикалов [2]. В случае, если антиоксидантная система человека не справляется с нейтрализацией увеличивающегося количества свободных радикалов, возникает так называемый «окислительный стресс», способствующий старению организма и развитию патологий.

Известно, что полифенольные вещества, обладающие выраженными антиоксидантными свойствами, не образуются в организме человека и животных, они поступают в них из растительных источников. Благодаря высокой биологической активности фенольные соединения оказывают противовоспалительное, антивирусное, антиканцерогенное, кардиопротекторное действия [3], а также способствуют физиологической активности и низкому уровню накопления токсинов в организме; растительные полифенолы имеют перспективы широкого применения в медицине и фармацевтике.

При проведении исследования химического состава и антиоксидантной активности яблок в период хранения в течении 180 суток было выявлено, что хранение яблок в течение 30 дней приводит к увеличению содержания фенолов, флавоноидов, повышению антиоксидантной активности, при хранении до 90 дней увеличивался сахарокислотный индекс. [5].

Целью исследования является изучение содержания биологически активных веществ в плодах некоторых сортов плодовых культур казахстанской селекции.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Объектами исследования служили плоды сортов яблок: Восход, Талгарское Байтерек, Саркыт и Сая, а также сорта груш: Бостандык, Нагима, Сыйлык, Жаздык. Плоды яблок и груш собирались с сентября до середины октября 2021 г. в Сарыагашском районе Туркестанской области, в крестьянском хозяйстве «Тенге». Экспериментальные данные были получены в лаборатории Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова.

На первом этапе исследования качество яблок определялось в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54697–2011 «Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговой сети».

На втором этапе определяли физико-химические показатели по стандартным методикам [4].

Содержание растворимых сухих веществ определяли рефрактометрическим методом с помощью рефрактометра, при окружающей температуре  $20 \pm 0,5$  °С. 2–3 капли пробы продукта равномерно помещали на нижнюю призму рефрактометра, после чего накрывали нижнюю призму верхней призмой. По показателю преломления определяли массовую долю сухих веществ (ГОСТ 29031–91)

Сумму сахаров определяли по методу Бертрона. Метод основан на окислении редуцирующих веществ (моносахаридов) щелочным раствором двухвалентной меди. Для окисления применяли реактив Фелинга [6].

Титруемая кислотность определялась методом потенциометрического титрования. Определяли титрованием 0,1 н. NaOH с пересчетом на яблочную кислоту [6].

Содержание витамина С (аскорбиновая кислота) — определяли методом визуального титрования. В колбу вместимостью 50 или 100 см<sup>3</sup> пипеткой вносили от 1 до 10 см<sup>3</sup> экстракта, доводили объем водой до 10 см<sup>3</sup> и титровали раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до появления слабозеленой окраски, не исчезающей в течение 15–20 с [7].

Расчет содержания аскорбиновой кислоты (%) в 100 г продукта производился по формуле:

$$X = V_1 TV_3 \times 100 / V_4 m \quad (1)$$

где  $V_1$  — объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, израсходованный на титрование экстракта пробы, см<sup>3</sup>;

$T$  — титр раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, г/см<sup>3</sup>;

$V_3$  — объем экстракта, полученный при экстрагировании витамина С из навески продукта, см<sup>3</sup>;

$V_4$  — объем экстракта, используемый для титрования, см<sup>3</sup>;

$m$  — масса навески продукта, г [8].

Сумма фенольных соединений в экстрактах яблок определялась колориметрическим методом с использованием реактива Фолина — Дениса, основанном на окислении фенольных соединений в исследуемых образцах в среде насыщенного карбоната натрия. Реакция проходит при температуре 22–25 °С. Спустя 52 мин определяли коэффициент пропускания при длине волны 765 нм. С использованием калибровочной кривой определяли общее содержание фенольных веществ. В качестве стандарта использовали галловую кислоту [9].

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Внешний вид, вкус, степень зрелости и другие характеристики являются важными факторами качества яблок и груш. Органолептические показатели изучались в лаборатории ЮКУ им. М. Ауэзова, результаты показали полное соответствие ГОСТ Р 54697–2011.

В ходе исследования были определены основные физико-химические вещества в плодах. Содержание сухих веществ в плодах является важным показателем для определения качества хранения, а также важным признаком свежести любого пищевого продукта. Яблоки являются богатым источником сахаров. Сахароза, глюкоза, фруктоза и сорбит — одни из составляющих химического состава. Титруемая кислотность плодов также является важным параметром при определении зрелости плодов и ключевым фактором, определяющим вкус плодов.

Результаты исследований физико-химических показателей приведены на рисунках 1–5.

Установлено, что максимальное количество сухих веществ содержится в плодах яблок сорта Байтерек, при этом у этого сорта наблюдается и повышенная кислотность 9,3 г/дм<sup>3</sup>, подтверждаемая высоким содержанием Витамина С (21 мг/100 см<sup>3</sup>).

Аскорбиновая кислота, содержащаяся в образцах яблок, обладает сильными антиоксидантными свойствами [10]. Исследуемые сорта яблок являются источниками витамина С: от 12,5 до 21 мг/100 см<sup>3</sup>. Наибольшее количество витамина С содержится в яблоках сорта Байтерек. Наименьшее — в яблоках сорта Восход.

Суммы сахаров в яблоках сортов Восход, Талгарское, Сая отличаются незначительно — от 17,0% до 17,9%; в сорте Саркыт — 18,1%, Байтерек — 18,5%. Сахарокислотный индекс составил от 17% (у сортов Восход, Талгарское) до 20% (у сорта Байтерек), и 19% у сортов (Сая и Саркыт).

Нами также проведены исследования по изучению содержания полифенольных соединений в плодах яблок Казахстанской селекции (Рис. 2).

Приведенные данные свидетельствуют что суммы фенольных соединений значительно отличается. Так, у сорта Восход сумма данных веществ меньше — 781 мг/дм<sup>3</sup>, у сорта Талгарское — 786 мг/дм<sup>3</sup>, Сая — 796 мг/дм<sup>3</sup>, Саркыт — 803 мг/дм<sup>3</sup> и Байтерек — 805 мг/дм<sup>3</sup>. Также были изучены физико-химические показатели плодов груш Казахстанской селекции (рис 3).

Среди исследованных сортов груш показатель содержания сухих веществ в плодах колеблется незначительно — от 26,1% до 26,8%, а наибольшим значением отличается сорт Жаздык — 27%.

По сумме сахаров сорт груш Жаздык превосходит на 13% сорт Бостандык, и на 11% и 8% — сорта Нагима и Сыйлык соответственно. Титруемая кислотность варьируется от 1,1 до 1,28 г/дм<sup>3</sup>.

Исследованием содержания полифенольных соединений установлено, что в плодах сорта груши Сайлык этих соединений

Рис. 1. Физико-химические показатели плодов яблок различных сортов

Fig. 1. Physics-chemical parameters of various varieties of apples

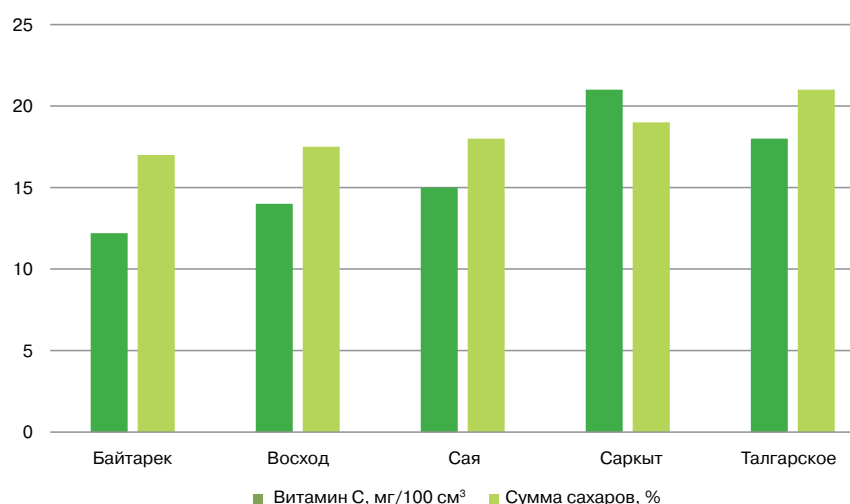


Рис. 2. Сумма фенольных соединений, мг/дм<sup>3</sup>, в разных сортах яблок

Fig. 2. The sum of phenolic compounds, mg/dm<sup>3</sup>, of different varieties of apples

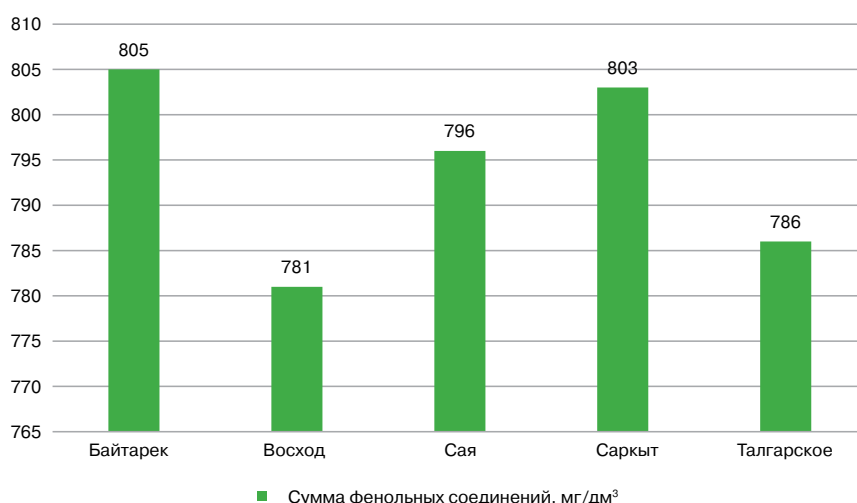
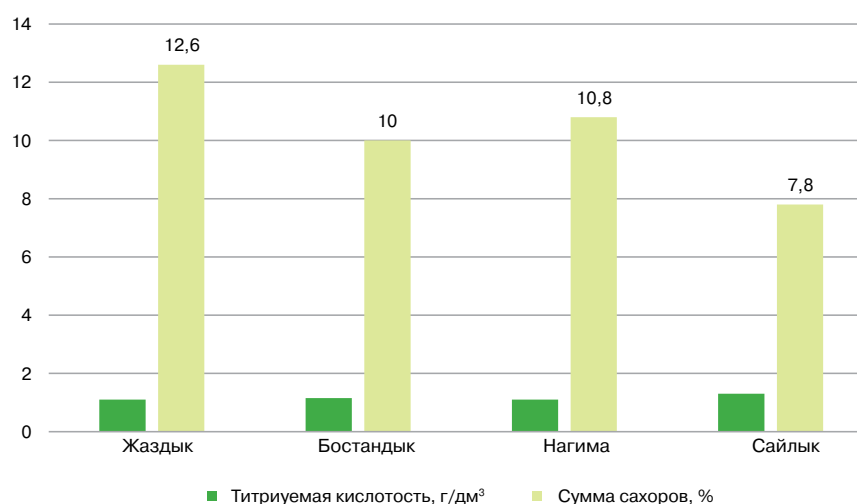


Рис. 3. Физико-химические показатели плодов груш Казахстанской селекции

Fig. 3. Physico-chemical indicators of the fruits of pears of Kazakhstan selection



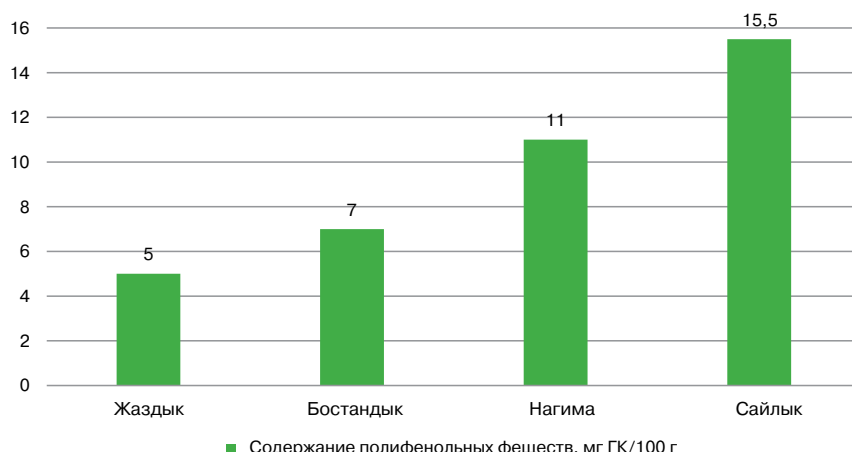
на 5,1% больше, чем в Нагима, на 10,77% больше, чем в Бостандык, а в плодах сорта Жаздык содержание фенольных веществ на 15,89% меньше.

Анализ рисунка 5 показывает, что среди исследованных сортов груш по содержанию флавоноидов преобладает Сайлык, затем Жаздык, далее Нагима и Бостандык. Например, в составе сорта Сайлык флавоноидов на 9,61% больше чем в сорте Жаздык, и на 27% больше, чем в сорте Бостандык.

Согласно исследованиям [9], содержание РСВ в условиях средней полосы России изменяется от 10,7% до 18,4%. Сахара (фруктоза, глюкоза, сахароза), находящиеся в плодах, легко усваиваются организмом человека. По содержанию сахаров в плодах выделился сорт Желанное (12,6%, что превосходит контрольный сорт Мелба). У сортов Орловим, Раннее алое содержание сахаров в плодах на уровне Мелбы и Панировки. Витамины в плодах сортов яблок представлены в основном аскорбиновой кислотой (АК) и Р-активными веществами. В плодах летнего срока созревания в среднем содержится 6,5 мг/100 г АК, с колебаниями от 3,8 мг/100 г у сорта Желанное (существенно ниже контроля Папировка) до 6,5 мг/100 г у сорта Раннее алое (на уровне Папировки). Из сортов летнего срока созревания наибольшее количество Р-активных веществ имеют сорта Желанное (катехинов — 156,1 мг/100 г, лейкоантоцианов — 245,3 мг/100 г) и Раннее алое (152,7 и 268,5 мг/100 г соответственно). Летние сорта яблок по содержанию аскорбиновой кислоты и Р-активных веществ обладают наибольшей изменчивостью признака ( $V = 21,5\%$  и  $38,6\%$  соответственно) [9]. В сравнении с вышеописанным, сорта яблок и груш, выращиваемых в Казахстане, по органолептическим и физико-химическим признакам демонстрируют высокое содержание химических веществ и фенольных соединений.

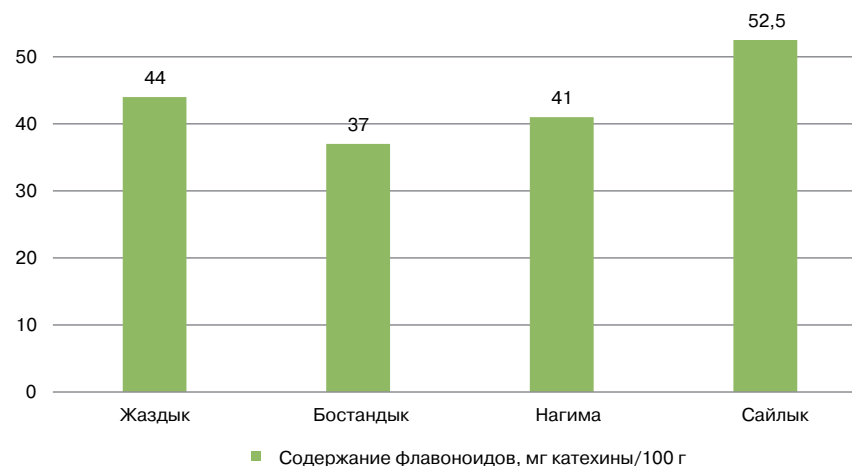
**Рис. 4.** Содержание полифенольных веществ в плодах сортов груш, мг ГК/100г исходного вещества

**Fig. 4.** The content of polyphenolic substances in the fruits of pears varieties, mg GC/100g of the starting substance



**Рис. 5.** Содержание флавоноидов в плодах сортов груш, мг катехины/100 г исходного вещества

**Fig. 5.** The content of flavonoids in the fruits of pears varieties, mg of catechins/100 g of the starting substance



### Выводы / Conclusion

Таким образом, плоды всех изученных сортов яблок и груш, выращиваемых в Казахстане, по органолептическим и физико-химическим показателям демонстрируют высокое содержание химических веществ и фенольных соединений, но наиболее ценным источником биологически активных веществ являются яблоки сорта Байтерек и груши сорта Жаздык.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Авторы выражают признательность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии переработки перспективных сортов плодовых, ягодных культур и винограда отечественной селекции с целью получения биологически активных веществ и плодово-ягодных порошков для использования в пищевой промышленности» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977).

### FUNDING:

The authors express their gratitude for the financial support of the project «Development of technology for processing promising varieties of fruit, berry crops and grapes of domestic selection in order to obtain biologically active substances and fruit and berry powders for use in the food industry» within the framework of program-targeted financing of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (BR10764977).



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Акимов М.Ю., Васильевна Л.И., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Плоды земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор). *Химия растительного сырья*. 2020; 1: 5-18. DOI: 10.14258/jcpim.2020015511
- Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., Simal-Gándara J. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. *Food Chemistry*. 2018; 248: 155-165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.105.
- Olas B. Berry Phenolic Antioxidants — Implications for Human Health? *Frontiers in Pharmacology*. 2018; 9 (78): 1-14. DOI: 10.3389/fphar.2018.00078.
- Шелковская Н.К., Дейслинг Д.И., Михайлова О.Ю. Разработка рецептур плодово-овощных соусов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами. *Ползуновский вестник*. 2021; 3: 35-41. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005
- Акимов М.Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания. *Вопросы питания*. 2020; 4: 244-254. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057
- Перова И.Б., Рылина Е.В., Эллер К.И., Акимов М.Ю. Исследование полифенольного комплекса и иридоидных гликозидов в различных сортах плодов жимолости съедобной *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn. *Вопросы питания*. 2019; 6: 88-89. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10069
- Gudkovskii V.A., Kozhina L.V., Akimov M.Y., Zhidekhina T.V. Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticult.* 2020; 1277: 487-493. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.69
- Nakilcio Glu-Ta E, Otle S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2020; 92:2. DOI: <http://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328>
- Гусакова Г.С., Чеснокова А.Н., Кузьмин А.В. Физико-химические показатели и состав фенольных соединений сока из яблок, культивируемых в Прибайкалье. *Химия растительного сырья*. 2018; 2: 97-104. DOI: 10.14258/jcpim.2018023294
- Агеева Н.М., Прах А.В., Ширшова А.А., Аванесьянц Р.В. Совершенствование технологии производства и стабилизации фруктовых вин. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2019; 55 (1): 131-143. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-131-143
- Атаханов Ш., Дадамирзаев М., Акрамбоев Р. Разработка технологии полуфабрикатов соусов-паст из плодов и овощей для предприятий общественного питания. *Lambert Akademik Publishing*. 2020; 108.
- Атаханов Ш.Н., Нишанов У.Р., Акрамбоев Р.А., Абдуразакова М.Н. Химический состав и энергетические ценности полуфабрикатов фруктовых соусов. *Universum: технические науки*. 2019; 6: 64-66. eLIBRARY ID: 38558554. EDN: OOAHAZ.

## ОБ АВТОРАХ:

**Сапаркуль Умиртаевна Еркебаева**

Кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>

**Азрет Утебаевич Шингисов**

доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>

**Равшанбек Султанбекович Алибеков**

кандидат химических наук, профессор кафедры «Пищевая инженерия»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>

**Элеонора Арутюновна Габрильянц**

PhD докторант  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>

## REFERENCES

- Akimov M.Yu., Vasilyevna L.I., Zhdanova E.V., Lyzhin A.S. Fruits of strawberry garden (*Fragaria × ananassa* Duch.) as a valuable source of food and biologically active substances (review). *Chemistry of plant raw materials*. 2020; 1: 5-18. DOI: 10.14258/jcpim.2020015511 (In Russian)
- Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., Simal-Gándara J. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. *Food Chemistry*. 2018; 248: 155-165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.105.
- Olas B. Berry Phenolic Antioxidants — Implications for Human Health? *Frontiers in Pharmacology*. 2018; 9 (78): 1-14. DOI: 10.3389/fphar.2018.00078.
- Shelkovskaya N.K., Deisling D.I., Mikhailova O.Yu. Development of recipes for fruit and vegetable sauces enriched with spicy-aromatic ingredients. *Polzunovskiy Bulletin*. 2021; 3: 35-41. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005 (In Russian)
- Akimov M.Yu. New selection and technological criteria for evaluating fruit and berry products for the industry of healthy and dietary nutrition. *Nutrition issues*. 2020; 4: 244-254. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057 (In Russian)
- Perova I.B., Rylyina E.V., Eller K.I., Akimov M.Yu. Investigation of polyphenolic complex and iridoid glycosides in various varieties of edible honeysuckle fruits *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn. *Nutrition issues*. 2019; 6: 88-89. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10069 (In Russian)
- Gudkovskii V.A., Kozhina L.V., Akimov M.Y., Zhidekhina T.V. Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticult.* 2020; 1277: 487-493. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.69
- Nakilcio Glu-Ta E, Otle S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2020; 92:2. DOI: <http://doi.org/10.1590/0001-37652020190328>
- Gusakova G.S., Chesnokova A.N., Kuzmin A.V. Physico-chemical parameters and composition of phenolic compounds of juice from apples cultivated in the Baikal region. *Chemistry of plant raw materials*. 2018; 2: 97-104. DOI: 10.14258/jcpim.2018023294 (In Russian)
- Ageeva N.M., Prakh A.V., Shirshova A.A., Avanesyants R.V. Improving the technology of production and stabilization of fruit wines. *Fruit growing and viticulture in the South of Russia*. 2019; 55 (1): 131-143. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-131-143 (In Russian)
- Atakhanov Sh., Dadamirzaev M., Akramboev R. Development of technology of semi-finished sauces-pastes from fruits and vegetables for catering enterprises. *Lambert Akademik Publishing*. 2020; 108. (In Russian)
- Atakhanov Sh.N., Nishanov U.R., Akramboev R.A., Abdurazakova M.N. Chemical composition and energy values of semi-finished fruit sauces. *Universum: Technical sciences*. 2019; 6: 64-66. eLIBRARY ID: 38558554. EDN: OOAHAZ. (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

**Saparkul Umirtaevna Yerkebayeva**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department «Technology and Food Safety»  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>

**Azret Utabaevich Shingisov**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology and Safety of food products»,  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>

**Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov**

Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Food Engineering  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>

**Eleonora Arutunovna Gabrielyants**

PhD doctoral student  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>

Э.У. Майлыбаева,  
С.У. Еркебаева,  
У.У. Тастемирова,  
Р.С. Алибеков, ✉  
А.У. Шингисов

Южно-Казахстанский университет  
М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

✉ alibekovra@mail.ru

Поступила в редакцию:  
15.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
20.09.2022

Принята к публикации:  
10.10.2022

## Содержание флавоноидов в различных сортах груш казахстанской селекции

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Фрукты и овощи являются отличным источником веществ, обладающих антиоксидантными и полезными для здоровья свойствами. К таким веществам относятся полифенолы, каротиноиды и тритерпеноиды. Фенольные соединения обладают сильными антиоксидантными, противовоспалительными, противовирусными и антиканцерогенными свойствами. Груша является основной плодовой культурой регионов с умеренным климатом с растущими масштабами культивирования. Флавоноиды груши способствуют окраске плодов, защите от патогенов и являются полезными для здоровья ингредиентами плодов. Цель исследований — провести анализ содержания флавоноидов в грушах казахстанской селекции.

**Методы.** Казахстанскими учеными выведены новые сорта груш: Бостандык, Нагима, Сыйлык и Жаздык, отличающиеся размерами, сроками выращивания и органолептическими показателями. Методы, используемые в исследовании, следующие: исследование содержания сухих веществ, определение титруемой кислотности, общего количества сахаров, сахаро-кислотного индекса, содержания аскорбиновой кислоты (витамина С), общего содержания фенольных соединений, общего содержания флавоноидов.

**Результаты.** Наилучшие показатели плоды груш демонстрируют по сахарокислотному индексу, содержанию аскорбиновой кислоты (витамина С), общему содержанию фенолов и общему содержанию флавоноидов. Экстракты груш сортов Сыйлык и Жаздык имеют наибольшую ценность по биологически активным веществам и могут быть рекомендованы для разработки технологии получения концентратов и обогащения составов пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** груша, антиоксиданты, биологически активные вещества, свободные радикалы, фенолы, флавоноиды

**Для цитирования:** Майлыбаева Э.У., Еркебаева С.У., Тастемирова У.У., Алибеков Р.С., Шингисов А.У., Содержание флавоноидов в различных сортах груш казахстанской селекции. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 124-127. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-124-127> (In English).

© Майлыбаева Э.У., Еркебаева С.У., Тастемирова У.У., Алибеков Р.С., Шингисов А.У.

Elvira U. Mailybayeva,  
Saparkul U. Yerkebayeva,  
Ukilim U. Tastemirova,  
Ravshanbek S. Alibekov, ✉  
Azret U. Shingisov

M. Auezov South Kazakhstan University,  
Shymkent, Kazakhstan

✉ alibekovra@mail.ru

Received by the editorial office:  
15.08.2022

Accepted in revised:  
20.09.2022

10.10.2022

## The content of flavonoids in various varieties of pears of Kazakhstan selection

### ABSTRACT

**Relevance.** Fruits and vegetables are an excellent source of substances with antioxidant and healthy properties. Such substances include polyphenols, carotenoids and triterpenoids. Phenolic compounds have strong antioxidant, anti-inflammatory, antiviral and anti-carcinogenic properties. Pear is the main fruit crop of regions with mild climate and have growing cultivation scales. Pear flavonoids contribute to the coloring of fruits, protect them against pathogens and are healthy ingredients of fruits.

The purpose of the research is to analyze the content of flavonoids in pears of Kazakhstan selection.

**Methods.** The methods used in the study are as follows: determining solids content (the found value is expressed in units of the mass fraction of sucrose in an aqueous solution of sucrose, which under given conditions has the same refractive index as the analyzed solution, in %) titratable acidity (determination of the mass concentration of titratable acids in terms of malic, tartaric or citric acids (μg/mL) was carried out using potentiometric titration with sodium hydroxide solution to pH = 8.1), total sugars (the permanganate method is based on the ability of sugar carbonyl groups to reduce copper (II) oxide to copper (I) oxide in an alkaline medium), sugar-acid index, ascorbic acid (vitamin C) content, total phenolic compounds content, total flavonoids content.

**Results.** The comparison analyses shows Syilyk and Zhazdyk varieties have the highest values of studied traits. Specifically, physico-chemical indicators: solids content, total sugars and titratable acidity. Also the best indicators are shown in biological active compounds: sugar-acid index, ascorbic acid (vitamin C) content, total phenolic content and total flavonoids content. The polyphenols content in all pear varieties have high values in the range 107–124 μg/mL. Extracts of Syilyk and Zhazdyk pears have highest values of biologically active substances, and might be recommended for the development of technology in order to obtain concentrates and to enrich the compositions of the food products.

**Key words:** dry substances; phenolic compounds; flavonoids; biologically active substances; fruit crops; pears; apples

**For citation:** Mailybayeva E.U., Yerkebayeva S.U., Tastemirova U.U., Alibekov R.S., Shingisov A.U. The content of flavonoids in various varieties of pears of Kazakhstan selection. Agrarian science. 2022; 363 (10): 124-127. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-124-127>

© Mailybayeva E.U., Yerkebayeva S.U., Tastemirova U.U., Alibekov R.S., Shingisov A.U.

## Введение / Introduction

Fruits and vegetables are an excellent source of substances with antioxidant and pro-health properties. Such substances include polyphenols, carotenoids, and triterpenoids. Phenolic compounds possess strong antioxidant, anti-inflammatory, antiviral, and anticarcinogenic properties [1].

Phenolic compounds are aromatic compositions, where a benzene ring is associated with one or more hydroxide groups. All phenolic compounds are divided into groups by structure and fragment's type. There are about 10 000 types of different phenolic compounds structures that are found in plants raw materials and food products [2].

For instance, anthocyanins are a group of plant pigments belonging to the flavonoids or bioflavonoids groups. In general, anthocyanins are powerful antioxidants and neutralize free radicals; assist in the prevention of violations of cardiac and vascular activity; inhibit inflammatory processes; activate the body's resistance to carcinogens, viruses; protect blood vessels, reduce capillary fragility; detoxify chemicals and pollutants; and also increase a human life span [3].

Pear (*Pyrus sp.*) is a major fruit crop of regions with mild climate and have increasing extent of cultivation. Pear flavonoids contribute to its fruit color, pathogen defense, and are health beneficial ingredients of the fruits. Pears (*Pyrus communis*, *European pear*, *P. bretschneideri*, *P. ussuriensis*, *Chinese pears*, and *P. pyrifolia*, Asian pear or Nashi) are important pome fruits, since they are favorable foodstuff due to their delicious flavor and their manifold cultivars. World production of pear fruits is about 17 million tons per year. Currently, pear cultivation is continuously rising worldwide and drastically expanding in Asia [4].

Pears contain a broad spectrum of phenolic compounds comprising different flavonoid classes; anthocyanins, flavonols, monomeric ("catechins"), and polymeric flavan 3-ols (proanthocyanidins, syn. condensed tannins), and flavanones, hydroxyphenolic acids (mostly hydroxycinnamic acids derived from caffeic acid and p-coumaric acid) and the p-hydroquinone-glucoside arbutin [5]. It is an established fact that phenolic compounds possess antioxidant properties and prevent oxidation of low density lipoprotein cholesterol [6].

During recent years, some researchers have been focused on analyses and comparison of the nutritional components contained in the edible part of pear fruit such as total sugars, vitamins, organic and fatty acids, amino acids, volatiles, polyphenols, minerals and so on. Except for some reported compounds, such as arbutin, chlorogenic acid, catechin, quercetin, kaempferol, various hydroxycinnamoylmalic acids and their ethyl esters, hydroxycinnamoyl malates, procyanidins and triterpenes compounds have also been found in the peel of pear [7].

In pear, the predominant phenolic constituents are chlorogenic, caffeic, p-coumaroyl quinic and p-coumaric acids, arbutin, and a number of procyanidins and flavonol glycosides, have been glycosides [8].

The variety of polyphenolic compounds and the high antioxidant capacity of pears mean that these fruits can have a significant impact on the health of the human body. This has become a premise for research on the impact of variations of the content of bioactive compounds and their antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferative activities [9].

In recent years, the scientists of the Kazakhstan Research Institute of Fruit Growing and Viticulture have developed the following new pear varieties: Bostandyk, Nagima, Syilyk

and Zhazdyk, that have various sizes, cultivation time and organoleptic indicators [10]. The relevance of the study lies in the analysis of flavonoids and nutrients of new varieties of pears of Kazakhstan breeding.

The purpose of the research is to analyze the content of flavonoids in pears of Kazakhstan selection.

Objectives of the study: to form the design of the study, to conduct a laboratory analysis of flavonoids of four varieties of pears of Kazakhstan breeding, to conduct a comparative analysis and draw relevant conclusions.

## Материал и методы исследования / Materials and method

The physicochemical properties and chemical indicators in the various pear varieties of the Kazakhstan selection were studied, such as Bostandyk, Nagima, Syilyk and Zhazdyk. Mostly the recognized and available research methods were used.

### Solids content

The method is based on determining the amount of soluble solids by using a refractometer. The found value is expressed in units of the mass fraction of sucrose in an aqueous solution of sucrose, which under given conditions has the same refractive index as the analyzed solution, in percent (Brix) [11].

### Titrateable acidity

Determination of the mass concentration of titrateable acids in terms of malic, tartaric or citric acids ( $\mu\text{g/mL}$ ) was carried out using potentiometric titration with sodium hydroxide solution to  $\text{pH} = 8.1$ . Measure the volume of solution used for titration [12].

### Total sugars

The permanganate method is based on the ability of sugar carbonyl groups to reduce copper (II) oxide to copper (I) oxide in an alkaline medium. When dissolved with iron ammonium alum, the resulting copper (I) oxide, oxidized to copper (II) oxide, reduces iron (III) to iron (II), the amount of which is determined by titration with a solution of potassium permanganate [12].

### Sugar-acid index

Fruits and vegetables contain mainly three types of sugars: glucose and fructose (monosaccharides) and sucrose (disaccharides). Glucose-dextrose, or grape sugar, is a component of sucrose, polysaccharides — starch, cellulose, hemicellulose, and many glucosides. Fructose-levulose, or fruit sugar, is part of sucrose and inulin polysaccharide. The sugar-acid index is used to assess the palatability of the tested product, i.e. the ratio of the percentage of the sum of sugars (fructose, glucose and sucrose) and acid. Fruits are especially rich in sugars, in average they made up to 8–12% of total mass [12].

### Ascorbic acid (vitamin C) content

The method is based on the extraction of vitamin C with an acid solution (hydrochloric, metaphosphoric or a mixture of acetic and metaphosphoric)? followed by visual or potentiometric titration with a solution of sodium 2,6-dichlorophenolindophenolate until a light pink color is established. Vitamin C content was expressed in  $\mu\text{g/mL}$ .

### Total phenolic content of compounds

The total phenolics content in the extract is determined by the colorimetric method using the Folin — Ciocalteu reagent. The Folin — Ciocalteu reagent contains phosphotungstic acids that are reduced upon interaction with easily oxidized OH groups of phenol. In this time tungsten blue is formed



Table 1. Physico-chemical indicators of the pear varieties

Indicator	Name of the pear varieties			
	Bostandyk	Nagima	Syilyk	Zhazdyk
Solids content	0,261	0,265	0,268	0,270
Sugars	0,065	0,067	0,069	0,075
Titrateable acidity, µg/mL	1,1	1,1	1,2	1,3

Table 2. Chemical indicators of the pear varieties

Indicators	Name of the pear sort			
	Bostandyk	Nagima	Syilyk	Zhazdyk
Sugar-acid index	12	14	16	17
Vitamin C, µg/mL	5,3	5,4	5,7	5,8
Phenolic content, µg/mL	107	112	118	124
Flavonoids content, µg/mL	38	39	47	52

that has a characteristic absorption band with a maximum at a wavelength 765 nm and imparts a blue color to the test solution. Phenolic content was expressed in µg/mL.

#### Total flavonoids content

The total flavonoids content in water-ethanol extracts was measured using an extract or a standard solution of catechin, with the addition of solutions of sodium nitrite and aluminum chloride. The absorbance was measured at 510 nm. Flavonoid content was expressed as µg catechin equivalent per 100 g dry weight or µg/mL.

Pear extracts were preliminarily prepared for research. The extracts were obtained by maceration, and by steeping raw pears in a ratio of 1:10 with 70% ethanol.

#### Результаты и обсуждение / Results and discussion

In the presented work, the following physicochemical parameters were analyzed: solids content, total sugars and titrateable acidity. The received results are shown in table 1.

As a result, it was found that among the considered pear varieties, the highest values had varieties Syilyk and Zhazdyk.

The sugar-acid index, content of ascorbic acid (vitamin C), total phenolic content and total flavonoid compounds content in the pears were determined by the

spectrophotometric method. The results are shown in table 2.

The analysis of table 2 shows that, in terms of the content of polyphenols in extracts, all pear varieties have high indicators, in average  $\pm 115$  µg/mL. Among them, Zhazdyk had highest values and was determined as promising pear variety. Furthermore, in the considering of the total flavonoids content, values of Syilyk and Zhazdyk are higher, than that of Bostandyk and Nagima.

For comparison, the study [7] shows the properties of 18 varieties of apples, 12 varieties of pears and 6 varieties of garden strawberries growing in the Republic of Belarus. It was found that hexyl acetate was characteristic of apples of the varieties "harovnitsa, Zaslavskoye, Belarusian Synap, Memory of Sikora and Pear, and varieties Alesya, Belana, Krasavita — butylbutanoate and hexylbutanoate. Pears that reached full ripeness contained unsaturated acid esters characteristic only for pears, giving a characteristic pear flavor, methyl-2,4-decadienoate and two isomers (cis-, trans-) ethyl-2,4-decadienoate. All studied pear varieties had a low sugar (about 7%) and organic acids (no more than 0.3%) content. This makes them also suitable for creating products for children's nutrition. The average acid content for strawberries was 9.1 g/kg. The predominant acid is citric, however, Belarusian strawberries contain less sugar than given in the databases — 52.5 g/kg [7].

#### Выводы / Conclusion

Thus, in the presented work following pear varieties of Kazakhstan selection were studied: Bostandyk, Nagima, Syilyk and Zhazdyk. Among them the next domestic pears Syilyk and Zhazdyk have the highest values of studied traits, specifically, physico-chemical indicators: solids content (from 0,261 to 0,27), sugars (from 0,065 to 0,075) titrateable acidity (from 1,1 to 1,3). As well the best indicators are shown in biological active compounds: sugar-acid index, ascorbic acid (vitamin C) content, total phenolic content and Total flavonoids content. The polyphenols content in all pear varieties have high indicators, in the range 107–124 µg/mL. Among them, Zhazdyk have the highest values and was determined as promising pear variety. Extracts of Syilyk and Zhazdyk pears have highest values of biologically active substances, and might be recommended for the development of technology in order to obtain concentrates and to enrich the compositions of the food products.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Авторы хотели бы выразить благодарность Министерству сельского хозяйства Республики Казахстан за финансовую поддержку научно-исследовательского проекта «Разработка технологии переработки перспективных сортов плодовых, ягодных культур и винограда отечественной селекции с целью получения биологически активных веществ и плодово-ягодных порошков для использования в пищевой промышленности» в рамках Целевого финансирования Программы № BR10764977.

#### FUNDING:

The authors would like to thank the Ministry of Agriculture of the Kazakhstan Republic for the financial support of the research project "Development of technology for processing promising varieties of fruit, berry crops and grapes of domestic selection in order to obtain biologically active substances and fruit and berry powders for use in the food industry" within the framework of Programme Targeted Funding No. BR10764977.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Акимов М.Ю., Васильевна Л.И., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Плоды земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор). *Химия растительного сырья*. 2020; 1: 5-18. DOI: 10.14258/jcpim.2020015511
- Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., Simal-Gándara J. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. *Food Chemistry*. 2018; 248: 155-165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.105.
- Olas B. Berry Phenolic Antioxidants - Implications for Human Health? *Frontiers in Pharmacology*. 2018; 9(78): 1-14. DOI: 10.3389/fphar.2018.00078.
- Шелковская Н.К., Дейслинг Д.И., Михайлова О.Ю. Разработка рецептур плодовоовощных соусов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами. *Ползуновский вестник*. 2021; 3: 35-41. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005
- Акимов М.Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания. *Вопросы питания*. 2020; 4: 244-254. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057
- Перова И.Б., Рылина Е.В., Эллер К.И., Акимов М.Ю. Исследование полифенольного комплекса и иридоидных гликозидов в различных сортах плодов жимолости съедобной *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn. *Вопросы питания*. 2019; 6: 88-89. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10069
- Gudkovskii V.A., Kozhina L.V., Akimov M.Y., Zhidekhina T.V. Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticult.* 2020; 1277: 487-493. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.69
- Nakilcio Glu-Ta E., Otte S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2020; 92:2. DOI: http://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328
- Гусакова Г.С., Чеснокова А.Н., Кузьмин А.В. Физико-химические показатели и состав фенольных соединений сока из яблок, культивируемых в Прибайкалье. *Химия растительного сырья*. 2018; 2: 97-104. DOI: 10.14258/jcpim.2018023294
- Агеева Н.М., Прах А.В., Ширшова А.А., Аванесьянц Р.В. Совершенствование технологии производства и стабилизации фруктовых вин. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2019; 55(1): 131-143. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-131-143
- Атаханов Ш., Дадамирзаев М., Акрамбоев Р. Разработка технологии полуфабрикатов соусов-паст из плодов и овощей для предприятий общественного питания. *Lambert Akademik Publishing*. 2020; 108.
- Атаханов Ш.Н., Нишанов У.Р., Акрамбоев Р.А., Абдуразакова М.Н.. Химический состав и энергетические ценности полуфабрикатов фруктовых соусов. *Universum: технические науки*. 2019; 6: 64-66. eLIBRARY ID: 38558554. EDN: OOAHAZ.

## ОБ АВТОРАХ:

**Эльвира Урисбаевна Майлыбаева**

PhD докторант  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент, 160012, Казахстан  
e-mail: emu1204@mail.ru  
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6322-4496

**Сапаркуль Умиртаевна Еркебаева**

Кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент, 160012, Казахстан  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0868-127X

**Укилим Убайдуллаевна Тастемирова**

Старший преподаватель  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент, 160012, Казахстан  
e-mail: ib\_tu@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-7078-0044

**Равшанбек Султанбекович Алибеков**

кандидат химических наук, профессор кафедры «Пищевая инженерия»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент, 160012, Казахстан  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
https://orcid.org/0000-0002-0723-3101

**Азрет Утебаевич Шингисов**

доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент, 160012, Казахстан  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-0726-8232

## REFERENCES

- Akimov M.Yu., Vasilyevna L.I., Zhanova E.V., Lyzhin A.S. Fruits of strawberry garden (*Fragaria × ananassa* Duch.) as a valuable source of food and biologically active substances (review). *Chemistry of plant raw materials*. 2020; 1: 5-18. DOI: 10.14258/jcpim.2020015511 (In Russian)
- Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., Simal-Gándara J. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. *Food Chemistry*. 2018; 248: 155-165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.105.
- Olas B. Berry Phenolic Antioxidants - Implications for Human Health? *Frontiers in Pharmacology*. 2018; 9(78): 1-14. DOI: 10.3389/fphar.2018.00078.
- Shelkovskaya N.K., Deisling D.I., Mikhailova O.Yu. Development of recipes for fruit and vegetable sauces enriched with spicy-aromatic ingredients. *Polzunovsky Bulletin*. 2021; 3: 35-41. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005 (In Russian)
- Akimov M.Yu. New selection and technological criteria for evaluating fruit and berry products for the industry of healthy and dietary nutrition. *Nutrition issues*. 2020; 4: 244-254. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057 (In Russian)
- Perova I.B., Rylyina E.V., Eller K.I., Akimov M.Yu. Investigation of polyphenolic complex and iridoid glycosides in various varieties of edible honeysuckle fruits *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn. *Nutrition issues*. 2019; 6: 88-89. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10069 (In Russian)
- Gudkovskii V.A., Kozhina L.V., Akimov M.Y., Zhidekhina T.V. Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticult.* 2020; 1277: 487-493. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.69
- Nakilcio Glu-Ta E., Otte S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2020; 92:2. DOI: http://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328
- Gusakova G.S., Chesnokova A.N., Kuzmin A.V. Physico-chemical parameters and composition of phenolic compounds of juice from apples cultivated in the Baikal region. *Chemistry of plant raw materials*. 2018; 2: 97-104. DOI: 10.14258/jcpim.2018023294 (In Russian)
- Ageeva N.M., Prakh A.V., Shirshova A.A., Avanesyants R.V. Improving the technology of production and stabilization of fruit wines. *Fruit growing and viticulture in the South of Russia*. 2019; 55(1): 131-143. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-131-143 (In Russian)
- Atakhanov Sh., Dadamirzaev M., Akramboev R. Development of technology of semi-finished sauces-pastes from fruits and vegetables for catering enterprises. *Lambert Akademik Publishing*. 2020; 108. (In Russian)
- Atakhanov Sh.N., Nishanov U.R., Akramboev R.A., Abdurazakova M.N. Chemical composition and energy values of semi-finished fruit sauces. *Universum: Technical sciences*. 2019; 6: 64-66. eLIBRARY ID: 38558554. EDN: OOAHAZ. (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

**Elvira Urisbayevna Mailybayeva**

PhD doctoral student  
M.Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent, 160012, Kazakhstan  
e-mail: emu1204@mail.ru  
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6322-4496

**Saparkul Umirtaevna Yerkebayeva**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department "Technology and Food Safety"  
M.Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent, 160012, Kazakhstan  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0868-127X

**Ukilim Ubaidullaevna Tastemirova**

Senior Lecturer  
M.Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent, 160012, Kazakhstan  
e-mail: ib\_tu@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-7078-0044

**Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov**

Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Food Engineering  
M.Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent, 160012, Kazakhstan  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
https://orcid.org/0000-0002-0723-3101

**Azret Utabaevich Shingisov**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology and Safety of food products»,  
M.Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent, 160012, Kazakhstan  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-0726-8232

Р.С. Алибеков, ✉

С.У. Еркебаева,

Э.А. Габрильянц,

А.У. Шингисов

Южно-Казахстанский университет

М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

✉ alibekovrs@mail.ru

Поступила в редакцию:  
15.08.2022Одобрена после рецензирования:  
20.09.2022Принята к публикации:  
10.10.2022

Research article

 creative commons  
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-128-131

Ravshanbek S. Alibekov, ✉

Saparkul U. Yerkebayeva,

Eleonora A. Gabrilyants,

Azret U. Shingisov

M. Auezov South Kazakhstan University,  
Shymkent, Kazakhstan

✉ alibekovrs@mail.ru

Received by the editorial office:  
15.08.2022Accepted in revised:  
20.09.2022Accepted for publication:  
10.10.2022

# Общее содержание полифенолов и флавоноидов в сортах черешни казахстанской селекции

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Фенольные соединения представляют собой ароматические соединения, в которых бензольное кольцо связано с одной или несколькими гидроксильными группами. Флавоноиды, входящие в состав черешни, обладают лечебными свойствами и применяются в том числе как биологически активные добавки к пище. Исследования, затронутые в статье, являются актуальными, как с точки зрения научной новизны, так и для обоснования пользы потребления черешни новых сортов казахстанской селекции.

**Цель** — провести анализ содержания полифенолов и флавоноидов в черешне казахстанской селекции. **Задачи исследования:** собрать теоретические данные, применить методы исследования для получения результатов содержания полифенолов и флавоноидов в лабораторных условиях, сделать релевантные выводы.

**Методы.** Объект исследований — плоды черешни сортов казахстанской селекции: Айгерим, Лязат и Мерей. Методы оценки физико-химических показателей стандартные: определение содержания сухих веществ, общих сахаров и титруемой кислотности, изучение флавоноидов.

**Результаты.** Установлено, что среди рассмотренных сортов черешни самые высокие значения, по химическим показателям: сахарокислотному индексу, содержанию аскорбиновой кислоты (витамина С), содержанию общих полифенолов и общих флавоноидов — у сорта Лязат. По общим содержаниям полифенолов и флавоноидов сорта Айгерим (866 мкг/мл и 275 мкг/мл), Лязат (885 мкг/мл и 290 мкг/мл) и Мерей (865 мкг/мл и 255 мкг/мл) близки друг к другу. По общему содержанию полифенолов самые низкие данные имеют Айгерим и Мерей — на 0,05% и 0,13% меньше, чем в сорте Лязат, соответственно. Также определены относительные значения общего содержания флавоноидов для Айгерим и Мерей — 0,05% и 0,22% соответственно.

**Ключевые слова:** антиоксиданты, антоцианы, биологически активные соединения, флавоноиды, полифенолы, черешня.

**Для цитирования:** Алибеков Р.С., Еркебаева С.У., Габрильянц Э.А., Шингисов А.У. Общее содержание полифенолов и флавоноидов в сортах черешни Казахстана селекции. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 128-131. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-128-131> (In English).

© Алибеков Р.С., Еркебаева С.У., Габрильянц Э.А., Шингисов А.У.

## The total content of polyphenols and flavonoids in cherry varieties of Kazakhstan selection

### ABSTRACT

**Relevance.** In general, phenolic compounds are aromatic compositions, where a benzene ring is associated with one or more hydroxide groups. All phenolic compounds are divided into groups by structure and fragment's type. There are more 10 000 types of different phenolic compounds structures that are found in plants raw materials and food products.

The studies covered in the article are relevant, both from the point of view of scientific novelty, and to substantiate the benefits of consuming cherries of new varieties of Kazakhstan breeding.

The purpose of the study is to analyze the content of polyphenols and flavonoids in the cherries of Kazakhstan selection. Research objectives: to collect theoretical data, apply research methods to determine the content of polyphenols and flavonoids in the laboratory, to draw relevant conclusions.

**Methods.** For the study of physico-chemical and chemical indicators of the total polyphenols and total flavonoids contents, following sweet cherry varieties of the Kazakhstan selection were considered: Aigerim, Lyazat and Merai. Following physico-chemical indicators were studied: solids content, total sugars and titratable acidity. It was found that among the considered sweet cherry sorts, the highest values had variety Lyazat, specifically in the chemical indicators: sugar-acid index, ascorbic acid (vitamin C) content, total polyphenols and total flavonoids contents.

**Results.** By the total polyphenols and flavonoids contents varieties Aigerim (866 µg/mL and 275 µg/mL), Lyazat (885 µg/mL and 290 µg/mL) and Merai (865 µg/mL and 255 µg/mL) are close to each other. In the considering relatively Lyazat, the total polyphenols content, Aigerim and Merai have lowest data by 0.05% and 0.13%, respectively. Total flavonoids content of varieties values for Aigerim and Merai 0.05% and 0.22% — were also identified. In general, a review of all obtained data with the known values shows that indicators of the total polyphenols and flavonoids contents are within the acceptable variations.

**Key words:** antioxidants, anthocyanins, biologically active compounds, flavonoids, polyphenols, cherries

**For citation:** Alibekov R.S., Yerkebayeva S.U., Gabrilyants E.A., Shingisov A.U. The total content of polyphenols and flavonoids in cherry varieties of Kazakhstan selection. Agrarian science. 2022; 363 (10): 128-131. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-128-131>

© Alibekov R.S., Yerkebayeva S.U., Gabrilyants E.A., Shingisov A.U.



## Введение / Introduction

By recommending using of a particular product, it is necessary to take into account its antioxidant activity. This is an extremely important indicator that shows the presence of substances neutralize the excess of free radicals and interrupts the chain of oxidative reactions that damage the cells and tissues of human body. An excess of free radicals is formed as a result of malnutrition, poor ecology, stress, smoking et al. Reducing the antioxidant status of the body can reduce immunity, lead to the emergence and development of many pathological processes, in particular diseases of the gastrointestinal tract and its related organs [1].

It is well-recognized that the regular consumption of fruits, vegetables and herbal infusions is an excellent strategy for the reduction of the risk of *diabetes mellitus* (DM). According to global estimates of the World Health Organization (WHO), the number of diabetic individuals worldwide will be about 366 million in 2030 [2].

In this regard it is a serious matter for the public health to prevent a higher morbidity and mortality, by advising and using in the nutrition natural phytochemicals, mainly phenolic acids, flavonoids, anthocyanins and others [3].

Specifically, phenolic compounds are aromatic compositions, where a benzene ring is associated with one or more hydroxide groups. All phenolic compounds are divided into groups by structure and fragment's type. There are more 10 000 types of different phenolic compounds structures that are found in plants raw materials and food products [4].

Phenolic acids, flavonoids, condensed tannins, and coumarins are examples. Phenolics range from a simple, low molecular-weight, single aromatic ringed compounds to large and complex tannins and derived polyphenols. They can be classified based on the number and arrangement of their carbon atoms in flavonoids and nonflavonoids [5].

Sweet cherries contain various phenolic compounds such as anthocyanins, flavonoids and procyanidins. According to some studies, the most abundant anthocyanin type found in the sweet cherry was determined to be cyanidin 3-O-rutinoside [6].

Sweet cherries are also rich in hydroxycinnamic acid derivatives such as 3-O-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid), 5-O-caffeoylquinic acid (neochlorogenic acid) and p-coumaroylquinic acid [7]. Epicatechin is the main flavan-3-ol, and it also contains a high rate of quercetin-3-O-rutinoside (rutin) as the main flavonol in its structure [8].

In terms of sugar content, there are five types of sugars found in sweet cherries (glucose, fructose, sorbitol, sucrose and maltose) and among them, glucose and fructose make up approximately 90% of the sugar content [9].

Sweet cherry (*Prunus avium* L.) have phenolic compounds that contribute to total antioxidant activity. Its fruits are a significant source of various polyphenols, flavonoids or anthocyanins that contribute for total antioxidant activity [10].

Sweet cherry was recognized as having beneficial medicinal properties such as anticancer, dietary, antioxidant and anti-inflammatory, which is related with content of antioxidant compounds [11].

In recent years, the scientists of Kazakhstan Research Institute of Fruit Growing and Viticulture have cultivated the following new sweet cherry varieties Aigerim, Lyazat and Merei, that have various sizes, cultivation time and organoleptic indicators. The studies covered in the article are relevant, both from the point of view of scientific novelty, and to substantiate the benefits of consuming cherries of new varieties of Kazakhstan breeding.

The purpose of the study is to analyze the content of polyphenols and flavonoids in the cherries of Kazakhstan selection. Research objectives: to collect theoretical data, apply research methods to determine the content of polyphenols and flavonoids in the laboratory, to draw relevant conclusions.

## Материал и методы исследования / Materials and method

The physicochemical properties and chemical indicators in the various sweet cherry varieties of the Kazakhstan selection were considered: Aigerim, Lyazat and Merei. Mostly, the recognized and available research methods were used.

### Solids content

The approach is based in the identification a sum of soluble solids by using a refractometer. The found value is expressed in units of the mass fraction of sucrose in an aqueous solution of sucrose, which under given conditions has the same refractive index as the analyzed solution, in % (Brix) (GOST 51433: 1999).

### Titrate acidity

Determination of the mass concentration of titratable acids in terms of malic, tartaric or citric acids (g/dm<sup>3</sup>) was carried out using potentiometric titration with sodium hydroxide solution to pH = 8.1. Measure the volume of solution used for titration (GOST 34127: 2017).

### Total sugars content

The permanganate analysis is based on the possibility of sugar carbonyl groups to reduce copper (II) oxide to copper (I) oxide in an alkaline medium. When dissolved with iron ammonium alum, the resulting copper (I) oxide, oxidized to copper (II) oxide, reduces iron (III) to iron (II), the amount of which is analyzed by a solution of potassium permanganate titration (GOST 8756.13: 1987).

### Sugar-acid index

Fruits and berries contain mainly three types of saccharides: glucose and fructose (monosaccharides) and sucrose (disaccharides). Glucose-dextrose, or grape sugar, is a component of sucrose, polysaccharides — starch, cellulose, hemicellulose, and many glucosides. Fructose-levulose, or fruit sugar, is part of sucrose and inulin polysaccharide. The sugar-acid index is used to assess the palatability of the tested product, i.e. the ratio of the percentage of the sum of sugars (fructose, glucose and sucrose) and acid. Fruits and berries are especially rich in sugars, in average they made up to 8–12% of total mass (Machulkina et al., 2020).

### Ascorbic acid (vitamin C) content

The method is based on the vitamin C extraction by an acid solution (hydrochloric, metaphosphoric or a mixture of acetic and metaphosphoric) followed in assistance with visual or potentiometric titration and a solution of sodium 2,6-dichlorophenolindophenolate until forming of a light pink colour (GOST 24556: 1989).

### Total polyphenols content

The total polyphenols in the extract is observed by the colorimetric method by using the Folin — Ciocalteu reagent. The Folin — Ciocalteu reagent contains phosphotungstic acids that are reduced upon interaction with easily oxidized OH groups of phenol. In this case, tungsten blue is formed, which has a characteristic absorption band with a maximum at a wavelength 765 nm and imparts a blue color to the test solution (GOST 14502-1– 2010).

### Total flavonoids content

The total flavonoids in water-ethanol extracts are measured by using an extract or a standard solution of catechin, with the

addition of solutions of sodium nitrite and aluminum chloride. The absorbance ability is measured at 510 nm. Flavonoid content is expressed as  $\mu\text{g}$  catechin equivalent per 1 mL of dry weight (Eremeeva and Makarova, 2017).

Sweet cherry extracts were preliminarily prepared for research. The extracts were obtained by maceration method and by steeping raw sweet cherry in a ratio of 1:10 with 70% ethanol.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

In the presented work, the following physico-chemical parameters were studied: solids content, total sugars and titratable acidity. The obtained results are shown in table 1.

Consequently, it was discovered that among the considered sweet cherry varieties, the highest values had variety Lyazat (0,114 mg of sugars).

The sugar-acid index, content of ascorbic acid (vitamin C), total polyphenols and total flavonoids compounds contents in the extracts of sweet cherry were determined by the spectrophotometer. The obtained data are shown in table 2.

The analysis of table 2 demonstrates that all sweet cherry varieties have high indicators in average  $875 \pm 10 \mu\text{g/mL}$ .

Table 1. Physico-chemical indicators of the sweet cherry variety

Indicators	Name of the sweet cherry variety		
	Aigerim	Lyazat	Merei
Solids content, mg	0,137	0,142	0,130
Sugars, mg	0,108	0,114	0,105
Titratable acidity, mg/mL	1,9	2,4	1,5

Table 2. Chemical indicators of the sweet cherry variety

Indicators	Name of the sweet cherry variety		
	Aigerim	Lyazat	Merei
Sugar-acid index	19,4	19,7	19,0
Vitamin C, $\mu\text{g/mL}$	18,0	19,5	17,8
Polyphenols content, $\mu\text{g/mL}$	866	885	865
Flavonoids content, $\mu\text{g/mL}$	275	290	255

Particularly, the total polyphenols and flavonoids values of Aigerim (866  $\mu\text{g/mL}$  and 275  $\mu\text{g/mL}$ ), Lyazat (885  $\mu\text{g/mL}$  and 290  $\mu\text{g/mL}$ ) and Merei (865  $\mu\text{g/mL}$  and 255  $\mu\text{g/mL}$ ) are close to each other. However, among them, Lyazat has the highest values and was determined as one of the promising sweet cherry variety. Total polyphenols content of varieties, Aigerim and Merei is lower than that of Lyazat by 0.05% and 0.13%, respectively. Total flavonoids content values for Aigerim and Merei — 0.05% and 0.22% — were also identified.

In the study [6], we see an analysis of the content of photosynthetic pigments in cherries of domestic selection. Their study of leaves of cherry varieties showed that the highest content of chlorophylls is characteristic of the varieties Revna and Veda, respectively (1.69–1.64 mcg/g), the minimum content — for the variety Fatezh. Chlorophyll B prevails in the pigment sector in all studied samples. Only the Veda variety (1.02 mcg/g) has an equal pigment content. The content of carotenoids in all studied samples varies in the same range (0.33–0.23 mcg/g). The study of the content of phenolic compounds in the leaves of cherry varieties showed that the highest content is observed in the leaves of the Gift Ryazan variety (15.68 mcg/g). The lowest content of phenolic compounds was recorded in the leaves of the Rechitsa variety (9.35 mcg/g). This content of phenolic compounds in the plant suggests that it is able to prevent oxidative stress [6]. In comparison the cherry of Kazakhstan breeding (Lyazat variety) is more useful.

### Выводы / Conclusion

It was found that among the considered sweet cherry varieties the highest values of chemical indicators: sugar-acid index, ascorbic acid (vitamin C) content, total polyphenols and total flavonoids contents — had Lyazat variety.

By the total polyphenols and flavonoids contents varieties Aigerim (866  $\mu\text{g/mL}$  and 275  $\mu\text{g/mL}$ ), Lyazat (885  $\mu\text{g/mL}$  and 290  $\mu\text{g/mL}$ ) and Merei (865  $\mu\text{g/mL}$  and 255  $\mu\text{g/mL}$ ) are close to each other. Total polyphenols content of Aigerim and Merei is lower than that of Lyazat variety by 0.05% and 0.13%, respectively. Total flavonoids content values for Aigerim and Merei — 0.05% and 0.22% — were also identified.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Авторы хотели бы выразить благодарность Министерству сельского хозяйства Республики Казахстан за финансовую поддержку научно-исследовательского проекта «Разработка технологии переработки перспективных сортов плодовых, ягодных культур и винограда отечественной селекции с целью получения биологически активных веществ и плодово-ягодных порошков для использования в пищевой промышленности» в рамках Целевого финансирования Программы № BR10764977..

### FUNDING:

The authors would like to thank the Ministry of Agriculture of the Kazakhstan Republic for the financial support of the research project «Development of technology for processing promising varieties of fruit, berry crops and grapes of domestic selection in order to obtain biologically active substances and fruit and berry powders for use in the food industry» within the framework of Programme Targeted Funding No. BR10764977.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Afonso S., Oliveira I.V., Meyer A.S., Aires A., Saavedra M. J., Gonçalves B. Phenolic profile and bioactive potential of stems and seed kernels of sweet cherry fruit. *Antioxidants*. 2020; 9(12):1295. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9121295>
2. Alibekov R.S., Gabrilyants Z., Alibekova Z., Norov Z. Antioxidants of natural origin. *Proceedings of International Conference Industrial Technologies and Engineering (ICITE-2018)*. 2018: 144-147. doi: 10.3390/molecules24224132
3. Chockchaisawasdee S., Golding J.B., Vuong Q.V., Papoutsis K., Stathopoulos C.E. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use. *Trends Food Sci Technol*. 2016. 55:72-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.002>
4. Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Влияние технологии экстракции на антиоксидантную активность экстрактов плодов черноплодной рябины. Вестник Мурманского государственного технического университета, 2017, 20(3): 600-608. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608
5. Goncalves A.C., Bento C., Jesus F., Alves G., Silva L.R. Sweet Cherry Phenolic Compounds: Identification, Characterization, and Health Benefits. *In Studies in Natural Products Chemistry*. 2018; 59: 31-78. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64179-3.00002-5>
6. Мачулкина В.А., Санникова Т.А., Гулин А.В., Антипенко Н.И. Использование сахарно-кислотного индекса для оценки качества плодов томатов Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. 5(158): 168-172. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-168-172
7. Martini S., Conte A., Tagliacucchi D. Phenolic compounds profile and antioxidant properties of six sweet cherry (*Prunus avium*) cultivars. *Food Res Int*. 2017; 97: 15-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.030>
8. Ockun M.A., Gercek Y.C., Demirsoy H., Demirsoy L., Macit I., Oz G.C. Comparative evaluation of phenolic profile and antioxidant activity of new sweet cherry (*Prunus avium* L.) genotypes in Turkey. *Phytochemical Analysis*. 2022; 33(4):564-576. doi: 10.1002/pca.3110.
9. Prvulović D., Malenčić D., Popović M., Ljubojević M., Ognjanov V. Antioxidant properties of sweet cherries (*Prunus avium* L.)-Role of phenolic compounds. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2011; 59: 1149-1152.
10. Prvulovic D., Popovic M., Malencic D., Ljubojevic M., Ognjanov V. Phenolic compounds in sweet cherry (*Prunus avium* L.) petioles and their antioxidant properties. *Research Journal of Agricultural Science*. 2011; 43(2): 198-202.
11. Shingisov A.U., Alibekov R.S., Yerkebayeva S.U., Mailybayeva E.U., Kadeyeva M.S. Study of the polyphenols content in the various apples sorts of the Kazakhstan selection. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series Chemistry and Technology*. 2022; 451(2): 169-179. DOI: <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1491.112>

## REFERENCES

1. Afonso S., Oliveira I.V., Meyer A.S., Aires A., Saavedra M. J., Gonçalves B. Phenolic profile and bioactive potential of stems and seed kernels of sweet cherry fruit. *Antioxidants*. 2020; 9(12):1295. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9121295>
2. Alibekov R.S., Gabrilyants Z., Alibekova Z., Norov Z. Antioxidants of natural origin. *Proceedings of International Conference Industrial Technologies and Engineering (ICITE-2018)*. 2018: 144-147. doi: 10.3390/molecules24224132
3. Chockchaisawasdee S., Golding J.B., Vuong Q.V., Papoutsis K., Stathopoulos C.E. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use. *Trends Food Sci Technol*. 2016. 55:72-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.002>
4. Eremeeva N.B., Makarova N.V. The effect of extraction technology on the antioxidant activity of extracts of chokeberry fruits. *Bulletin of the Murmansk State Technical University*, 2017, 20(3): 600-608. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608 (In Russian)
5. Goncalves A.C., Bento C., Jesus F., Alves G., Silva L.R. Sweet Cherry Phenolic Compounds: Identification, Characterization, and Health Benefits. *In Studies in Natural Products Chemistry*. 2018; 59: 31-78. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64179-3.00002-5>
6. Machulkin V.A., Sannikova T.A., Gulina A.V., Antipenko N.I. The use of sugar-acid index to assess the quality of tomato fruits *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2020. 5(158): 168-172. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-168-172 (In Russian)
7. Martini S., Conte A., Tagliacucchi D. Phenolic compounds profile and antioxidant properties of six sweet cherry (*Prunus avium*) cultivars. *Food Res Int*. 2017; 97: 15-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.030>
8. Ockun M.A., Gercek Y.C., Demirsoy H., Demirsoy L., Macit I., Oz G.C. Comparative evaluation of phenolic profile and antioxidant activity of new sweet cherry (*Prunus avium* L.) genotypes in Turkey. *Phytochemical Analysis*. 2022; 33(4):564-576. doi: 10.1002/pca.3110.
9. Prvulović D., Malenčić D., Popović M., Ljubojević M., Ognjanov V. Antioxidant properties of sweet cherries (*Prunus avium* L.)-Role of phenolic compounds. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2011; 59: 1149-1152.
10. Prvulovic D., Popovic M., Malencic D., Ljubojevic M., Ognjanov V. Phenolic compounds in sweet cherry (*Prunus avium* L.) petioles and their antioxidant properties. *Research Journal of Agricultural Science*. 2011; 43(2): 198-202.
11. Shingisov A.U., Alibekov R.S., Yerkebayeva S.U., Mailybayeva E.U., Kadeyeva M.S. Study of the polyphenols content in the various apples sorts of the Kazakhstan selection. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series Chemistry and Technology*. 2022; 451(2): 169-179. DOI: <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1491.112>

## ОБ АВТОРАХ:

**Равшанбек Султанбекович Алибеков**

кандидат химических наук, профессор кафедры  
«Пищевая инженерия»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>

**Сапаркуль Умиртаевна Еркебаева**

Кандидат биологических наук, доцент кафедры  
«Технология и безопасность продовольственных продуктов»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>

**Элеонора Арутюновна Габрильянц**

PhD докторант  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>

**Азрет Утебаевич Шингисов**

доктор технических наук, профессор кафедры  
«Технология и безопасность продовольственных продуктов»  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>

## ABOUT THE AUTHORS:

**Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov**

Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department  
of Food Engineering  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5,  
Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>

**Saparkul Umirtaevna Yerkebayeva**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the  
Department «Technology and Food Safety»  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5,  
Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>

**Eleonora Arutunovna Gabrilyants**

PhD doctoral student  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5,  
Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: erkesapash@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>

**Azret Utabaevich Shingisov**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department  
«Technology and Safety of food products»,  
M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5,  
Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>



А.У. Шингисов, ✉  
Р.С. Алибеков,  
У.У. Тастемирова

Южно-Казахстанский университет  
им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

✉ azret\_utebai@mail.ru

Поступила в редакцию:  
15.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
20.09.2022

Принята к публикации:  
10.10.2022

Azret U. Shingisov, ✉  
Ravshanbek S. Alibekov,  
Ukilim U. Tastemirova

M. Auezov South Kazakhstan University,  
Shymkent, Kazakhstan

✉ azret\_utebai@mail.ru

Received by the editorial office:  
15.08.2022

Accepted in revised:  
20.09.2022

Accepted for publication:  
10.10.2022

## Биологически активные вещества в сортах малины казахстанской селекции

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность темы.** Наиболее известными биологически активными веществами являются природные антиоксиданты, которые состоят из: полифенолов, флавоноидов, различных ароматических гидроксикислот, антоцианов, витаминов С и Е, каротиноидов и других соединений. Малина богата фенольными фитохимическими веществами, особенно флавоноидами, такими как антоциановые пигменты, которые придают малине темно-красный цвет. Целью исследования является анализ биологически активных веществ малины казахстанской селекции в лабораторных условиях.

**Задачи исследования:** теоретический анализ, сбор и структурирование лабораторных данных о биологически активных веществах, соответствующее заключение.

**Материалы и методы.** Объектом исследования были ягоды малины казахстанской селекции. Для оценки химического состава использовались признанные и доступные методы исследования. Метод определения количества растворимых твердых веществ основан на использовании рефрактометра. Найденное значение выражается в единицах массовой доли сахарозы в водном растворе сахарозы, который при заданных условиях имеет тот же показатель преломления, что и анализируемый раствор, в %.

**Результаты.** Установлено, что среди рассмотренных сортов малины самые высокие значения химические показатели: сахарокислотный индекс, содержание аскорбиновой кислоты (витамина С), общее содержание фенолов и общее содержание флавоноидов — у сорта Анар. Общие содержания фенолов и флавоноидов в сортах Анар (860 мкг/мл и 188 мкг/мл соответственно), Арай (870 мкг/мл и 189 мкг/мл соответственно) и Салем (855 мкг/мл и 187 мкг/мл соответственно) имеют близкие значения.

**Ключевые слова:** антиоксиданты, антоцианы, биологически активные соединения, флавоноиды, полифенолы, черешня

**Для цитирования:** Шингисов А.У., Алибеков Р.С., Тастемирова У.У. Биологически активные вещества в сортах малины казахстанской селекции. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 132-135. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-132-135> (In English).

© Шингисов А.У., Алибеков Р.С., Тастемирова У.У.

## Biologically active substances in raspberry varieties of Kazakhstan selection

### ABSTRACT

**Relevance.** The most well-known biologically active substances are natural antioxidants, which consist of: polyphenols, flavonoids, various aromatic hydroxy acids, anthocyanins, vitamins C and E, carotenoids and other compounds. Raspberries are rich in phenolic phytochemicals, especially flavonoids, such as anthocyanin pigments, which give raspberries a dark red color. The aim of the study is to analyze biologically active substances of raspberries of Kazakhstan breeding in laboratory conditions.

**Research objectives:** theoretical analysis, collection and structuring of laboratory data on biologically active substances, appropriate conclusion.

**Methods.** The physicochemical properties and chemical indicators in the various raspberry varieties of the Kazakhstan selection were studied, such as: Anar, Arai and Salem. Mostly the recognized and available research methods were used. The method of determining the amount of soluble solids is based on using a refractometer. The found value is expressed in units of the mass fraction of sucrose in an aqueous solution of sucrose, which under given conditions has the same refractive index as the analyzed solution, in % (Brix) (GOST 51433: 1999).

**Results.** Physico-chemical parameters were studied: the dry matter content, total sugars and titrated acidity. It is established that among the raspberry varieties considered, Anar variety has the highest values. Anar also has the highest chemical indicators: the sugar acid index, the content of ascorbic acid (vitamin C), the total content of phenols and the total content of flavonoids. The total content of phenols and flavonoids in the varieties Anar (860 µg/ml and 188 µg/ml, respectively), Arai (870 µg/ml and 189 µg/ml, respectively) and Salem (855 µg/ml and 187 µg/ml, respectively) have similar values. Extracts of these raspberries sorts could be advised for the enrichment of the nutritional value composition of food products.

**Key words:** raspberry, antioxidants, biologically active substances, phenols, flavonoids

**For citation:** Shingisov A.U., Alibekov R.S., Tastemirova U.U. Biologically active substances in raspberry varieties of Kazakhstan selection. Agrarian science. 2022; 363 (10): 132-135. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-132-135>

© Shingisov A.U., Alibekov R.S., Tastemirova U.U.

## Введение / Introduction

The most well-known biologically active substances are natural antioxidants that consist of polyphenols, flavonoids, various aromatic hydroxy acids, anthocyanins, vitamins C and E, carotenoids and other compounds [1].

Specifically, phenolic compounds are aromatic compositions, where a benzene ring is associated with one or more hydroxide groups. All phenolic compounds are divided into groups by structure and fragment's type. There are about 10 000 types of different phenolic compounds structures that are found in plants raw materials and food products [2].

Raspberry (*Rubus idaeus*), a member of the *Rosaceae* family, has attracted great interest due to not only having good flavor and attractive color but also having an abundance of bioactive compounds that have been proved to have beneficial effects on health. Bioactive compounds, such as polyphenols, anthocyanins, flavonoids and ellagic acids, found in raspberries, play important roles in antioxidant activity and inhibition effects on obesity, cancer, inflammation, neural degeneration and other diseases [3].

The total content of phenolics and/or flavonoids in fruits or berries is a good indicator of total antioxidant activity. Raspberries are high in phenolic phytochemicals, particularly flavonoids such as anthocyanin pigments, which give raspberries their deep red color. These potent antioxidants, along with naturally high levels of Vitamin C, minerals, and fiber, make raspberries especially good for people [4].

Raspberry holds a special position among the berries due to their ideal nutritional profile of low calories, fat, and saturated fats, high content, presence of several essential micronutrients, and phytochemical composition. It contains a whole range of polyphenolic antioxidant compounds that play a significant role in mitigating the damaging effects of oxidative stress on cells and reducing the risk of chronic diseases. Among the polyphenolic compounds, raspberry contains significant levels of ellagitannins and anthocyanines [5].

Bioactive components in berries include phenolic compounds, flavonoids, and tannins apart from vitamins, minerals, sugars, and fibers. It has previously been observed that in addition to valuable phenolic compounds, berries contain other natural compounds, including carbohydrates, essential vitamins, dietary fibers, and minerals [6].

Phenolic phytochemicals are the largest group of phytochemicals and are ubiquitous in plants, including raspberries. They serve many diverse biological functions including roles in plant growth, development, and defense. They provide pigmentation, antimicrobial and antifungal functions, insect-feeding deterrence, UV- radiation protection, chelation of toxic heavy metals, antioxidant quenching of free radicals generated during photosynthesis, and much more [7].

Polyphenolic structures are characterized by the presence of one or more six-carbon aromatic rings and two or more phenolic hydroxyl groups. There are four main classes of polyphenols: flavonoids, phenolic acids, lignans, and tannins. Raspberry polyphenols primarily consist of anthocyanins and hydrolysable tannins. More specifically, they are a particularly rich source of cyanidin glycosides and are unique among the berries for their high ellagitannin content, which when hydrolyzed yields ellagic acid [8].

Compared with other fruits, raspberry is also an excellent source of anthocyanins which provide vegetables and fruits with red, blue, and purple colors. It seems to be promising to use extracts from raspberry as a natural colorant and a potent antioxidant [9].

Plants such as blueberries, cranberries, raspberries, blackberries, cherries, grapes and others are rich in anthocyanins. Anthocyanins are powerful antioxidants and neutralize free radicals; assist in the prevention of violations of cardiac and vascular activity; inhibit inflammatory processes; activate the body's resistance to carcinogens, viruses; protect blood vessels, reduce capillary fragility; detoxify chemicals and pollutants; and also increase a human life span [10].

In recent years, the scientists of the Kazakhstan Research Institute of Fruit Growing and Viticulture have developed the following new raspberry varieties: Anar, Arai and Salem, that have various sizes, cultivation time and organoleptic indicators.

The relevance of the article is justified by a large number of biologically active substances with which you can make biologically active additives.

The purpose of the research is to analyze biologically active substances of raspberries of Kazakhstan breeding in laboratory conditions.

Research objectives: theoretical analysis, collection and structuring of laboratory data on biologically active substances, relevant conclusion.

## Материал и методы исследования / Materials and method

The physicochemical properties and chemical indicators in the various raspberry varieties of the Kazakhstan selection were studied, such as: Anar, Arai and Salem. Mostly the recognized and available research methods were used.

The method of determining the amount of soluble solids is based on using a refractometer. The found value is expressed in units of the mass fraction of sucrose in an aqueous solution of sucrose, which under given conditions has the same refractive index as the analyzed solution, in % (Brix) (GOST 51433, 1999).

Determination of the mass concentration of titratable acids in terms of malic, tartaric or citric acids (g/dm<sup>3</sup>) was carried out using potentiometric titration with sodium hydroxide solution to pH = 8.1. Measure the volume of solution used for titration (GOST 34127: 2017).

The permanganate method is based on the ability of sugar carbonyl groups to reduce copper (II) oxide to copper (I) oxide in an alkaline medium. When dissolved with iron ammonium alum, the resulting copper (I) oxide, oxidized to copper (II) oxide, reduces iron (III) to iron (II), the amount of which is determined by titration with a solution of potassium permanganate (GOST 8756.13: 1987).

Fruits and berries contain mainly three types of sugars: glucose and fructose (monosaccharides) and sucrose (disaccharides). Glucose-dextrose, or grape sugar, is a component of sucrose, polysaccharides — starch, cellulose, hemicellulose, and many glucosides. Fructose-levulose, or fruit sugar, is part of sucrose and inulin polysaccharide. The sugar-acid index is used to assess the palatability of the tested product, i.e. the ratio of the percentage of the sum of sugars (fructose, glucose and sucrose) and acid. Fruits and berries are especially rich in sugars, in average they made up to 8–12% of total mass [11].

The method of determining ascorbic acid (vitamin C) content is based on the extraction of vitamin C with an acid solution (hydrochloric, metaphosphoric or a mixture of acetic and metaphosphoric) followed by visual or potentiometric titration with a solution of sodium 2,6-dichlorophenolindophenolate until a light pink color is established (GOST 24556: 1989).

The total phenolics content in the extract is determined by the colorimetric method using the Folin — Ciocalteu reagent. The Folin — Ciocalteu reagent contains phosphotungstic acids, which are reduced upon interaction with easily oxidized OH groups of phenol. In this case, tungsten blue is formed, which has a characteristic absorption band with a maximum at a wavelength 765 nm and imparts a blue color to the test solution (GOST 14502-1: 2010).

The total flavonoids content in water-ethanol extracts was measured using an extract or a standard solution of catechin, with the addition of solutions of sodium nitrite and aluminum chloride. The absorbance was measured at 510 nm. Flavonoid content was expressed as  $\mu\text{g}$  catechin equivalent per 1 mL of dry weight [12].

Raspberries extracts were preliminarily prepared for research. The extracts were obtained by maceration, and by steeping raw raspberries in a ratio of 1:10 with 70% ethanol.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

In the presented work, the following physicochemical parameters were studied: solids content, total sugars and titratable acidity. The results obtained are shown in table 1.

As a result, it was found that among the considered raspberry varieties the highest values had variety Anar.

The sugar-acid index, content of ascorbic acid (vitamin C), total phenolic content and total flavonoids compounds content in the extracts of raspberries were determined by the spectrophotometric method. The results are shown in table 2.

All raspberry varieties have high indicators, in average:  $860 \pm 10 \mu\text{g/mL}$ . The total phenolic and flavonoid contents of varieties Anar ( $860 \mu\text{g/mL}$  and  $188 \mu\text{g/mL}$ , respectively), Arai ( $870 \mu\text{g/mL}$  and  $189 \mu\text{g/mL}$ , respectively) and Salem ( $855 \mu\text{g/mL}$  and  $187 \mu\text{g/mL}$ , respectively) were similar to each other. However, among them, Arai variety had the highest values and was determined as promising raspberry variety. Total flavonoids content, of varieties Anar and Salem is lower than that of Arai by 0.53% and 1.1%, respectively.

Raspberries are of undoubted value because of their unique ability to accumulate a whole complex of natural antioxidants in berries: ascorbic acid, P-active substances, pectin, organic and amino acids, fructose, minerals. However, since raspberries are poorly stored, it should be processed and products with BAS (biologically active substances) should be obtained.

Depending on the variety and growing conditions, raspberries can accumulate from 5 to 11% of sugars, among which fructose and glucose predominate, 0.5–0.8% protein, 0.6–0.9% pectin, 1.2–2.3% organic acids. A valuable component of raspberry fruits are biologically active substances, such as ascorbic acid (up to 50 mg%), catechins (up to 80 mg per 100 g of raw product), anthocyanins (100–250 mg/100 g), vitamins B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, E, etc.

Table 1. Physico-chemical indicators of the raspberry varieties

Indicators	Name of the raspberry variety		
	Anar	Arai	Salem
Solids content, mg	0,655	0,670	0,650
Sugars, mg	0,100	0,115	0,105
Titratable acidity, $\mu\text{g/mL}$	8,0	8,5	7,3

Table 2. Chemical indicators of the raspberries sorts

Indicators	Name of the raspberry variety		
	Anar	Arai	Salem
Sugar-acid index	13,0	13,5	12,5
Vitamin C, $\mu\text{g/mL}$	18,2	19,0	16,7
Total phenolic content, $\mu\text{g/mL}$	860	870	855
Total flavonoids content, $\mu\text{g/mL}$	188	189	187

Of the mineral compounds in raspberries, there is quite a lot of iron (1200 mg/100 g), zinc (200 mg/100 g), copper (170 mg) and manganese (210 mg/100 g).

In comparison with the study [10], depending on the variety and growing conditions, raspberries can accumulate from 5 to 11% of sugars, among which fructose and glucose predominate, 0.5–0.8% protein, 0.6–0.9% pectin, 1.2–2.3% organic acids. A valuable component of raspberry fruits are biologically active substances such as ascorbic acid (up to 50 mg%), catechins (up to 80 mg), anthocyanins (100–250 mg), vitamins B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, E, etc. Of the mineral compounds in raspberries, there is quite a lot of iron (1200 mg), zinc (200 mg), copper (170 mg) and manganese (210 mg per 100 g of raw product) [10]. In the studied varieties [10] of plum fruits contain 10–30% solids, 10–20% sugars, 0.4–2.7% acids, 0.3–2.1 mg/100 g of pectin substances, 15–18 mg/100 g of vitamin C, up to 80 mg/100 g of P-active substances, up to 350 mg/100 g anthocyanins et al. [10].

The obtained concentrates have a high content of phenolic substances with antioxidant activity, especially in raspberry berry concentrate (up to 2095 mg/dm<sup>3</sup>), which makes it possible to recommend the use of concentrates not only for enrichment, but also to increase the duration of food storage.

### Выводы / Conclusion

Following raspberry varieties of the Kazakhstan selection were considered: Anar, Arai and Salem. Physico-chemical indicators were studied: solids content, total sugars and titratable acidity. It was found that among the considered raspberry varieties, the highest values had variety Anar. Also Anar has the highest chemical indicators: sugar-acid index, ascorbic acid (vitamin C) content, total phenolic content and total flavonoids content.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.  
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.  
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.  
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.  
The authors declare no conflict of interest.



## ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Авторы хотели бы выразить благодарность Министерству сельского хозяйства Республики Казахстан за финансовую поддержку научно-исследовательского проекта «Разработка технологии переработки перспективных сортов плодовых, ягодных культур и винограда отечественной селекции с целью получения биологически активных веществ и плодово-ягодных порошков для использования в пищевой промышленности» в рамках Целевого финансирования Программы № BR10764977.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Alibekov R.S., Dabadé D.S., Urazbayeva K.A., Orymbetova G.E., Alibekova Z.I. Food safety and HACCP system in the PHYSALIS confiture production. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series Chemistry and Technology*. 2019; 4(436): 6-11. DOI: 10.32014/2019.2518-1491.35
- Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*. 1998; 56(11): 317-333. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- Espin J.C., Soler-Rivas C., Wichers H.J., García-Viguera C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000; 48(5): 1588-1592. DOI: 10.1021/jf9911390
- Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Влияние технологии экстракции на антиоксидантную активность экстрактов плодов черноплодной рябины. *Вестник Мурманского государственного технического университета*. 2017; 20(3): 600-608. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608
- Мачулькина В.А., Санникова Т.А., Гулин А.В., Антипенко Н.И. Использование сахарно-кислотного индекса для оценки качества плодов томатов. *Вестник КрасГАУ*. 2020; 5(158): 168-172. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-168-172
- Rao A.V., Snyder D.M. Raspberries and human health: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(7): 3871-3883. DOI: 10.1021/jf903484g
- Si X., Chen Q., Bi J., Wu X., Yi J., Zhou L., Li Z. Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016; 96(6): 2055-2062. DOI: 10.1002/jsfa.7317
- Shunekeyeva A.A., Alimardanova M.K., Majorov A.A. Fruit-berry fillers in the production of Kazakh national fermented milk drinks. *News of NAS RK. Series Chemistry and Technology*. 2021; 445(1): 139-146. DOI: 10.32014/2021.2518-1491.18
- Weber C., Hai Liu R. Antioxidant capacity and anticancer properties of red raspberry. *In VIII International Rubus and Ribes Symposium*. 2021; 585: 451-457. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.73
- Савков И.А. Определение содержания дубильных веществ в спиртовых извлечениях листьев малины обыкновенной, полученных различными способами. *Студенческая медицинская наука XXI века*. 2020; 2: 766-768. eLIBRARY ID: 47370200. EDN: HCUTGN
- Кошелева О.В., Коденцова В.М. Содержание витамина С в плодово-овощной продукции. *Вопросы питания*. 2013; 3(83): 45-52. eLIBRARY ID: 19527284. EDN: QLIFDV
- Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление. *Вопросы питания*. 2013; 1: 23-32. eLIBRARY ID: 18920125. EDN: PYATND
- Сорокопудов В.Н., Лучина Н.А., Мостовой О.А., Мячикова Н.И., Сорокопудова О.А., Писарев Д.И. Антиоксидантные свойства видов малины. *Научные ведомости Белгородского. Серия: Медицина. Фармация*. 2011; 4-2(99): 196-198. eLIBRARY ID: 23028835. EDN: TJYLGf

## ОБ АВТОРАХ:

## Азрет Утебаевич Шингисов

доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов» Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>

## Равшанбек Султанбекович Алибеков

кандидат химических наук, профессор кафедры «Пищевая инженерия» Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>

## Укилим Убайдуллаевна Тастемирова

Старший преподаватель Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, просп. Тауке хана 5, Шымкент 160012, Казахстан  
e-mail: ib\_tu@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7078-0044>

## FUNDING:

The authors would like to thank the Ministry of Agriculture of the Kazakhstan Republic for the financial support of the research project "Development of technology for processing promising varieties of fruit, berry crops and grapes of domestic selection in order to obtain biologically active substances and fruit and berry powders for use in the food industry" within the framework of Programme Targeted Funding No. BR10764977.

## REFERENCES

- Alibekov R.S., Dabadé D.S., Urazbayeva K.A., Orymbetova G.E., Alibekova Z.I. Food safety and HACCP system in the PHYSALIS confiture production. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series Chemistry and Technology*. 2019; 4(436): 6-11. DOI: 10.32014/2019.2518-1491.35
- Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*. 1998; 56(11): 317-333. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- Espin J.C., Soler-Rivas C., Wichers H.J., García-Viguera C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000; 48(5): 1588-1592. DOI: 10.1021/jf9911390
- Eremeeva N.B., Makarova N.V. The effect of extraction technology on the antioxidant activity of extracts of chokeberry fruits. *Bulletin of the Murmansk State Technical University*. 2017; 20(3): 600-608. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608 (In Russian)
- Machulkin V.A., Sannikova T.A., Gulina A.V., Antipenko N.I. The use of the sugar-acid index to assess the quality of tomato fruits. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; 5(158): 168-172. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-168-172 (In Russian)
- Rao A.V., Snyder D.M. Raspberries and human health: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(7): 3871-3883. DOI: 10.1021/jf903484g
- Si X., Chen Q., Bi J., Wu X., Yi J., Zhou L., Li Z. Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016; 96(6): 2055-2062. DOI: 10.1002/jsfa.7317
- Shunekeyeva A.A., Alimardanova M.K., Majorov A.A. Fruit-berry fillers in the production of Kazakh national fermented milk drinks. *News of NAS RK. Series Chemistry and Technology*. 2021; 445(1): 139-146. DOI: 10.32014/2021.2518-1491.18
- Weber C., Hai Liu R. Antioxidant capacity and anticancer properties of red raspberry. *In VIII International Rubus and Ribes Symposium*. 2021; 585: 451-457. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.73
- Savkov I.A. Determination of the content of tannins in alcohol extracts of raspberry leaves obtained by various methods. *Student medical science of the XXI century*. 2020; 2: 766-768. eLIBRARY ID: 47370200. EDN: HCUTGN (In Russian)
- Kosheleva O.V., Kodentsova V.M. Vitamin C content in fruit and vegetable products. *Nutrition issues*. 2013; 3(83): 45-52. eLIBRARY ID: 19527284. EDN: QLIFDV (In Russian)
- Tutelyan V.A., Lashneva N.V. Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, food sources, consumption. *Nutrition issues*. 2013; 1: 23-32. eLIBRARY ID: 18920125. EDN: PYATND (In Russian)
- Sorokopudov V.N., Luchina N.A., Mostovoy O.A., Myachikova N.I., Sorokopudova O.A., Pisarev D.I. Antioxidant properties of raspberry species. *Scientific bulletin of Belgorod. Series: Medicine. Pharmacy*. 2011; 4-2(99): 196-198. eLIBRARY ID: 23028835. EDN: TJYLGf (In Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

## Azret Utabaevich Shingisov

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology and Safety of food products», M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: azret\_utebai@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>

## Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov

Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Food Engineering M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: ralibekov@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>

## Ukilim Ubaidullaevna Tastemirova

Senior Lecturer M. Auezov' South Kazakhstan University, Tauke khan Ave. 5, Shymkent 160012, Kazakhstan  
e-mail: ib\_tu@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7078-0044>

А.Ю. Брюханов,  
Е.В. Шалавина ✉,  
Э.В. Васильев

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Россия*

✉ shalavinaev@mail.ru

Поступила в редакцию:  
01.06.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
15.09.2022

Aleksandr Yu. Briukhanov,  
Ekaterina V. Shalavina ✉,  
Eduard V. Vasilev

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production — branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Saint Petersburg, Russian Federation*

✉ shalavinaev@mail.ru

Received by the editorial office:  
01.06.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
15.09.2022

# Методика расчетов комбинированной ресурсосберегающей системы навозоудаления на свиноводческих комплексах

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Использование в качестве технической воды при навозоудалении жидкой фракции навоза является ресурсосберегающим решением. Для реализации этого решения при проектировании комбинированных ресурсосберегающих систем навозоудаления требуется наличие методики проведения расчетов и учета количества входящих в состав навоза биогенных и взвешенных веществ, переходящих в твердую и жидкую фракцию при сепарации навоза. Целью исследований была разработка методики расчетов количественных и качественных характеристик фракций навоза с учетом использования части жидкой фракции в системе навозоудаления.

**Методы.** Расчеты были выполнены по данным свиноводческого комплекса, расположенного в Ленинградской области, с единовременным поголовьем 65 100 голов.

**Результаты** расчетов сравнили с фактическими значениями по протоколам лабораторных исследований.

**Результаты.** Разработанная методика позволит хозяйству составить более точный план учета питательных веществ, переходящих в органическое удобрение, а также позволит сэкономить до 47 450 тонн чистой воды для системы навозоудаления в год.

**Ключевые слова:** свиной навоз, навозоудаление, органическое удобрение, общий азот, ресурсосбережение

**Для цитирования:** Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Методика расчетов комбинированной ресурсосберегающей системы навозоудаления на свиноводческих комплексах. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 136-142. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-136-142>

© Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В.

# Calculation methods of a combined resource-saving system of manure removal on pig-rearing complexes

## ABSTRACT

**Relevance.** The use of liquid fraction of pig manure as technical water for manure removal is a resource-saving solution. Applying this solution in designing combined resource-saving manure removal systems requires calculation and accounting methods for the manure nutrients and suspended matter, which pass into the solid and liquid fractions during manure separation. The study aimed to develop a methodology for calculating the quantity and quality of manure fractions for the case when a part of the liquid fraction would be used in the manure removal system.

**Methods.** Calculations were based on the data from a pig rearing complex located in the Leningrad region, with 65,100 heads on the complex at any one time. The calculation results were compared with the actual values from the protocols of laboratory analyses.

**Results.** The developed methodology will allow the farm to make a more efficient accounting plan for nutrients passing into organic fertilisers. It will also save up to 47 450 tons of clean water for the manure removal system per year.

**Key words:** pig manure, manure removal, organic fertiliser, total nitrogen, resource saving

**For citation:** Briukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Vasilev E.V. Calculation methods of a combined resource-saving system of manure removal on pig-rearing complexes. Agrarian science. 2022; 363 (10): 136-142. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-136-142> (In Russian).

© Briukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Vasilev E.V.

### Введение / Introduction

За последние 40 лет количество чистой пресной воды из расчета на одного человека уменьшилось на 60%. Сельское хозяйство — самый большой потребитель пресной воды. На сегодняшний день этот сектор экономики потребляет почти 70% от всего объема используемой человеком пресной воды [1]. Учитывая, что свиной навоз на 85% состоит из воды, ресурсосберегающим решением будет перерабатывать его и повторно использовать в качестве воды — оборотное водоснабжение.

Основным ресурсом в системе навозоудаления на свиноводческих комплексах является вода, которая необходима для изначального наполнения навозных ванн, мойки и дезинфекции полов и станочного оборудования и других технологических нужд. При добавлении к экскрементам воды, гранулометрический состав навоза и его влажность изменяются. Установлено, что при влажности навоза 90% и более остаточный слой навоза в системе навозоудаления увеличивается, что объясняется интенсивным расслоением навоза на фракции. Проведенными ранее исследованиями установлено, что при увеличении влажности навоза с 88% до 90% остаточный слой уменьшается, что можно объяснить уменьшением значения предельного напряжения сдвига. Затем, с увеличением влажности сверх 91%, остаток увеличивается, что объясняется ин-

тенсивным расслоением навоза на фракции. Таким образом, оптимальная влажность навоза, поступающего в систему навозоудаления, составляет 89–91%. В производственных условиях она может находиться в пределах 89–92% [2]. Излишнее количество воды в системе крайне нежелательно, так как оно способствует заиливанию ванны вследствие интенсивного расслоения на фракции и увеличивает объем утилизируемого навоза [3]. Использование самой же жидкой фракции навоза совместно с чистой водой в системе навозоудаления позволит не только снизить потребление чистой воды, но и сделать навозоудаление оптимальным.

При разработке Технологических регламентов переработки и использования навоза в качестве удобрения в ИАЭП — филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ — был проведен анализ натурных данных 15 свиноводческих комплексов, применяющих технологию — «самосплав». Свиноводческие комплексы были разной мощности и имели поголовье в диапазоне 6000–168 000 голов. Регионы размещения свиноводческих комплексов: Калининградская область, Ленинградская область, Псковская область, Томская область, Калужская область, Республика Бурятия и Красноярский край. Данные по массе технологической воды брались по счетчикам свиноводческих комплексов (рисунок 1, 2).

Как видно из рисунка 1, масса технической воды, необходимая на 1 подсосную свиноматку, составляет

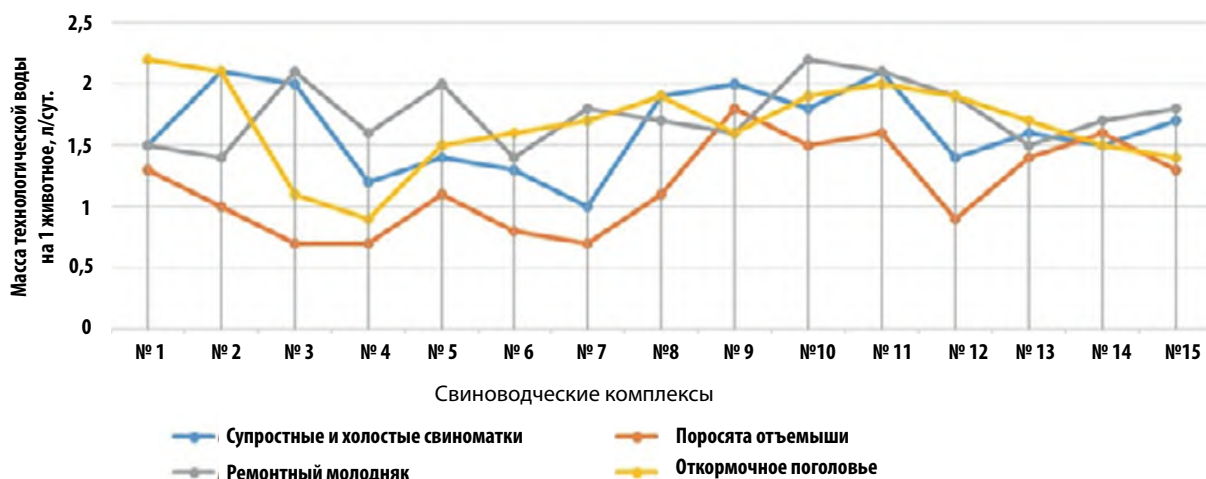
**Рисунок 1.** Масса технологической воды на 1 подсосную свиноматку в сутки

**Figure 1.** Mass of process water per 1 suckling sow per day



**Рисунок 2.** Масса технологической воды на 1 животное в сутки

**Figure 2.** Mass of process water per 1 animal per day



от 15,3 до 19,8 литров в сутки. Масса технической воды, необходимой на 1 супоросную или холостую свиноматку, составляет от 1,0 до 2,1 литров в сутки. Как видно из рисунка 2, масса технической воды, необходимой на 1 поросенка-отъемыша, составляет от 0,7 до 1,8 литров в сутки. Масса технической воды, необходимой на 1 голову ремонтного молодняка, составляет от 1,4 до 2,2 литров в сутки. Масса технической воды, необходимой на 1 голову откормочного поголовья, составляет от 0,9 до 2,2 литров в сутки [4]. В соответствии с РД-АПК 1.10.02.04-12 «Методические рекомендации по технологическому проектированию свиноводческих ферм и комплексов», масса технологической воды на 1 подсосную свиноматку с приплодом составляет 20 л/гол./сут.; на 1 супоросную или холостую свиноматку — 7 л/гол./сут.; на 1 голову откормочного или ремонтного поголовья — 4,5 л/гол./сут. Сравнив нормативные и фактические значения можно сделать вывод, что фактические значения меньше нормативных.

Учитывая, что жидкая фракция свиного навоза содержит биогенные элементы (общий азот и фосфор), корректный учет ее количественных и качественных характеристик является приоритетной задачей при проектировании технологических решений, задействованных при работе со свиным навозом [5–10].

На сегодняшний день в Российской Федерации не существует методик расчета количественных и качественных характеристик навоза при использовании вместо чистой воды в системе навозоудаления жидкой фракции самого навоза, после блока разделения навоза на фракции. Расчет осуществляется на основании технических характеристик сепаратора и РД-АПК 1.10.15.02-17\* «Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета».

Целью исследований была разработка методики расчетов количественных и качественных характеристик фракций навоза с учетом использования части жидкой фракции в системе навозоудаления.

#### Материал и методы исследования / Materials and method

Исследование проведено на свиноводческом комплексе, расположенном Ленинградской области, с единовременным поголовьем 65–100 голов.

Для удаления навоза в свинарниках для содержания всех половозрастных групп свиней применяется самотечная система навозоудаления периодического действия, которая состоит из секций бетонных навозоприемных ванн с проложенными под ними пластиковыми канализационными трубами и входит в состав специального сельскохозяйственного оборудования системы навозоудаления и навозонакопителей. После завершения каждого цикла производства предусматривается мойка и дезинфекция станочного оборудования и навозоприемных ванн с использованием передвижных моечных установок высокого давления производительностью 150–900 л/час и напором 100–150 атм.

Весь навоз из помещений содержания животных самотеком поступает в подземный приемный резервуар, выполненный из бетона, объемом 2000 м<sup>3</sup>. Наземная часть приемного резервуара выполнена в виде одноэтажного здания, в котором располагается технологическое оборудование. Для поддержания свиного навоза в однородном состоянии в резервуаре установлены 2 погружных миксера «Landia POP-lms 160 EM 1020»

(основной и резервный), мощностью 18 кВт каждый. Для откачки навоза в цех разделения на фракции установлены 2 погружных насоса «Landia DG-I 105 MS 160» (основной и резервный), мощностью 15 кВт каждый. Транспортирование навоза к месту разделения навоза на фракции осуществляется по пропиленовым трубам диаметром 100 мм, расположенным под землей. Для регулирования глубины погружения насосов смонтирован монорельс, на который через электропроводную каретку подвешена электрическая таль «BE 102M». Запуск работы оборудования производится автоматически, уровень навоза фиксируется датчиками. Вся информация выводится на пульт управления оператора.

Цех разделения на фракции включает в себя механический фильтр с гидравлическим приводом, гидроциклон, усреднитель, измельчитель с электроприводом и два вихревых насоса «Caprari KKCW100LA». Все технологические элементы оборудованы датчиками уровня. Часть жидкой фракции свиного навоза после цеха сепарации по трубопроводу перекачивается в лагуны, вторая часть по отдельному трубопроводу перекачивается обратно на свиноводческий комплекс в приемный резервуар. В резервуаре происходит разбавление жидкой фракции водой, после чего жидкость используется для удаления навоза гидросмывом.

Жидкая фракция свиного навоза, перекачанная в лагуны, перерабатывается в жидкое органическое удобрение методом длительного выдерживания. Твердая фракция навоза перерабатывается в органическое удобрение методом пассивного компостирования.

Расчет массы экскрементов животных  $M_{\Sigma}$ , их влажности и содержания в них общего азота  $N_{\Sigma}$  проводился на основании метода баланса масс [11–14]. Данные по кормам, приростам и среднегодовому количеству поросят на 1 свиноматку предоставлены свиноводческим комплексом.

Масса жидкости, используемой для гидросмыва (после цеха сепарации),  $M_{ГС}$ , — это фиксированное постоянное значение, полученное на основании данных приборов учета Приемного резервуара 2. Масса жидкости, поступающая в систему навозоудаления, включает в себя  $M_{ГС}$  и массу чистой воды (50 тонн в сутки).

Масса общего азота в жидкости для гидросмыва определялась двумя способами: расчетным и экспериментальным.

Расчетным путем масса общего азота в жидкости для гидросмыва определялась по формуле 1:

$$N_{ГС} = N_H - N_{\Sigma}, \quad (1)$$

где  $N_{ГС}$  — расчетная масса общего азота в жидкости для гидросмыва, т/сут.;

$N_H$  — масса общего азота в навозе, т/сут.;

$N_{\Sigma}$  — масса общего азота в экскрементах животных, т/сут.

Фактическая масса общего азота в жидкости для гидросмыва определялась экспериментальным путем на основании данных протоколов лабораторных анализов. Из Приемного резервуара 2 отбиралась проба жидкой фракции навоза, в которой определялось значение общего азота  $N_{tot}$ . Масса общего азота в жидкости для гидросмыва рассчитывалась по формуле 2:

$$N_{ФГС} = N_{tot} \cdot M_{rc} / 100, \quad (2)$$



где  $N_{\text{фгс}}$  — фактическая масса общего азота в жидкости для гидросмыва, т/сут.;

$N_{\text{tot}}$  — содержание общего азота в жидкости для гидросмыва (жидкая фракция навоза), %;

$M_{\text{гс}}$  — масса жидкости для гидросмыва, т/сут.

Масса свиного навоза (экскременты и жидкая фракция навоза для гидросмыва) определялись двумя способами: расчетным и экспериментальным.

Расчетным путем масса свиного навоза (экскременты и жидкая фракция навоза для гидросмыва) рассчитывалась по формуле 3:

$$M_{\text{H}} = M_{\text{Э}} + M_{\text{гс}}, \quad (3)$$

где  $M_{\text{H}}$  — масса навоза, поступающая в приемный резервуар цеха сепарации, т/сут.;

$M_{\text{Э}}$  — масса экскрементов животных, полученная расчетным путем, т/сут.;

$M_{\text{гс}}$  — масса жидкой фракции свиного навоза, поступающей после цеха сепарации обратно на свиноводческий комплекс, т/сут.  $M_{\text{гс}} = 130$  тонн в сутки.

Фактическая масса свиного навоза определялась экспериментальным путем. В приемном резервуаре установлены приборы учета (датчики уровня), контролирующие заполняемость резервуара. Как только датчик сигнализировал о том, что приемный резервуар заполнен, производилась откачка навоза. Умножая число раз заполнения резервуара на объем резервуара, определяли фактическую массу навоза.

Расчетным способом масса общего азота в навозе определялась на основании метода баланса масс, скорректированного поправочным коэффициентом.

Фактическая масса общего азота в навозе определялась экспериментальным путем на основании результатов протоколов лабораторных анализов. Проба навоза отбиралась из Приемного резервуара 1. В пробе определялось значение общего азота. Масса общего азота в навозе рассчитывалась по формуле 3:

$$N_{\text{H}} = N_{\text{tot}_\text{H}} \cdot M_{\text{H}} / 100 \quad (4)$$

где  $N_{\text{H}}$  — фактическая масса общего азота в навозе, т/сут.;

$N_{\text{tot}_\text{H}}$  — содержание общего азота в навозе, %;

$M_{\text{H}}$  — масса навоза, т/сут.

Расчет массы, влажности и общего азота в твердой и жидкой фракции свиного навоза проводился на основании разработанной ранее методики [15].

Фактические масса твердой фракции свиного навоза определялась путем подсчета количества прицепов заданной вместимости, транспортировавших твердую фракцию навоза на бетонированную площадку. Расчет сделан с учетом поправки на плотность материала (формула 5):

$$M_{\text{тф}} = K_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{тф}}, \quad (5)$$

где  $M_{\text{тф}}$  — фактическая масса твердой фракции навоза, т/сут.;

$K_{\text{п}}$  — количество прицепов вывезенной твердой фракции навоза за сутки, шт.;

$V_{\text{п}}$  — вместимость 1 прицепа, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{тф}}$  — плотность твердой фракции, кг/м<sup>3</sup>.

Фактическая масса жидкой фракции свиного навоза определялась на основании данных приборов учета, установленных в Приемном резервуаре 2. Полученные данные проверялись по формуле (6).

$$M_{\text{H}} = M_{\text{тф}} + M_{\text{жф}}, \quad (6)$$

где  $M_{\text{H}}$  — масса навоза, т/сут.;

$M_{\text{тф}}$  — масса твердой фракции навоза, т/сут.;

$M_{\text{жф}}$  — масса жидкой фракции навоза, т/сут.

Фактические данные по влажности твердой и жидкой фракций взяты из протоколов лабораторных анализов, полученных из аккредитованной лаборатории «Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория» (ФГБУ ЦНМВЛ) в соответствии с ГОСТ 26713-85 «Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка».

Фактическая масса общего азота в твердой и жидкой фракции определялась экспериментальным путем на основании данных протоколов лабораторных анализов, полученных из аккредитованной лаборатории в соответствии с ГОСТами. Из Приемного резервуара 2 отбиралась проба жидкой фракции навоза. Из прицепа, транспортирующего твердую фракцию к месту переработки, отбиралась проба твердой фракции навоза. В пробах определялся общий азот. Масса общего азота рассчитывалась по формулам 7 и 8:

$$N_{\text{тф}} = N_{\text{tot}_\text{тф}} \cdot M_{\text{тф}} / 100 \quad (7)$$

где  $N_{\text{тф}}$  — масса общего азота в твердой фракции навоза, т/сут.;

$N_{\text{tot}_\text{тф}}$  — содержание общего азота в твердой фракции навоза, %;

$M_{\text{тф}}$  — масса твердой фракции навоза, т/сут.

$$N_{\text{жф}} = N_{\text{tot}} \cdot M_{\text{жф}} / 100 \quad (8)$$

где  $N_{\text{жф}}$  — масса общего азота в жидкой фракции навоза, т/сут.;

$N_{\text{tot}}$  — содержание общего азота в жидкой фракции навоза, %;

$M_{\text{жф}}$  — масса жидкой фракции навоза, т/сут.

Масса жидкой фракции свиного навоза, возвращающаяся на свиноводческий комплекс в качестве жидкости для гидросмыва  $M_{\text{гс}}$ , бралась на основании данных приборов учета. Масса жидкой фракции свиного навоза, поступающая на блок длительного выдерживания, рассчитывается по формуле 9:

$$M_{\text{жф}_\text{дв}} = M_{\text{жф}} - M_{\text{гс}} \quad (9)$$

где  $M_{\text{жф}_\text{дв}}$  — масса жидкой фракции, перерабатываемая в органическое удобрение методом длительного выдерживания, т/сут.;

$M_{\text{жф}}$  — масса образуемой после цеха сепарации жидкой фракции свиного навоза, т/сут.;

$M_{\text{гс}}$  — масса жидкой фракции свиного навоза, используемой на комплексе для гидросмыва, т/сут.

Масса общего азота в жидкой фракции навоза, поступающей на блок длительного выдерживания, рассчитывается по формуле (10):

$$N_{\text{жф}_\text{дв}} = \frac{M_{\text{жф}_\text{дв}}}{M_{\text{жф}}} \cdot N_{\text{жф}}, \quad (10)$$

где  $N_{\text{жф\_дв}}$  — масса общего азота в жидкой фракции навоза, перерабатываемой в органическое удобрение методом длительного выдерживания, т/сут.

Масса общего азота в жидкой фракции навоза, используемой на комплексе для гидросмыва, определяется по формуле 11:

$$N_{\text{фгс}} = N_{\text{жф}} - N_{\text{жф\_дв}} \quad (11)$$

Масса общего азота в жидкости для гидросмыва, полученная расчетным путем по формуле 11, уточняется фактическими замерами с перерасчетом по формуле (2).

Расчет количественных и качественных характеристик получаемых твердого и жидкого органических удобрений выполнялся по стандартным методикам в соответствии с РД-АПК 1.10.15.02-17\*. Расчетные значения сравнивались с фактическими.

Отборы проб выполнялись с трехкратной повторностью. Экспериментальные данные были обработаны в программе «Microsoft Excel».

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

На пилотном свиноводческом комплексе ежегодно образуется в среднем 440 тонн свиного навоза (смесь экскрементов всех групп животных и жидкой фракции свиного навоза, используемой для гидросмыва). Фактическая средняя масса навоза определялась на основании приборов учета, установленных в Приемном резервуаре 1 свиноводческого комплекса. В соответствии с технологической схемой предприятия, весь свиной навоз по трубопроводу подается в Приемный резервуар 1. Из приемного резервуара отобраны пробы навоза для определения в них влажности и общего азота. Весь свиной навоз из Приемного резервуара 1 подается в цех сепарации. Жидкая фракция подается в Приемный резервуар 2, а твердая фракция сгружается в прицепы для транспортировки твердой фракции на бетонированную площадку (рисунк 3).

В процессе работы отбирались пробы твердой фракции свиного навоза из прицепа, жидкой фракции свиного навоза из Приемного резервуара 2.

Твердая фракция навоза на свиноводческом комплексе перерабатывается методом пассивного компостирования. После переработки 11 600 тонн твердого органического удобрения (ТОУ) с содержанием общего азота 42,31 тонн, вносятся на земельные угодья сельскохозяйственного назначения. Из Приемного резервуара 2 130 тонн жидкой фракции свиного навоза возвращается на свиноводческий комплекс для использования ее в системе навозоудаления. Оставшиеся 276,4 тонны жидкой фракции перекачиваются в лагуны для переработки в жидкое органическое удобрение (ЖОУ) методом длительного выдерживания. В результате переработки на земельные угодья вносится 87 780 тонн ЖОУ с содержанием общего азота 332,92 тонны.

Сравнение расчетных и фактических значений представлено в таблице 1.

Сравнение расчетных и фактических значений, отраженное в таблице 1, показывает, что предложенная методика расчета достоверна.

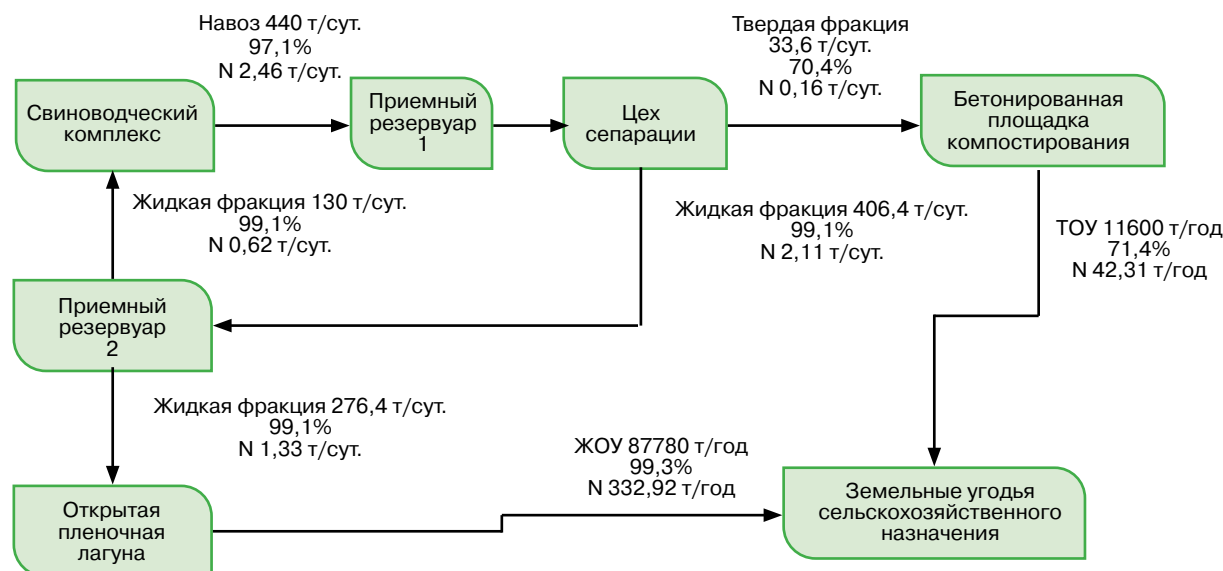
При использовании жидкой фракции свиного навоза в системе навозоудаления экономится такой ресурс, как чистая вода. Согласно данным Международного института управления водными ресурсами (IWM), за последние 100 лет потребление воды возросло в 6 раз, а к 2050 — удвоится, соответственно возрастут осуществленные в разных странах оплаты услуг за водоснабжение. По статистике на 1 чел. приходится 2,5–3 л/сут. По прогнозам ООН население планеты к 2025 г. увеличится до 8,5 млрд. чел., потребуются дополнительно около 6 тыс. км<sup>3</sup> пресной дорогостоящей воды [16–18].

Учитывая, что на 1 января 2021 года по данным Росстата поголовье свиней в России составило 26,2 млн голов, а в среднем на 1 голову на технологические нужды приходится 2 литра чистой воды в сутки, экономия чистой воды за год по России может достичь 19,1 млн м<sup>3</sup>.

Только при функционировании 1 комплекса уже экономится 130 тонн в сутки чистой воды, что в год

**Рисунок 3.** Балансовая схема системы опереработки навоза на пилотном свиноводческом комплексе (фактические значения)

**Figure 3.** Balance diagram of the manure management system at the pilot pig farm (actual values)



**Таблица 1. Сравнение расчетных и фактических значений количественных и качественных характеристик навоза и продуктов из него полученных**

**Table 1. Comparison of calculated and actual values of quantitative and qualitative characteristics of manure and products obtained from it**

Показатель	Расчетное значение	Фактическое значение	Различие, %
Характеристики свиного навоза			
Масса экскрементов, т/сут.	294,7	–	–
Масса общего азота в экскрементах, т/сут.	2,01	–	–
Масса жидкости для гидросмыва, т/сут.	–	130	–
Масса общего азота в жидкости для гидросмыва, т/сут.	0,5	0,46	8,7
Масса навоза, т/сут.	424,7	440	3,5
Масса общего азота в навозе, т/сут.	2,51	2,46	2
Влажность навоза, %	96,8	97,1	0,3
Характеристики твердой фракции навоза			
Масса твердой фракции свиного навоза, т/сут.	34,5	33,6	2,7
Влажность твердой фракции, %	69,7	70,4	–
Масса общего азота в твердой фракции, т/сут.	0,17	0,16	6,3
Характеристики жидкой фракции навоза			
Масса жидкой фракции свиного навоза, т/сут.	390,2	406,4	4
Влажность жидкой фракции навоза, %	99,3	99,1	0,2
Масса общего азота в жидкой фракции навоза, т/сут.	2,15	2,11	1,9
Характеристики жидкости для гидросмыва и сырья для приготовления ЖОУ			
Масса жидкой фракции на длительное выдерживание, т/сут.	276,4	276,4	–
Масса жидкой фракции на гидросмыв, т/сут.	–	130	–
Масса общего азота в жидкой фракции на длительное выдерживание, т/сут.	1,44	1,33	8,3
Масса общего азота в гидросмыве, т/сут.	0,67	0,62	8,1
Характеристики ТОУ и ЖОУ			
Масса ТОУ, т/год	10 703,6	11 600	7,7
Масса азота в ТОУ, т/год	46,54	42,31	10
Масса ЖОУ, т/год	90 797,4	87 780	3,4
Масса азота в ЖОУ, т/год	367,92	332,92	10,5

**Таблица 2. Показатели двух сценариев технологических решений**

**Table 2. Indicators of two scenarios of technological solutions**

Показатель	Сценарий 1	Сценарий 2
Масса сэкономленной чистой воды	0	47450
Масса питательных веществ в удобрении, т/год	440,19	375,23
Удобренная площадь, га	2589,4	2207,2
Общие потери азота при переработке, %	40	28

составляет 47 450 тонн (Сценарий 2). Данные представлены в таблице 2.

При применении на свиноводческом комплексе наиболее распространенной технологии длительного выдерживания (без разделения на фракции) (Сценарий 1), экономии чистой воды бы не было, а масса питательных веществ увеличилась бы незначительно.

### Выводы / Conclusion

В результате исследований разработана методика расчетов количественных и качественных характеристик фракций навоза с учетом использования части жидкой фракции в системе навозоудаления. Расчеты по действующим методикам скорректированы с учетом наличия общего азота в жидкости, используемой для навозоудаления.

Отличие между расчетными и фактическими значениями по массе общего азота в жидкости для гидросмыва составило 8,7%, отличие по массе навоза — 3,5%, отличие по массе общего азота в навозе — 2%. Отличия между расчетными и фактическими значениями по характеристикам твердой фракции не превысили 6,3%; отличия по характеристикам жидкой фракции не превысили 4%. Максимальная разница между расчетными и фактическими значениями наблюдалась в массе азота в ЖОУ, она составила 10,5%. Сравнение расчетных и фактических значений показывает, что предложенная методика расчета достоверна.

Скорректированная методика расчетов позволит хозяйству составить более точный план управления питательными веществами навоза для обеспечения более эффективного оборота азота навоза, исключения его избыточного внесения на поля в составе органических удобрений и повышения экономии чистой воды для системы навозоудаления до 47 450 тонн в год.

Разработанная методика позволит осуществить проектирование технологии, обеспечивающее расчет потоков биогенных элементов, переходящих в удобрение, а также жидкости, используемой в качестве технической воды на свиноводческом комплексе.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кухаренко А.А., Орехова В.И. Мировые запасы пресных вод. В сборнике: *Научное обеспечение агропромышленного комплекса*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. 2018. 263-265.
2. Морозов Н.М., Денисов В.А. Рекомендации по системам удаления, транспортирования, хранения и подготовки к использованию навоза для различных производственных и природно-климатических условий. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. 2005. 180.
3. Трифанов А.В., Найдено В.К., Брыков Ю.А. Результаты исследований самотечно-сливной системы удаления навоза периодического действия. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2007. 79. 132-142.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 41-2017 «Интенсивное разведение свиней» Режим доступа: [https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav\\_NDT\\_2017](https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav_NDT_2017) (Дата обращения 20.05.2022)
5. Hjorth M., Christensen K.V., Christensen M.L. et al. Solid — liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. 30, 153-180. <https://doi.org/10.1051/agro/2009010>
6. Rigolot C., Espagnol S., Robin P., Hassouna M., Béline F., Paillat J.M., Dourmad J.Y. Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. *Animal* 2010, 4, 1413-1424. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000509>
7. Regelink I., Ehler P., Smit G., Everlo S., Prinsen A., Schoumans O. Phosphorus Recovery from co — Digested Pig Slurry. 2019; Available from: <https://edepot.wur.nl/476731> [Accessed May 20, 2022]
8. Velthof G.L., Rieta R.P. J. J. Nitrogen use efficiency and gaseous nitrogen losses from the concentrated liquid fraction of pig slurries. *International Journal of Agronomy*. 2019, 1. <https://doi.org/10.1155/2019/9283106>
9. Luo Y., Stichnothe H., Schuchardt F., Li G., Huaitalla R.M., Xu W. Life cycle assessment of manure management and nutrient recycling from a Chinese pig farm. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* 2014, 32, 4-12 <https://doi.org/10.1177/0734242X13512715>
10. Pexas G., Mackenzie S., Wallace M., Kyriazakis I. Environmental impacts of housing conditions and manure management in European pig production systems through a life cycle perspective: A case study in Denmark. *Journal of Cleaner Production*. 2020, 253. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120005>
11. Briukhanov A., Luostarinen S., Trifanov A., Shalavina E., Kozlova N., Vasilev E., Subbotin I. Revision of the total nitrogen and phosphorus content in a cattle manure-based organic fertiliser in North-West Russia. *Agricultural and Food Science*. 2021. 30: 44-52 <https://doi.org/10.23986/afsci.99191>
12. Keener H.M., Zhao L. A Modified mass balance method for predicting NH<sub>3</sub> emissions from manure N for livestock and storage facilities. *Biosystems Engineering*. 2008. 99. 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.09.006>
13. Poulsen H.D., Lund P., Sehested J., Hutchings N., Sommer S.G. Quantification of nitrogen and phosphorus in manure in the Danish normative system. In: *Technology for Recycling of Manure and Organic Residues in a Whole-Farm Perspective. Proceedings of the 12th Ramiran International conference*. Slagelse, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences. 2006. 2. 105-107.
14. Luostarinen S., Grönroos J., Hellstedt M., Nousiainen J., Munther, J. Finnish Normative Manure System: System documentation and first results. *Natural resources and bioeconomy studies 48/2017. Helsinki: Natural Resources Institute Finland (Luke)*. 2017. 74 p.
15. Шалавина Е.В., Уваров Р.А., Васильев Е.В. Методика расчета распределения общего азота и общего фосфора между фракциями свиного навоза. *Инженерные технологии и системы*. 2022. Т. 32. № 1. 54-70.
16. Исаев О.И. Использование экономической оценки водных ресурсов в управлении водохозяйственной деятельностью. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М. 2009. 24 с.
17. Эргешев А.А., Усупаев Ш. Э. Водные проблемы на рынке окружающей среды. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. № 4. 110-115.
18. Глобальная проблема дефицита пресной воды. Режим доступа: <https://www.socionauki.ru/journal/articles/129824/> (Дата обращения 20.05.2022)

## ОБ АВТОРАХ:

**Александр Юрьевич Брюханов**

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ  
3, Филтровское шоссе, пос. Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Российская Федерация  
E-mail: sznii@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>

**Екатерина Викторовна Шалавина**

старший научный сотрудник, кандидат технических наук  
Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ  
3, Филтровское шоссе, пос. Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Российская Федерация E-mail: shalavinaev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>

**Эдуард Вадимович Васильев**

ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук  
Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ  
3, Филтровское шоссе, пос. Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Российская Федерация E-mail: sznii6@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>

## REFERENCES

1. Kuharenko A.A., Orekhova V.I. World fresh water reserves. In: *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa*. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina. 2018. S. 263-265. (In Russian)
2. Morozov N.M., Denisov V.A. Recommendations on systems for the removal, transportation, storage and preparation for use of manure for various production and climatic conditions. M.: Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii. 2005. 180. (In Russian)
3. Trifanov A.V., Najdenko V.K., Brykov YU.A. Results of studies of a gravity-flow-drainage system for removing manure of periodic action. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2007. 79. 132-142. (In Russian)
4. Intensive rearing of pigs. Information and technical BAT reference book. Available from: [https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav\\_NDT\\_2017](https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav_NDT_2017) [Accessed May 20, 2022] (in Russian)
5. Hjorth M., Christensen K.V., Christensen M.L. et al. Solid — liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. 30, 153-180. <https://doi.org/10.1051/agro/2009010>
6. Rigolot C., Espagnol S., Robin P., Hassouna M., Béline F., Paillat J.M., Dourmad J.Y. Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. *Animal* 2010, 4, 1413-1424. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000509>
7. Regelink I., Ehler P., Smit G., Everlo S., Prinsen A., Schoumans O. Phosphorus Recovery from co — Digested Pig Slurry. 2019; Available from: <https://edepot.wur.nl/476731> [Accessed May 20, 2022]
8. Velthof G.L., Rieta R.P. J. J. Nitrogen use efficiency and gaseous nitrogen losses from the concentrated liquid fraction of pig slurries. *International Journal of Agronomy*. 2019, 1. <https://doi.org/10.1155/2019/9283106>
9. Luo Y., Stichnothe H., Schuchardt F., Li G., Huaitalla R.M., Xu W. Life cycle assessment of manure management and nutrient recycling from a Chinese pig farm. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* 2014, 32, 4-12 <https://doi.org/10.1177/0734242X13512715>
10. Pexas G., Mackenzie S., Wallace M., Kyriazakis I. Environmental impacts of housing conditions and manure management in European pig production systems through a life cycle perspective: A case study in Denmark. *Journal of Cleaner Production*. 2020, 253. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120005>
11. Briukhanov A., Luostarinen S., Trifanov A., Shalavina E., Kozlova N., Vasilev E., Subbotin I. Revision of the total nitrogen and phosphorus content in a cattle manure-based organic fertiliser in North-West Russia. *Agricultural and Food Science*. 2021. 30: 44-52 <https://doi.org/10.23986/afsci.99191>
12. Keener H.M., Zhao L. A Modified mass balance method for predicting NH<sub>3</sub> emissions from manure N for livestock and storage facilities. *Biosystems Engineering*. 2008. 99. 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.09.006>
13. Poulsen H.D., Lund P., Sehested J., Hutchings N., Sommer S.G. Quantification of nitrogen and phosphorus in manure in the Danish normative system. In: *Technology for Recycling of Manure and Organic Residues in a Whole-Farm Perspective. Proceedings of the 12th Ramiran International conference*. Slagelse, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences. 2006. 2. 105-107.
14. Luostarinen S., Grönroos J., Hellstedt M., Nousiainen J., Munther, J. Finnish Normative Manure System: System documentation and first results. *Natural resources and bioeconomy studies 48/2017. Helsinki: Natural Resources Institute Finland (Luke)*. 2017. 74 p.
15. Shalavina E.V., Uvarov R.A., Vasil'ev E.V. Calculation methods of total nitrogen and total phosphorus distribution in pig manure fractions. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*. 2022. T. 32. № 1. 54-70. (In Russian)
16. Isaev O.I. Use of economic assessment of water resources in water management. *Avtoferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk*. M. 2009. 24. (In Russian)
17. Ergeshev A.A., Usupaev Sh.E Water issues in the environment market. *Nauka, novye tekhnologii i innovacii Kyrgyzstana*. 2019. № 4. 110-115. (In Russian)
18. The global problem of fresh water scarcity. Available from: <https://www.socionauki.ru/journal/articles/129824/> [Accessed May 20, 2022] (in Russian)

## ABOUT THE AUTHORS:

**Aleksandr Yuryevich Briukhanov**

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Engineering), director of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production — branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM  
3, Fil'trovskoye Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, 196625, Russian Federation  
E-mail: sznii@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>

**Ekaterina Viktorovna Shalavina**

Senior Researcher, Cand. Sci. (Engineering), Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production — branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM  
3, Fil'trovskoye Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, 196625, Russian Federation  
E-mail: shalavinaev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>

**Eduard Vadimovich Vasilev**

Leading Researcher, Cand. Sci. (Engineering), Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production — branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM  
3, Fil'trovskoye Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, 196625, Russian Federation  
E-mail: sznii6@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>



Р.И. Фаткуллин<sup>1</sup>,  
И.В. Калинина<sup>1</sup>,  
Н.В. Науменко<sup>1</sup>, ✉  
Н.В. Попова<sup>1</sup>,  
Е.Е. Науменко<sup>1</sup>,  
Е. Иванисова<sup>2</sup>,  
М. Токар<sup>2</sup>,  
А.Д. Антонова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Словацкий сельскохозяйственный университет, Нитра, Словакия

<sup>3</sup> Национальный исследовательский университет «ИТМО», Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ Naumenkonv@susu.ru

Поступила в редакцию:  
26.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
20.09.2022

Принята к публикации:  
10.10.2022

Rinat I. Fatkullin<sup>1</sup>,  
Irina V. Kalinina<sup>1</sup>,  
Natalya V. Naumenko<sup>1</sup>, ✉  
Natalia V. Popova<sup>1</sup>,  
Ekaterina E. Naumenko<sup>1</sup>,  
Eva Ivanišová<sup>2</sup>,  
Marián Tokár<sup>2</sup>,  
Anastasia D. Antonova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

<sup>3</sup> "ITMO" University, St. Petersburg, Russian Federation

✉ Naumenkonv@susu.ru

Received by the editorial office:  
26.08.2022

Accepted in revised:  
20.09.2022

Accepted for publication:  
10.10.2022

## Оценка биодоступности флавоноидов в растительных напитках с антиоксидантными свойствами

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Развитие производства ферментированных растительных напитков позволит не только максимально эффективно перерабатывать зерновые культуры, но и удовлетворить потребности людей, страдающих непереносимостью компонентов молока, а также потребителей, придерживающихся вегетарианского типа питания. В качестве одного из направлений возможно предложить получение ферментированных растительных напитков с заданными свойствами путем обогащения их антиоксидантами полифенольной природы. Данные технологии позволят минимизировать риски возникновения неинфекционных заболеваний населения РФ и стабилизировать здоровье населения в долгосрочной перспективе.

**Методы.** Объектами исследования были определены шесть образцов ферментированных растительных напитков, два из которых получены путем ферментирования зерна пшеницы и ячменя с применением закваски «Бифивит», в два других образца на этапе ферментации вносился порошкообразный флавоноид таксифолин, а в последних двух использовалась инкапсулированная в гидроксипропил-бета-циклодекстрин форма таксифолина. Во всех исследуемых образцах было определено общее содержание флавоноидов с применением спектрофотометрического метода, антиоксидантная активность (АОА) с использованием DPPH-метода, а также индекс биодоступности и критерий усвояемости.

**Результаты.** Проведенные исследования показали, что для всех исследуемых образцов ферментированных растительных напитков с внесением таксифолина характерны достаточно высокие значения содержания флавоноидов. При этом у образцов, содержащих инкапсулированные формы флавоноида, значения в среднем на 7–8% ниже, чем у образцов растительных напитков с его нативной формой. При этом индекс биодоступности для образцов, содержащих инкапсулированные формы флавоноида, был в среднем на 40–42% выше, что свидетельствует об эффективности процесса инкапсуляции. На более высокие значения антиоксидантной активности были характерны для растительных напитков, обогащенных исходной формой таксифолина, что, возможно, обусловлено созданием защитной оболочки и снижением значений АОА в среднем на 10–12% в образцах с инкапсулированной формой. Процесс ферментации растительного сырья приводит к повышению его усвояемости, о чем свидетельствует прирост инфузорий *Tetrahymena pyriformis*. Внесение в рецептуру напитков таксифолина как в его исходной, так и в инкапсулированной форме повышает прирост простейших на 187±4–315±3%.

**Ключевые слова:** растительные напитки, функциональные продукты, флавоноиды, антиоксидантные свойства, биодоступность флавоноидов, критерий усвояемости

**Для цитирования:** Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Науменко Н.В., Попова Н.В., Науменко Е.Е., Иванисова Е., Токар М., Антонова А.Д. Оценка биодоступности флавоноидов в растительных напитках с антиоксидантными свойствами. *Аграрная наука*. 2022; 363 (10): 143–148. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-143-148>

© Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Науменко Н.В., Попова Н.В., Науменко Е.Е., Иванисова Е., Токар М., Антонова А.Д.

## Assessment of the bioavailability of flavonoids in herbal beverages with antioxidant properties

### ABSTRACT

**Relevance.** The development of fermented herbal beverages will make it possible not only to process grain crops as efficiently as possible, but also to meet the needs of people with intolerance to milk components, as well as those who adhere to a vegetarian diet. As one of the directions, it is possible to offer production of fermented vegetable drinks with predetermined properties by enriching them with antioxidants of polyphenolic nature. These technologies will minimise the risks of non-communicable diseases in the Russian Federation and stabilise public health in the long term.

**Methods.** Six samples of fermented herbal beverages were identified as objects of study, two of which were obtained by fermentation of wheat and barley grains using "Bifivit" starter, powdered flavonoid taxifolin was added to other two samples at the fermentation stage, while the last two used the hydroxypropyl-beta-cyclodextrin encapsulated form of taxifolin. Total flavonoid content using spectrophotometric method, antioxidant activity(AOA) using DPPH-method as well as bioavailability index and digestibility criterion were determined in all tested samples.

**Results.** All the samples of fermented herbal beverages with taxifolin are characterized by sufficiently high flavonoid content. The samples containing encapsulated forms of the flavonoid have, on average, 7 to 8% lower values than the samples of herbal drinks containing the native form of the flavonoid. At the same time, the bioavailability index for the samples containing encapsulated forms of flavonoid was on average 40 to 42% higher, indicating the effectiveness of the encapsulation process. The highest values of antioxidant activity were characteristic of the plant drinks enriched with the initial form of taxifolin, which is probably due to the creation of a protective shell and a decrease in the AOA values by 10–12% on average in samples with encapsulated form. The process of fermentation of vegetable raw materials leads to an increase in their digestibility, as evidenced by the growth of the infusoria *Tetrahymena pyriformis*. Introduction of taxifolin into the formulation of drinks both in its original and encapsulated form increases the growth of protozoa by 187±4–315±3%.

**Key words:** herbal beverages, functional foods, flavonoids, antioxidant properties, flavonoid bioavailability, digestibility criterion

**For citation:** Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Popova N.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Toka M., Antonova A.D. Assessment of the bioavailability of flavonoids in herbal beverages with antioxidant properties. *Agrarian science*. 2022; 363 (10): 143–148. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-143-148> (In Russian).

© Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Popova N.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Tokár M., Antonova A.D.

## Введение / Introduction

По данным Росстата, в прошлом году урожай зерновых в России составил 121,4 млн тонн. На сегодняшний день Минсельхоз РФ прогнозирует увеличение урожая зерновых до значения 130 млн тонн. Среди лидеров в данном сегменте можно выделить такие зерновые культуры, как пшеница и ячмень. Необходимо отметить, что зерновое сырье имеет неоспоримые преимущества для здоровья человека благодаря богатому химическому составу. Это незаменимый источник макро- и микроэлементов, витаминов, пищевых волокон, а также минорных биологически активных веществ.

Рекордные урожаи уже сегодня позволяют задуматься производителям о новых и перспективных технологиях переработки зернового сырья, создании пищевых продуктов с доказанной эффективностью, гарантированно полезных для конечного потребителя.

Одним из таких направлений, которое получило активное развитие в последние годы, стало получение ферментированных растительных напитков. Данный сегмент позволяет удовлетворить потребности людей, страдающих непереносимостью компонентов молока, а также потребителей, придерживающихся вегетарианского типа питания. Высокий интерес к таким продуктам как со стороны производителей, так и потребителей открывает новые возможности для развития ассортимента ферментированных растительных продуктов. В качестве одного из направлений возможно предложить получение ферментированных растительных напитков с антиоксидантными свойствами путем обогащения их антиоксидантами полифенольной природы. Данные технологии позволяют минимизировать риски возникновения неинфекционных заболеваний населения РФ [1–3] и стабилизировать здоровье населения в долгосрочной перспективе.

Вместе с тем, важно учитывать, что ферментированные растительные напитки с антиоксидантными свойствами — это сложная многокомпонентная пищевая система. Ее конечные состав и свойства обусловлены целым комплексом факторов, среди которых вариативность химического состава исходного сырья, уровень активности заквасочных культур микроорганизмов, антиоксидантная активность обогащающих добавок, их устойчивость в системе продукта, а также влияние на развитие пробиотиков. В этой связи важным представляется разработка и исследование свойств таких продуктов с точки зрения оценки их потенциальной полезности для здоровья потребителей [4–9]. Многочисленные исследования, представленные в открытой печати [11–15], не дают полного представления о возможности эффективного применения полифенольных веществ в матрице пищевых продуктов. Исследования ряда авторов [16–17] показали, что фенольные вещества в зерновых культурах находятся в основном в плодовой и семенной оболочках в связанном виде и входят в состав клеточных мембран, что обуславливает необходимость в технологии переработки максимально сохранить все составные части зерна. Среди веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, в зерновых культурах можно выделить такие фенольные кислоты, как кумаровая и феруловая, причем многочисленные исследования отмечают, что они находятся преимущественно в связанном состоянии.

Ферментативные процессы играют ключевую роль в производстве зерносодержащих продуктов благодаря их положительному влиянию на органолептические

показатели, повышение биодоступности и усвояемости, а также на высвобождение веществ, обладающих антиоксидантными свойствами. При этом получение пищевых продуктов с повышенными антиоксидантными свойствами и доказанной эффективностью зачастую сопряжено с внесением ингредиентов антиоксидантного действия, одним из которых является флавоноид тахифолин.

Целью настоящего исследования являлась оценка антиоксидантных свойств и биодоступности флавоноида тахифолина в исходном и инкапсулированном виде при добавлении его в состав растительных ферментированных напитков.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Объектом исследования были выбраны ферментированные растительные напитки из следующих зерновых культур:

- зерно пшеницы мягкой яровой (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, выращенной в Уральском регионе России, урожай 2021 года;
- зерно ячменя голозерного (*Hordeum distichon*) сорта Нудум 95, выращенного в Уральском регионе России, урожая 2021 года.

Для заквашивания использовали закваску «Бифивит», имеющую в составе: *Acetobacter aceti*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium animalis*.

В качестве растительного антиоксиданта использовали флавоноид тахифолин (Т), который вносили в сырье до начала процесса ферментации. В исследованиях было использовано две формы тахифолина:

- исходная порошкообразная;
- тахифолин, инкапсулированный в гидроксипропил-бета-циклодекстрин.

Для приготовления ферментированных напитков из зерна пшеницы и ячменя использовали метод мокрого помола с получением растительных эмульсий. Закваску вносили согласно рекомендациям производителя. Количество вносимого тахифолина рассчитывали таким образом, чтобы обеспечить соответствие готовых ферментированных продуктов требованиям ГОСТ 55577-2013.

Исходя из предложенного перечня объектов и условий проведения эксперимента были сформированы следующие образцы для исследований:

- образец 1 — ферментированный растительный напиток из зерна пшеницы (контроль);
- образец 2 — ферментированный растительный напиток из зерна ячменя (контроль);
- образец 3 — ферментированный растительный напиток из зерна пшеницы с внесением исходного порошкообразного тахифолина;
- образец 4 — ферментированный растительный напиток из зерна ячменя с внесением исходного порошкообразного тахифолина;
- образец 5 — ферментированный растительный напиток из зерна пшеницы с внесением тахифолина, инкапсулированного в гидроксипропил-бета-циклодекстрин;
- образец 6 — ферментированный растительный напиток из зерна ячменя с внесением тахифолина, инкапсулированного в гидроксипропил-бета-циклодекстрин.

В готовых ферментированных растительных напитках определяли следующую номенклатуру показателей, согласно указанным далее методикам:

— количество флавоноидов определяли с использованием метода, описанного Shafii [10], при помощи хлорида алюминия при длине волны спектрофотометра 415 нм. В качестве стандарта использовали кверцетин, результаты выражали в мкг/эквивалентах кверцетина (мг QE/г).

— индекс биодоступности, определяли согласно методике, предложенной авторами.

Индекс биодоступности (ИБД, %), рассчитывали по формуле:

$$\text{ИБД} = \frac{K_{\text{кон}}}{K_{\text{исх}}} \times 100, \quad (1),$$

где  $K_{\text{кон}}$  — количество флавоноидов после процесса переваривания *in vitro*, мг QE/г;

$K_{\text{исх}}$  — количество флавоноидов до процесса переваривания, мг QE/г.

Использование моделирования процесса переваривания *in vitro* проходило последовательно в две фазы: фаза желудка и фаза тонкого кишечника;

— общую антиоксидантную (антирадикальную) активность (АОА) определяли методом DPPH, используя раствор 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH). Поглощение измеряли спектрофотометрически при длине волны 515 нм. АОА рассчитывали по формуле:

$$\text{АОА} = \frac{1 - (D_i - D_j)}{D_c} \times 100, \quad (2),$$

где  $D_i$  — оптическая плотность исследуемого раствора;

$D_j$  — оптическая плотность контрольного раствора DPPH с метанолом;

$D_c$  — оптическая плотность раствора DPPH;

— определение критерия усвояемости проводили по методике биотестирования с использованием культур простейших *Tetrahymena pyriformis* (тетрахимена пириформис).

Предварительно растили чистую культуру простейших в питательной среде 48–96 ч при температуре  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ . Критерий усвояемости рассчитывали согласно формуле:

$$K_y = \frac{K_{\text{рп}}}{K_{\text{рв}}} \times 100, \quad (3),$$

где  $K_{\text{рп}}$  — коэффициент роста культуры в пробе;

$K_{\text{рв}}$  — коэффициент роста культуры в дистиллированной воде.

Экспериментальные данные были обработаны на основе методов математической статистики с использованием «Microsoft Excel» и «MathCad». Полученные данные представлены с доверительным коэффициентом 0,95.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

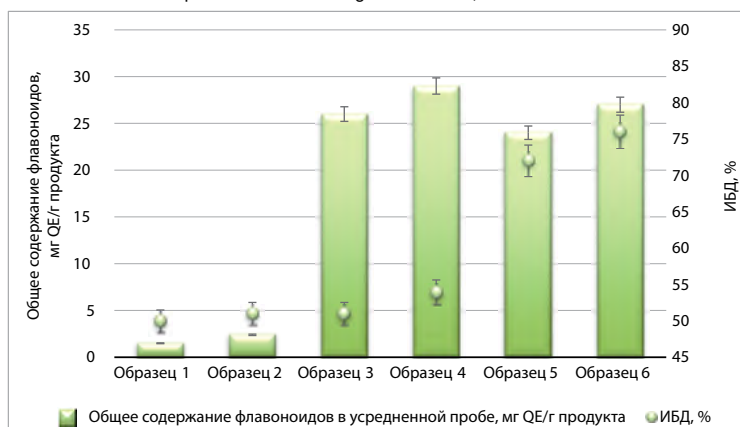
В настоящее время для флавоноидов установлены МР 2.3.1.2432-08 и МР 2.3.1.0253-2021 [10] рекомендуемые уровни потребления веществ данной группы: для взрослых — 250 мг/сут., для детей 7–18 лет — от 150 до 250 мг/сут. Результаты определения содержания

флавоноидов в исследуемых образцах ферментированных растительных напитков в сопоставлении с индексом биодоступности представлены на рисунке 1.

Для всех исследуемых образцов ферментированных растительных напитков с внесением таксифолина характерны достаточно высокие значения содержания флавоноидов. При этом у образцов 5 и 6, содержащих инкапсулированные формы флавоноида, значения

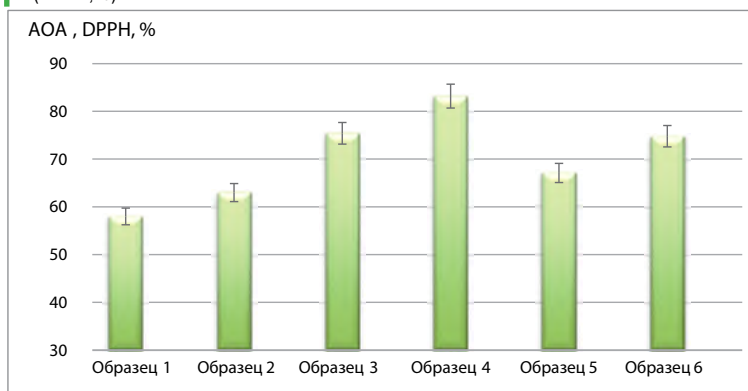
**Рисунок 1.** Результаты определения содержания флавоноидов и индекса биодоступности в исследуемых образцах ферментированных растительных напитков, %

**Figure 1.** The results of determining the content of flavonoids and the bioavailability index in the studied samples of fermented vegetable drinks, %



**Рисунок 2.** Значения АОА в исследуемых образцах ферментированных растительных напитках (DPPH, %)

**Figure 2.** AOA values in the studied samples of fermented vegetable drinks (DPPH, %)



в среднем на 7–8% ниже, образцов растительных напитков с его нативной формой. Использование технологий инкапсуляции может несколько скрыть проявление антиоксидантного действия флавоноидов за счет создания защитной оболочки.

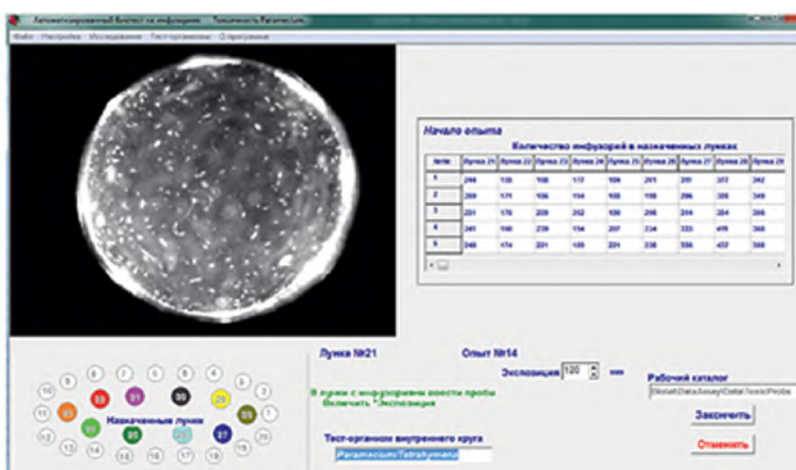
Рядом исследований, представленных в открытой печати, подтверждено, что в процессе переваривания обнаруживается значительно более высокий уровень сохранения флавоноидов в инкапсулированном виде, чем в исходном [17–24]. Данный факт был подтвержден в наших исследованиях: так, индекс биодоступности для образцов 5 и 6 был в среднем на 40–42% выше образцов с внесенным таксифолином в исходной порошкообразной форме.

Следующим этапом настоящего исследования являлась оценка влияния используемых форм таксифолина на антиоксидантную активность полученных ферментированных растительных напитков. Результаты определения данного показателя представлены на рисунке 2.



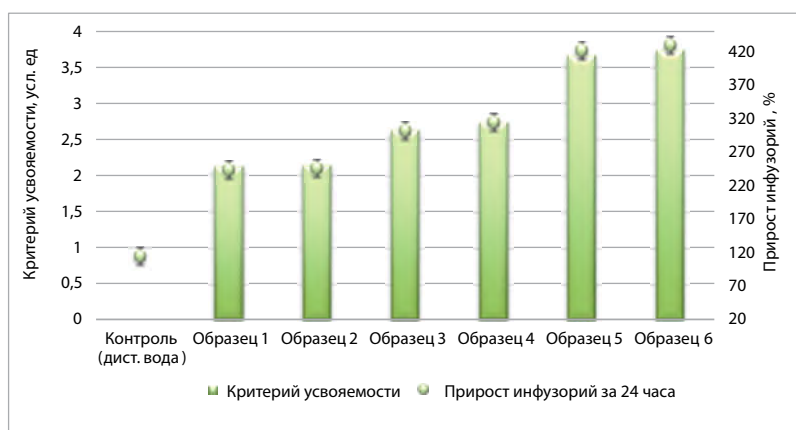
**Рисунок 3.** Характерный вид процесса подсчета инфузорий *Tetrahymena pyriformis*, полученный с использованием прибора «БиоЛат-3.2»

**Figure 3.** A characteristic view of the process of counting ciliates *Tetrahymena pyriformis*, obtained using the «BioLat-3.2» device



**Рисунок 4** — Результаты определения критерия усвояемости и прироста инфузорий в питательной среде с использованием образцов ферментированных растительных напитков

**Figure 4** — The results of determining the criterion of digestibility and growth of ciliates in a nutrient medium using samples of fermented vegetable drinks



Полученные результаты позволяют отметить, что наиболее высокие значения антиоксидантной активности были характерны для растительных напитков, обогащенных исходной формой таксифолина. Необходимо отметить, что использование технологий инкапсуляции может несколько скрыть проявление антиоксидантного действия флавоноидов за счет создания защитной оболочки. В нашем случае полученные значения в инкапсулированных образцах (образцы 5, 6) на 10–12% ниже, чем в образцах ферментированных растительных напитков с внесением исходного порошкообразного таксифолина.

Завершающим этапом исследований являлось определение критерия усвояемости по количеству прироста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* за 24 часа (рисунок 3). Данный показатель наиболее полно характеризует изменение количества пищевых веществ и их соотношения в экстрактах анализируемых

продуктов, а также позволяет получить значительный массив данных и высокую степень корреляционной связи показателей, определяемых на крысах.

Результаты определения критерия усвояемости исследуемых образцов ферментированных растительных напитков представлены на рисунке 4.

Процесс ферментации растительного сырья приводит к повышению его усвояемости: так, для зерна пшеницы прирост инфузорий *Tetrahymena pyriformis* за 24 часа составил  $129 \pm 4$  и  $131 \pm 3\%$  относительно контрольных микролунок с дистиллированной водой соответственно. Внесение в рецептуру напитков таксифолина в его исходной форме способствовало значительному приросту инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на  $187 \pm 4$  и  $200 \pm 4\%$ . В микролунках с ферментированными растительными напитками из зерна пшеницы и ячменя с внесением таксифолина, инкапсулированного в гидроксипропил-бета-циклодекстрин, был отмечен наибольший прирост инфузорий *Tetrahymena pyriformis* за 24 часа, который и составил  $307 \pm 5$  и  $315 \pm 3\%$ , что, в свою очередь, повышает значение критерия усвояемости в среднем на 172 и 174% относительно образцов без внесения таксифолина. Вероятно, это связано с тем, что выбранные нами технологии ферментации и инкапсулирования не только стимулируют расщепление белка и крахмала протеолитическими и амилолитическими ферментами, но и позволяют перевести флавоноид таксифолин в растворимую форму, более доступную для пищеварительного аппарата простейших и, как следствие, для человека, что позволяет данному флавоноиду попасть в кровоток и оказать свое полезное действие на организм.

## Выводы / Conclusion

Полученные результаты позволяют сказать, что используемые подходы к получению ферментированных растительных напитков с антиоксидантными свойствами являются эффективными. Использование технологии инкапсуляции позволило не только значительно повысить антиоксидантные свойства напитков, но и увеличить индекс биодоступности флавоноидов в среднем на 40–42% по сравнению с таксифолином, внесенным в исходной порошкообразной форме.

Вместе с тем, следует отметить, что как на эффективность процессов ферментации, так и на процесс повышения антиоксидантных свойств влияет множество факторов, что в целом требует дополнительных исследований.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.  
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.  
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.  
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.  
The authors declare no conflict of interest.



## ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-3690.2021.5.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Арсирий А.Г. Нутриенты апельсиновых соков и нектаров, роль в формировании антиоксидантных свойств. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые и биотехнологии*. 2021; 9(3): 72–80. DOI: 10.14529/food210308
2. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В., Потороко И.Ю. Токоферолы и токотриенолы: свойства, функции, природные источники. Аналитический обзор. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые и биотехнологии*. 2021; 9(1): 68–81. DOI: 10.14529/food210108
3. Imran M, et al. Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8):1-27 DOI 10.3390/antiox9080706
4. Фаткуллин Р.И., Васильев А.К., Калинина И.В., Брызгалова А.Д., Семиздралов И.А. Влияние процесса инкапсуляции на сохранение антиоксидантных свойства флавоноидов. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые и биотехнологии*. 2021; 9(1): 38–47. DOI: 10.14529/food210105
5. Сербина Н.В., Позняковский В.М., Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Журавлева Д.Н., Воропай И. Оценка стабильности антиоксидантных свойств обогащенных напитков при хранении. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые и биотехнологии*. 2022; 10(1): 49–57. DOI: 10.14529/food220106
6. Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Велямов М.Т. Цельнозерновая мука из пророщенного зерна пшеницы как пищевой ингредиент в технологии продуктов питания. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые и биотехнологии*. 2019; 7(3): 23–30. DOI: 10.14529/food190303
7. Потороко И.Ю., Паймулина А.В., Ускова Д.Г., Калинина И.В., Попова Н.Б., Шириш Сонавейн. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохранность продукции. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2017; 79(4): 143–151. DOI:10.20914/2310-1202-2017-4-143-151
8. Шатилов А.В., Богданова О.Г., Коробов А.В. Роль антиоксидантов в организме в норме и при патологии. *Ветеринарная патология*. 2007; 2: 207–211.
9. Хайруллина В.Р. и др. Определение антиокислительного действия кверцетина и диридокверцетина в составе бинарных композиций. *Химия растительного сырья*. 2008; 4: 59–64.
10. Рамазанов И.А., Панасенко С.В., Сейфуллаева М.Э., Майорова Е.А. Инновационно-цифровые перспективы развития агропродовольственного сектора и сферы обращения. *Аграрная наука*. 2022; (4):109-117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-109-117>
11. Thirumdas R. A., Saragapani R. C. Ajinkya M.T., Deshmukh R.R., Annappure U.S. Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016; 37: 53-60.
12. Lin J., Zhou W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *J. of Functional Foods*. 2018; 40: 299–306.
13. Nacz M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr. A*. 2004; 1054(1–2): 95–111.
14. Lin J., Zhou W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *Journal of Functional Foods*. 2018; 40: 299–306.
15. Nacz M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr.* 2004; A 1054 (1–2): 95–111.
16. Wang S. et al. Application of nanotechnology in improving bioavailability and bioactivity of diet-derived phytochemicals. *J. of Nutritional Biochemistry*. 2014; 25: 363–376.
17. Agati G., Azzarello E., Pollastri S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Sci*. 2012; 196(3): 67–76.
18. Parker M. L. et al. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 85: P. 2539–2547.
19. Perlovich G.L., Ryzhakov A.M., Strakhova N.N., Kazachenko V.P., Schaper K.J., Raevsky O.A. Thermodynamic aspects of solubility and partitioning processes of some sulfonamides in the solvents modeling biological media. *J. Chem. Thermodyn.* 2014; 69(2): 56–65.
20. Zhang H. et al. Structure-solubility relationships and thermodynamic aspects of solubility of some flavonoids in the solvents modeling biological media. *Journal of Molecular Liquids*. 2017; 225: 439–445.
21. Rios J.L., Recio M.C. Medicinal plants and antimicrobial activity. *J. Ethnopharmacol.*, 2005; 100: 80–84.
22. Заморська І. Л. Фенольний комплекс ягід суниць. *Інтеграційна система освіти, науки і виробництва в сучасному інформаційному просторі: матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції*. Тернопіль, 2014; 40-41.
23. Макарова Н.В., Зюзина А.В., Мирошкина Ю.И. Антиокислительное действие ягод. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2010. 2-3:10-12. EDN: MRXVVP
24. Солёнова Е.А., Величковская Л.Н. Флавоноиды. перспективы применения в антимикробной терапии. *Acta medica Eurasica*. 2017; 3:50-57. EDN: ZIFSML

## FUNDING:

The article was financially supported by the grant of the President of the Russian Federation for young scientists for state support of young Russian scientists — candidates of science MK-3690.2021.5.

## REFERENCES

1. Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Arsirii A.G. Nutrients of Orange Juices and Nectars, Role in the Formation of Antioxidant Properties. *Bulletin of the South Ural State University. Series Food and Biotechnology*. 2021; 9 (3): 72–80. (in Russian) DOI: 10.14529/food210308
2. Nilova L.P., Pilipenko T.V., Potoroko I.Yu. Tocopherols and Tokotrienols: Properties, Functions, Natural Sources. Analytical Review. *Bulletin of the South Ural State University. Series Food and Biotechnology*. 2021; 9(1): 68–81. (in Russian) DOI: 10.14529/food210108
3. Imran M, et al. Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8):1-27 DOI 10.3390/antiox9080706
4. Fatkullin R.I., Vasiliev A.K., Kalinina I.V., Bryzgalova A.D., Semizdrlov I.A. Effect of the Encapsulation Process on the Preservation of the Antioxidant Properties of Flavonoids. *Bulletin of the South Ural State University. Series Food and Biotechnology*. 2021; 9(1): 38–47. (in Russian) DOI: 10.14529/food210105
5. Serbina N.V., Pozniakovskiy V.M., Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Zhuravleva D.N., Voropay I. Assessment of stability of antioxidant properties of enriched beverages during storage. *Bulletin of the South Ural State University. Series Food and Biotechnology*. 2022; 10(1): 49–57. (in Russian) DOI: 10.14529/food220106
6. Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Velyamov M.T. Sprouted Whole Wheat Grain as a Food Constituent in Food Technology. *Bulletin of the South Ural State University. Series Food and Biotechnology*. 2019; 7(3): 23–30. (in Russian) DOI: 10.14529/food190303
7. Potoroko I.Yu., Paymulina A.V., Uskova D.G., Kalinina I.V., Popova N.V., Shirish Sonavein. Antioxidant properties of functional food ingredients used in the production of bakery and dairy products, their influence on the quality and shelf life of products. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2017; 79(4): 143–151. DOI:10.20914/2310-1202-2017-4-143-151(in Russian)
8. Shatilov A.V., Bogdanova O.G., Korobov A.V. The role of antioxidants in the body in normal and pathological conditions. *Veterinary pathology*. 2007; 2: 207–211. (in Russian)
9. Khairullina V.R. et al. Determination of antioxidant activity of quercetin and dihydroquercetin in binary compositions. *Chemistry of vegetable raw materials*. 2008; 4: 59–64. (in Russian)
10. Ramazanov I.A., Panasenkov S.V., Seyfullaeva M.E., Mayorova E.A. Innovative digital prospects of the agri-food sector and distribution chains development. *Agrarian science*. 2022; (4):109-117. (in Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-109-117>
11. Thirumdas R. A., Saragapani R. C. Ajinkya M.T., Deshmukh R.R., Annappure U.S. Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016; 37: 53-60.
12. Lin J., Zhou W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *J. of Functional Foods*. 2018; 40: 299–306.
13. Nacz M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr. A*. 2004; 1054(1–2): 95–111.
14. Lin J., Zhou W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *Journal of Functional Foods*. 2018; 40: 299–306.
15. Nacz M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr.* 2004; A 1054 (1–2): 95–111.
16. Wang S. et al. Application of nanotechnology in improving bioavailability and bioactivity of diet-derived phytochemicals. *J. of Nutritional Biochemistry*. 2014; 25: 363–376.
17. Agati G., Azzarello E., Pollastri S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Sci*. 2012; 196(3): 67–76.
18. Parker M. L. et al. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 85: P. 2539–2547.
19. Perlovich G.L., Ryzhakov A.M., Strakhova N.N., Kazachenko V.P., Schaper K.J., Raevsky O.A. Thermodynamic aspects of solubility and partitioning processes of some sulfonamides in the solvents modeling biological media. *J. Chem. Thermodyn.* 2014; 69(2): 56–65.
20. Zhang H. et al. Structure-solubility relationships and thermodynamic aspects of solubility of some flavonoids in the solvents modeling biological media. *Journal of Molecular Liquids*. 2017; 225: 439–445.
21. Rios J.L., Recio M.C. Medicinal plants and antimicrobial activity. *J. Ethnopharmacol.*, 2005; 100: 80–84.
22. Заморська І. Л. фенольний комплекс ягід суниць. *Integration system of Education, Science and production in the modern information space: Proceedings of the international scientific and practical Internet Conference*. Ternopil, 2014; 40-41. (in Ukrainian)
23. Makarova N.V., Zyuzina A.V., Miroshkina Yu.I. Antioxidant effect of berries. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2010; 2-3:10-12. EDN: MRXVVP (in Russian)
24. Solenova E.A., Velichkovskaya L.N. Flavonoids. prospects of application in antimicrobial therapy. *Asta medica Eurasia*. 2017; 3:50-57. EDN: ZIFSML (in Russian)

## ОБ АВТОРАХ:

**Ринат Ильгидарович Фаткуллин,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий,  
Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76,  
Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>  
[fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru)

**Ирина Валерьевна Калинина,**  
доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий,  
доцент,  
Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76,  
Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>  
[kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru)

**Наталья Владимировна Науменко,**  
доктор технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий,  
доцент,  
Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76,  
Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>  
[naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru)

**Наталья Викторовна Попова,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий,  
Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76,  
Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0001-7665-5984>  
[nvpopova@susu.ru](mailto:nvpopova@susu.ru)

**Екатерина Евгеньевна Науменко,**  
студент,  
Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76,  
Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>  
[9193122375@mail.ru](mailto:9193122375@mail.ru)

**Ева Иванисова,**  
PhD, доцент Института пищевых наук  
Словацкий сельскохозяйственный университет, 2 Триеда Андрея Глинки,  
Нитра, 94976, Словакия  
<https://orcid.org/0000-0001-5193-2957>  
[eva.ivanisova@uniag.sk](mailto:eva.ivanisova@uniag.sk)

**Мариан Токар,**  
PhD, доцент Института пищевых наук  
Словацкий сельскохозяйственный университет, 2 Триеда Андрея Глинки,  
Нитра, 94976, Словакия  
<https://orcid.org/0000-0002-0174-3434>  
[tokar@pekarne.sk](mailto:tokar@pekarne.sk)

**Антонова Анастасия Денисовна,**  
студент,  
Национальный исследовательский университет ИТМО, Кронверкский пр.,  
д. 49, лит. А., Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0001-6157-839X>  
[nastya.antonova.99@mail.ru](mailto:nastya.antonova.99@mail.ru)

## ABOUT THE AUTHORS:

**Rinat Ilgidarovich Fatkullin,**  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of  
Food and Biotechnology,  
South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian  
Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>  
[fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru)

**Irina Valerievna Kalinina,**  
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food and  
Biotechnology, Associate Professor,  
South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian  
Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>  
[kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru)

**Natalya Vladimirovna Naumenko,**  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food  
and Biotechnology, Associate Professor,  
South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian  
Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>  
[naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru)

**Natalia Viktorovna Popova,**  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of  
Food and Biotechnology,  
South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian  
Federation  
<https://orcid.org/0000-0001-7665-5984>  
[nvpopova@susu.ru](mailto:nvpopova@susu.ru)

**Ekaterina Evgenievna Naumenko,**  
student,  
South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian  
Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>  
[9193122375@mail.ru](mailto:9193122375@mail.ru)

**Eva Ivanisová,**  
PhD, Associate Professor, Institute of Food Sciences,  
Slovak University of Agriculture, 2 Trieda Andreja Hlinku, Nitra, 94976, Slovakia  
<https://orcid.org/0000-0001-5193-2957>  
[eva.ivanisova@uniag.sk](mailto:eva.ivanisova@uniag.sk)

**Marián Tokár,**  
PhD, Associate Professor, Institute of Food Sciences,  
Slovak University of Agriculture, 2 Trieda Andreja Hlinku, Nitra, 94976, Slovakia  
<https://orcid.org/0000-0002-0174-3434>  
[tokar@pekarne.sk](mailto:tokar@pekarne.sk)

**Antonova Anastasia Denisovna,**  
student,  
ITMO University, 49, lit. A. Kronverksky pr., St. Petersburg, 197101, Russian  
Federation  
<https://orcid.org/0000-0001-6157-839X>  
[nastya.antonova.99@mail.ru](mailto:nastya.antonova.99@mail.ru)

УДК 636.934

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-149-153

Е.Ю. Бобкова<sup>1</sup>, ✉  
Д.И. Воробьев<sup>1</sup>,  
А.В. Воробьева<sup>1</sup>,  
С.А. Авдошкина<sup>1</sup>,  
М.В. Темербаева<sup>2</sup>,  
Т.И. Урюмцева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный  
университет технологий и управления им.  
К.Г. Разумовского, Москва, Российская  
Федерация

<sup>2</sup> Инновационный Евразийский  
университет, Павлодар, Республика  
Казахстан

✉ vica3@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
29.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
20.09.2022

Принята к публикации:  
10.10.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-149-153

Elena Y. Bobkova<sup>1</sup>, ✉  
Dmitry I. Vorobyev<sup>1</sup>,  
Alla V. Vorobeve<sup>1</sup>,  
Sofia A. Avdoshkina<sup>1</sup>,  
Marina V. Temerbaeva<sup>2</sup>,  
Tatyana I. Uryumtseva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Technologies  
and Management named after K.G.  
Razumovsky, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Innovative University of Eurasia, Pavlodar,  
Republic of Kazakhstan

✉ vica3@yandex.ru

Received by the editorial office:  
29.08.2022

Accepted in revised:  
20.09.2022

Accepted for publication:  
10.10.2022

## Оценка экономической эффективности освоения производства продуктов функционального питания

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Экономическая эффективность является важнейшим фактором при внедрении в производство новых видов продукции. В статье представлена оценка экономической эффективности при внедрении продуктов функционального питания в массовое производство. Проведена оценка затрат на запуск продукции в производство; отпускная цена единицы продукции составит 67,70 руб. за штуку. Установлено, что за счет внедрения в производство новых видов продукции выручка увеличится за 3 года на 623,88 тыс. руб., что составляет более 8%. Рассчитано и доказано, что инвестиции в этот проект будут достаточно прибыльными, что подтверждается положительным значением чистой приведенной стоимости. Расчетный срок окупаемости проекта составит 4 месяца. Инвестиции в этот проект помогут увеличить рентабельность затрат с 21,21% до 21,39% и рентабельность продаж с 17,50% до 17,62%.

**Результаты** анализа экономической эффективности реализации проекта по производству функционального хлебобулочного изделия подтверждают рентабельность данного проекта.

**Ключевые слова:** функциональные продукты питания, запуск производства, рентабельность, чистая текущая стоимость

**Для цитирования:** Бобкова Е.Ю., Воробьев Д.И., Воробьева А.В., Авдошкина С.А., Темербаева М.В., Урюмцева Т.И. Оценка экономической эффективности освоения производства продуктов функционального питания. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 149-153. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-149-153>. (In English).

© Бобкова Е.Ю., Воробьев Д.И., Воробьева А.В., Авдошкина С.А., Темербаева М.В., Урюмцева Т.И.

## Assessment of economic efficiency of putting the functional food products into production

### ABSTRACT

**Relevance.** Economic efficiency is the most important fact when introduction the new types of products into production. The article represents an assessment of the economic efficiency in case of introducing of the functional food products into mass production. An assessment of the costs of launching products into production has been conducted; the selling price of a unit of production will be 67.70 rubles per one piece. It has been established that due to the introduction of new types of products into production, the proceeds will increase in 3 years by 623.88 thousand rubles, which is more than 8%. It has been calculated and proven that investments in this project will be quite profitable, as confirmed by the positive value of the net present value. The estimated payback period of the project will be 4 months. Investment in this project will help to increase the return on costs from 21.21% to 21.39% and the return on sales from 17.50% to 17.62%.

**Results.** The results of analysis of the economic efficiency of implementation of project for the production of a functional bakery product, confirm that this project is cost-effective.

**Key words:** functional foods, start-up, profitability, net present value

**For citation:** Bobkova E.Y., Vorobyev D.I., Vorobeve A.V., Avdoshkina S.A., Temerbaeva M.V., Uryumtseva T.I. Assessment of economic efficiency of putting the functional food products into production. Agrarian science. 2022; 363 (10): 149-153. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-149-153>

© Bobkova E.Y., Vorobyev D.I., Vorobeve A.V., Avdoshkina S.A., Temerbaeva M.V., Uryumtseva T.I.

## Введение / Introduction

The modern concept of nutrition considers food products not only as a means of supporting human body functions, but also as an important component of health [1–6]. Many years of research experience shows that effective nutrition can influence the health of a nation and enhance it in a given direction [7–11]. Modern food production is a high-tech industry both from the point of view of production technologies and from the point of view of modeling the useful properties and characteristics of the manufactured food products [12–16].

One of such high-tech areas of food production is the production of functional food products [17–18].

When developing and launching the new types of functional products, an important factor is the financial benefit of the manufacturer's enterprise; an assessment of the economic efficiency of introducing a product into production can serve as an effective tool for assessing the financial benefit of an enterprise [19–21]. Analysis of this aspect will make it possible to predict the further development of the enterprise within the framework of the new products launch for one year ahead.

The main indicators for assessing the efficiency of the project include net present value (NPV) — the amount of the expected profit from the calculation of the cost of the product at the moment. Discounted income shows the potential return on investments invested in a business, calculated for 1–2 years in advance.

Reasons for NPV change: investments bring the predicted profit; inflation; risks of losing the investments.

Let's consider the assessment of the economic efficiency of the introducing the functional food products into industrial production.

## Материалы и методы / Materials and methods

During the research a range of indicators will be used, which are calculated by the following formulas:

Return on investment:

$$K_{ROI} = \frac{NWC}{CA} \times 100\%, \quad (1)$$

where  $NWC$  — net working capital,  
 $CA$  — current assets.

Profitability ratio:

$$R_{sales} = \frac{NP}{ER} \times 100\%, \quad (2)$$

where  $NP$  net profit,  
 $ER$  — enterprise revenue.

Return on assets:

$$R_a = \frac{RA}{A} \times 100\%, \quad (3)$$

where  $RA$  — return on assets;  
 $PP$  — profit for the period;  
 $A$  — average value of the assets for the period.

Profitability of production:

$$R_{CK} = \frac{NP}{EC} \times 100\%, \quad (4)$$

where  $NP$  net profit,  
 $EC$  — equity capital.

Net present value (Npv) is calculated, using the projected cash flows associated with the planned investment, by the following formula:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} - lmv, \quad (5)$$

where  $NCF_i$  — net cash flow for  $i^{\text{th}}$  period,  
 $lmv$  — initial investment,  
 $r$  — discount rate (cost of capital raised for the investment project).

Discounted present value (present value):

$$PV = FV \times \frac{1}{(1+R)^n}, \quad (6)$$

where  $PV$  — discounted present value (present value);  
 $FV$  — future value;  
 $r$  — rate of discounts;  
 $n$  — number of accounted period.

$$FV = PV \times (1 + R) \times n, \quad (7)$$

where  $R$  — is the rate. It is specified as a fraction of unity;  
 $n$  — number of years of investments.

Discount coefficient:

$$P = \frac{1}{(1+d)^n}, \quad (8)$$

where  $n$  — number of years till the moment of reduction,  
 $d$  — rate of discount.

Total investments:

$$S = S(Y) = Y - C(Y), \quad (9)$$

where  $S$  — amount of savings;  
 $S(Y)$  — function of dependence of savings on the amount of income;  
 $Y$  — yield;  
 $C(Y)$  — consumption function.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

For the production of new products the enterprise planned to use the existing equipment, including: dough-raising chamber (power consumption is 1.6 kW/h, product capacity — 144 pcs.); convection oven (power consumption is 29 kWh, baking area is 4.32 m<sup>2</sup>); planetary mixer (power consumption is 0.6 kW/h, bowl volume is 10 l).

The service life of this equipment according to the technical documentation varies from 7 to 10 years.

The production costs will include the depreciation of the equipment — "Photon 4.5" convection oven (the service life of the equipment is 10 years).

Suppose the annual depreciation rate as follows: 453 000 ÷ 10 = 45 300 rubles, and the depreciation per month will be: 45 300 ÷ 12 = 3775 rubles.

This equipment is supposed to load 54 cassettes of bread forms.

The average time for baking bread is 60 minutes, thus in one business day it makes 7 hours.

It is supposed to bake bread in amount of: 54 × 7 = 378 pcs.

For a year in case of 6-day working week (299 business days per year, according to the production calendar for a 6-day working week), the following quantity is obtained: 378 × 299 = 113 022 pcs., and 113 022 ÷ 12 = 9418 per month.



The commissioning of new equipment implies an increase in utility costs for water and electric power; so, the total costs will amount to 26 324.03 rubles.

The cost of production will also include utility costs for heating. The company spends 756 491 rubles per year for heating. These costs will be taken into account in proportion to the area occupied by the production line for the new product:  $20 \text{ m}^2 \div 580 \text{ m}^2 = 0.035$ .

Then the annual costs of heating and lighting, included, the cost of production will be the following:

$756\,491 \times 0.035 = 26\,477.19$  rubles, and per month:  
 $26\,477.19 \div 12 = 2206.43$  rubles.

Now we should determine the cost of raw materials for the production of a new product. The annual consumption of raw materials required for the production of bakery products will amount to 261 095.21 rubles.

In connection with the launch of a new production line, additional employees are required. So, three (3) more employees will be hired. Let's determine the cost of the employees' wages as 78 120 rubles per year.

The calculation of the cost of production will also include the remuneration for the director, chief accountant and other service staff and auxiliary employees (drivers, cleaners, sales managers, etc.). The monthly wage fund (with deductions) for these employees is 425 570.76 rubles. The volume of these costs will be taken into account in proportion to the monthly production volume:

$9418 \div 117\,725 = 0.08$ .

The amount of additional costs to pay wages will be as follows:

$425\,570.76 \times 0.08 = 34\,045.66$  rubles.

We will also include advertising costs in the amount of 30 000 rubles for off-site tastings.

Let's make an estimate of the costs of producing one unit of production (table 1). For its products, the organization sets a margin of 30% of all costs. Manufactured products are classified as goods with VAT of 10%.

**Table 1. Estimates of the costs for production of functional products**

Cost item	The amount of expenses for 1 month, rub.
Wages	94 045.66
Payroll deductions	28 401.79
Depreciation of equipment	3775.00
Selling expenses (advertising)	30 000.00
Communal expenses	28 530.46
Raw materials and basic materials	261 095.21
TOTAL costs	445 848.12
Total costs for 1 unit of bakery product	47.34
Profit (30%)	14.20
VAT (10%)	6.15
Total, selling price	67.70

**Table 2. Calculation of sales proceeds**

Index	Project implementation period, years		
	2020	2021	2022
The number of products sold in kind, pcs.	113 022	113 022	113 022
Unit price, rub.	67.70	70.41	73.22
Proceeds from product sales, rub.	7 651 589.40	7 957 879.02	8 275 470.84

**Table 3. Estimates of the cost for production of functional products in 2020–2022**

Cost item	2020	2021	2022
Wages	94 045.66	96 961.08	99 966.87
Payroll deductions	28 401.79	29 282.24	30 189.99
Depreciation of equipment	3775.00	3775.00	3775.00
Selling expenses (advertising)	30 000.00	30 000.00	30 000.00
Communal expenses	28 530.46	29 414.90	30 326.77
Raw materials and basic materials	261 095.21	268 928.07	277 264.84
TOTAL costs	445 848.12	458 361.29	471 523.47
Total costs for 1 unit of bakery product	47.34	48.67	50.07
Profit (30%)	14.20	14.60	15.02
VAT (10%)	6.15	6.33	6.51
Total selling price	67.70	69.60	71.60

**Table 4. Planned financial results from the production and sale of products in 2020–2022**

Index	2020	2021	2022
Revenue	7650 645.38	7 866 001.05	8 091 718.28
Cost of sales	6 045 614.88	6 215 791.04	6 394 155.00
Profit from product sales	1 605 030.50	1 650 210.01	1 697 563.27
Income tax (20%)	321 006.10	330 042.00	339 512.65
Net profit	1 284 024.40	1 320 168.01	1 358 050.62

Thus, the selling price of a unit of production will be 67.70 rubles. per unit of production. Retail stores can set a markup on goods in the amount of 15% of the cost of goods, which will amount to 77.86 rubles.

Analysis of the regional market showed that the price for a similar product ranges from 70 to 100 rubles per unit of product. Consequently, the new product will be competitive in the market.

Let's calculate in table 2 the volume of proceeds from the sale of a new product in the future for 3 years. In our calculations, we will adjust the price for an inflation rate of 4%.

According to the presented calculations, over 3 years, the proceeds from the sale of products will increase by 623.88 thousand rubles, or 8.2%.

Let's present a forecast of the production cost in the future for 3 years. To do this, we will adjust the calculation of the unit cost for the inflation index (3.1%). The calculations are presented in table 3 below.

We will calculate the planned financial results from the production and sale of functional products in 2020–2022, the results will be represented below in table 4.

Based on the results of the calculations, it can be seen that the net profit in 2022 compared to 2020 will increase by 6%. Consequently, the introduction of a new production line helps to increase the profitability of the enterprise.

Now we should determine the net present value (table 6). First, you need to determine the amount of investment for the new product launch (table 5). These costs will only include costs incurred in connection with the start of production of a new product (i.e., they do not include the wages of administrative and management officers, do not include heating costs that were present before the production of the new product).

Table 5. Investments for the project development

Cost type	Amount, rub.
Communal expenses	26 324.03
Raw material costs	261 095.21
Payroll expenses with deductions	78 120.00
Advertising	30 000.00
Total costs	395 539.24

Table 6. Net present income and payback period of a functional bakery products

Index	2020r.
Income	7 650 753.80
Expenses	63 667 11.20
Discount rate	0.055
Discounted income in the period	1 217 101.99
Initial investment and cost capital	395 539.24
Net present value	821 562.74
Payback period	0.31

The project to introduce new types of functional bakery products into production will start pay off after 4 months of the enterprise operation. The positive value of the net present value suggests that the investment in the project will be profitable.

Based on results of the analysis of economic efficiency of project for the of the functional bakery food items, we can confirm that this project is cost-effective. Investment

in the project in the amount of 395.5 thousand rubles are profitable, the company investing in the project will fully recoup its investment and increase profits.

The investment of funds required for implementation of this project will help to increase the return on costs from 21.21% to 21.39%, will increase the return on sales from 17.50% to 17.62%.

### Выводы / Conclusion

According to the presented calculations, over 3 years, the proceeds from the sale of products will increase by 623.88 thousand rubles, or 8.2%. The cost of production in the first year of production is of greatest importance. Based on the results of the calculations, it can be seen that the net profit in 2022 compared to 2020 will increase by 6%. Consequently, the launch of a new production line helps increasing the enterprise profitability.

Assessment of economic efficiency showed a positive value of net present value, which proves the profitability of the project.

The project of putting the new type of functional bakery products into production will begin to pay off after 4 months of the enterprise operation. The project investments in amount of 395.5 thousand rubles are mathematically confirmed to be profitable. Over the next three years the company will increase its profit. The payback period of the project will be 4 months.

The investment of funds for this project implementation will help to increase the return on costs from 21.21% to 21.39% and the return on sales from 17.50% to 17.62%.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Smolnikova F., Khayrullin M., Pasko O., Zhukovskaya S., Zubtsova Y., Yakunina E. Main Problems Of School Nutrition. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. 2020; 9(02):1105–1108.
- Smolnikova F., Okuskhanova E., Khayrullin M., Pasko O., Zhukovskaya S., Zubtsova Y., Yakunina E. Main Problems of School Nutrition. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. 2019; 13(4):1633–1638.
- Suychinov A., Rebezov M., Maksimuk N., Khairullin M., Kulikov D., Konovalov S., Konovalova O., Penkova I., Moldabaeva Zh. Vitamins and their role in human body. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(3):1246–1248.
- Torshina O., Panova L., Moskvina E., Smirnova L., Somova Y., Limarev A., Zotov S., Makhacheva E., Khayrullin M. Simulation methods as an effective tool for solving healthy applied and theoretical problems. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(4):286–290.
- Zinina O. et al. Enrichment of meat products with dietary fibers: A review. *Agronomy Research*. 2019; 17(4):1808–1822. DOI:10.15159/AR.19.163
- Aziz E. et al. 2021 Rosemary species: A review of phytochemicals, bioactivities and industrial applications. *South African Journal of Botany*. DOI:10.1016/j.sajb.2021.09.026
- Rauf A. et al. Recent advances in the therapeutic application of short-chain fatty acids (SCFAs): An updated review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. DOI:10.1080/10408398.2021.1895064
- Friday O. A. et al. Influence of pro-vitamin -a- cassava flour and cashew nut flour supplementations on physico-chemical properties of wheat based bread. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021; 11(1):1–6. DOI:10.15414/jmbfs.4843
- Gavrilova N., Chernopol'skaya N., Rebezov M., Schetina E., Dogareva N., Likhodeevskaya O., Knysh I., Sanova Z. Specialized sports nutrition foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(2):998–1003. DOI:10.31838/IJPR/2020.12.02.0152
- Kulshrestha B., Rebezov M., Igenbayev A., Kichko Y., Burakovskaya N., Kulakov V., Khayrullin M. Gluten-free diet: Positive and negative effect on human health. *Indian Journal of Public Health Research and Development*. 2019; 10(7):889–892. DOI:10.5958/0976-5506.2019.01690.5
- Abu-lzneid T. et al. Sesquiterpenes and their derivatives-natural anticancer compounds: An update. *Pharmacological Research*. 2020; 161. DOI:10.1016/j.phrs.2020.105165
- Zinina O., Rebezov M., Khayrullin M., Neverova O., Bychkova T. Functional and technological indicators of fermented minced meat. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020; 548.
- Rebezov Y., Khayrullin M., Bezharin T., Zinina O., Sereda T., Drapeko E. Technological Solution for Turkey Meat Processing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. DOI:10.1088/1755-1315/613/1/012120
- Abu-lzneid T. et al. Nutritional and health beneficial properties of saffron (*Crocus sativus* L.): a comprehensive review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020. DOI:10.1080/10408398.2020.1857682
- Rebezov M. et al. Effect of bean flour on the chemical composition, vitamin, mineral level and organoleptic properties of meat roll. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 2020; 8(S12):368–373. DOI:10.18006/2020.8(SPL-2-AABAS).S368.S373
- Okuskhanova E. et al. Functional and physical properties of oil-in-water emulsion based on sodium caseinate, beef rumen and sunflower oil and its effect on nutritional quality of forcemeat. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 2021. DOI:10.1080/01932691.2021.1950008
- Vaskovsky A.M., Chvanova M.S., Rebezov M.B. Creation of digital twins of neural network technology of personalization of food products for diabetics. *4th Scientific School on Dynamics of Complex Networks and their Application in Intellectual Robotics DCNAIR*. 2020; 251–253. DOI:10.1109/DCNAIR50402.2020.9216776
- Rebezov M. et al. Role of beetroot as a dietary supplement in food products: Review. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2020; 21(57-58):8–16.
- Anichkina O., Bogonosova I., Prykina L., Dubrovskaya T., Zaretskikh A. Methods to improve the capitalization level of enterprises. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 170.
- Anichkina O., Terekhova A., Avtsinova A., Akulina E., Dotsenko E. Evaluation of the effectiveness of an investment project for the processing of whey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677(2).
- Anichkina O. et al. Development strategy of agricultural enterprises in the production of high-tech products. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2019; 403.

## ОБ АВТОРАХ:

**Елена Юрьевна Бобкова**,  
кандидат экономических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (первый казачий университет),  
73, ул. Земляной Вал, Москва, 109004, Российская Федерация  
E-mail: vica3@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8934-1842>

**Дмитрий Игоревич Воробьев**,  
кандидат экономических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (первый казачий университет),  
73, ул. Земляной Вал, Москва, 109004, Российская Федерация  
E-mail: d.vorobyev@mgut.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8429-5752>

**Алла Викторовна Воробьева**,  
кандидат экономических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (первый казачий университет),  
73, ул. Земляной Вал, Москва, 109004, Российская Федерация  
E-mail: avorobiova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3897-9560>

**Софья Александровна Авдошкина**,  
Магистр, Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (первый казачий университет),  
73, ул. Земляной Вал, Москва, 109004, Российская Федерация  
E-mail: s.avdoshkina@mgut.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2246-2885>

**Марина Викторовна Темербаева**,  
Кандидат технических наук, профессор,  
Инновационный Евразийский университет, 45, ул. Ломова,  
Павлодар, 140008, Республика Казахстан  
E-mail: marvik75@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9796-8031>

**Татьяна Игоревна Урюмцева**,  
кандидат ветеринарных наук, профессор,  
Инновационный Евразийский университет, 45, ул. Ломова,  
Павлодар, 140008, Республика Казахстан  
E-mail: vbh2@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7980-8242>

## ABOUT THE AUTHORS:

**Elena Yurievna Bobkova**,  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and  
management (The First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val,  
Moscow, 109004, Russian Federation  
E-mail: vica3@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8934-1842>

**Dmitry Igorevich Vorobyev**,  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and  
management (The First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val, 109004,  
Moscow, Russian Federation  
E-mail: d.vorobyev@mgut.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8429-5752>

**Alla Viktorovna Vorobeve**,  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and  
management (The First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val, 109004,  
Moscow, Russian Federation  
E-mail: avorobiova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3897-9560>

**Sofia Aleksandrovna Avdoshkina**,  
Master,  
K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and  
management (The First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val, 109004,  
Moscow, Russian Federation  
E-mail: s.avdoshkina@mgut.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2246-2885>

**Marina Viktorovna Temerbaeva**,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Innovative  
University of Eurasia, 45 Lomov str., Pavlodar, 140008, Republic of  
Kazakhstan  
E-mail: marvik75@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9796-8031>

**Tatyana Igorevna Uryumtseva**,  
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Innovative  
University of Eurasia, 45 Lomov str., Pavlodar, 140008, Republic of  
Kazakhstan  
E-mail: vbh2@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7980-8242>



## VII СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ ЗЕРНО РОССИИ — 2023

16-17 февраля 2023 / г. Сочи



### ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Экспорт зерна и продуктов его переработки.
- Качество зерна. Технологии улучшения и повышения урожайности
- Развитие транспортной инфраструктуры — условия и тарифы
- Инфраструктура зернового комплекса — строительство элеваторов, портов.
- Круглый стол «Органическое земледелие и выращивание зерновых»
- Обзор российского зернового рынка
- Новые технологии в системе выращивания зерновых
- Сельхозтехника для посева и уборки зерновых
- Проблемы и пути реализации зерна

### АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Руководители ведущих агрохолдингов и сельхоз-организаций, производители зерна, предприятия по переработке и хранению зерна, операторы рынка зерна, трейдеры, ведущие эксперты зернового рынка, финансовые, инвестиционные компании и банки

По вопросам участия: +7 (909) 450-36-10

По вопросам выступления: +7 (988) 248-47-17

e-mail: event@agbz.ru  
Регистрация на сайте:  
events.agbz.ru



Реклама ИП Коцерын В.В.

С.Г. Головина, ✉  
А.В. Ручкин

Уральский государственный аграрный  
университет, Екатеринбург, Российская  
Федерация

✉ s\_golovina@yahoo.com

Поступила в редакцию:  
29.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
13.09.2022

Принята к публикации:  
28.10.2022

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-154-161

Svetlana G. Golovina, ✉  
Aleksey V. Ruchkin

Ural State Agrarian University, Yekaterinburg,  
Russian Federation

✉ s\_golovina@yahoo.com

Received by the editorial office:  
29.08.2022

Accepted in revised:  
13.09.2022

Accepted for publication:  
28.10.2022

# Развитие аграрной кооперации в современных условиях среды: эвристический потенциал междисциплинарных научных исследований

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Актуальность исследования, результаты которого представлены в данной статье, обусловлена возросшей потребностью в обзоре и систематизации результатов современных научных изысканий в области сельскохозяйственной кооперации, которые, с одной стороны, отражают сложившиеся в мировой практике тенденции и проблемы развития аграрных кооперативов, с другой — обладают эвристической и практической значимостью для улучшения условий развития кооперации непосредственно в российских условиях среды (причем, с учетом ее современного состояния и имеющих место вызовов и угроз).

**Методы,** использованные в ходе исследования, в частности, интегративный и дискурсивный методы, обзорно-аналитические приемы, скрупулезные компаративные оценки новых (полученных в анализируемых работах) выводов и заключений, позволили тщательно отследить и строго соотносить такие аспекты исследований, как (1) сложности, с которыми сталкиваются кооперативы из-за ухудшения политической и макроэкономической обстановки, отрицательных последствий изменения климата, возникающих в последнее время биологических (и других) угроз, (2) теоретическое обоснование причин снижения эффективности деятельности кооперативов в связи с существующими флуктуациями в условиях их функционирования, (3) практические выходы, предлагаемые учеными в свете современных междисциплинарных исследований изучаемого феномена (сельскохозяйственной кооперации).

**Результаты.** В качестве результата обзорно-аналитической работы, предпринятой для достижения обозначенной цели (обобщение и систематизация существующих концепций функционирования аграрных кооперативов, выявление их эвристического потенциала для использования в процессе разработки алгоритма и механизмов внедрения в российскую практику бизнес-ориентированных и социально направленных моделей сельскохозяйственных кооперативов), следует обозначить выделение публикаций тех авторов, которые стремятся (1) найти новые подходы к сохранению уникальной кооперативной организации, с одной стороны, и нахождению адекватного ответа на глобальные изменения в обществе и экономике — с другой, (2) развивать теорию сельскохозяйственной кооперации с учетом ряда обстоятельств, которые еще несколько лет назад не определялись как заслуживающие внимания, а сегодня рассматриваются в качестве решающих для развития многих социально-экономических процессов (коронакризис, внешнеэкономические санкции, кардинальное нарушение технологических и логистических цепочек), (3) ориентировать сугубо фундаментальные исследования на решение неотложных (прикладных) задач в сфере сельхозкооперации.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные кооперативы, теория, обзор, институциональная среда, бизнес-ориентированные модели, социальная направленность, вызовы, угрозы.

**Для цитирования:** Головина С.Г., Ручкин А.В. Развитие аграрной кооперации в современных условиях среды: эвристический потенциал междисциплинарных научных исследований. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 154-161. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-154-161>

© Головина С.Г., Ручкин А.В.

# Development of agrarian cooperation in modern environmental conditions: heuristic potential of interdisciplinary scientific research

## ABSTRACT

**Relevance.** The relevance of the study, the results of which are presented in this article, is due to the increased need to review and systematize the results of modern scientific research in the field of agricultural cooperation, which, on the one hand, reflect the trends and problems of development of agricultural cooperatives that have developed in world practice, on the other hand, have a heuristic and practical significance for improving the conditions for the development of cooperation directly in the Russian environment (moreover, taking into account its current state and existing challenges and threats).

**Methods.** The methods used in the course of the study, in particular, integrative and discursive methods, review and analytical techniques, rigorous comparative assessments of new (obtained in the analyzed works) conclusions, made it possible to carefully monitor and strictly correlate such research aspects as (1) struggles faced by cooperatives due to the deterioration of the political and macroeconomic environment, the negative consequences of climate change, emerging biological (and other) threats, (2) a theoretical justification for the reasons for the decrease in the efficiency of cooperatives due to existing fluctuations in the conditions of their functioning, (3) practical solutions offered by scientists in the light of modern interdisciplinary research of the phenomenon under study (agricultural cooperation).

**Results.** As a result of the review and analytical work undertaken to achieve the stated goal (generalization and systematization of existing concepts of the functioning of agricultural cooperatives, identification of their heuristic potential for use in the process of developing an algorithm and mechanisms for introducing business and socially-oriented models of agricultural cooperatives into Russian practice), it is necessary to highlight the publications of those authors who seek (1) to find new approaches to preserving the unique cooperative organization, on the one hand, and finding an adequate response to global changes in society and the economy, on the other, (2) to develop the theory of agricultural cooperation, taking into account a number of circumstances that a few years ago were not defined as worthy of attention, but today are considered as decisive for the development of many socio-economic processes (coronacrisis, foreign economic sanctions, a fundamental violation of technological and logistic chains), (3) to focus purely fundamental research on solving urgent (applied) problems in the field of agricultural cooperation.

**Key words:** agricultural cooperatives, theory, review, institutional environment, business-oriented models, social orientation, challenges, threats

**For citation:** Golovina S.G., Ruchkin A.V. Development of agrarian cooperation in modern environmental conditions: heuristic potential of interdisciplinary scientific research. Agrarian science. 2022; 363 (10): 154-161. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-154-161> (In Russian).

© Golovina S.G., Ruchkin A.V.



## Введение / Introduction

После изучения широкого перечня публикаций по кооперативной тематике, можно констатировать, что сложно найти сегодня область исследования, так же широко обсуждаемую среди экономистов-аграрников, как функционирование сельскохозяйственных кооперативов и их роль в обеспечении должной динамики развития аграрной отрасли экономики, в сохранении сельских территорий и сельских сообществ. Тем не менее, потребность в научных работах, направленных на оценку состояния сельскохозяйственной кооперации в различных институциональных и макроэкономических условиях, по-прежнему высока, так как, с одной стороны, не все результаты предпринятых изысканий пригодны для использования на практике, с другой стороны, формирующаяся вокруг аграрных кооперативов среда настолько мобильна, что постоянно появляются новые проблемы, на преодолении которых фокусируют внимание известные теоретики и практики.

Именно в связи с этим, а также по причине новых вызовов и угроз климатического, биологического, политического и иного характера, в реферируемых экономических журналах появляются научные работы, требующие осмысления и оценки как с позиции определения их адекватности возникающим сегодня сложностям функционирования сельскохозяйственных кооперативов в различных странах мира, так и с точки зрения их эвристического потенциала для исследования процессов развития рассматриваемого феномена непосредственно в отечественных условиях среды. При этом следует учесть, что сегодня, на фоне слабой динамики развития аграрной кооперации и низкой эффективности деятельности сельскохозяйственных кооперативов в России, высокая турбулентность макроэкономической и политической обстановки создает как новые сложности, так и новые возможности для развития различных форм сотрудничества и кооперации в сельском производстве.

Если остановиться на характеристиках современного мэйнстрима исследований по кооперативной тематике, то важно подчеркнуть, что главный научный постулат, на основе которого строятся и теоретические, и практико-ориентированные научные изыскания, заключается в том, что эффективность функционирования и перспективы развития современных организационных структур, подобных сельскохозяйственным кооперативам, непосредственно связаны с их способностью адаптироваться к изменениям, происходящим во внешней среде и в обществе в целом. Причем, в то время как большинство исследований российских ученых относительно возможностей развития кооперации в сложившейся отечественной среде сосредоточены на необходимости инкорпорации в хозяйственную практику традиционных кооперативных принципов [1, 2], международные (причем междисциплинарные) исследования фокусируются сегодня на необходимости тесного взаимодействия современных кооперативов с сельскими сообществами, значимости их многофункциональной деятельности для удовлетворения общественных предпочтений и потребностей, важности всевозможных инноваций (организационных, управленческих, технологических) для гибкой адаптации кооперативов к имеющим место вызовам и угрозам [3, 4].

Современные изыскания в данном направлении стремительно реагируют на новую обстановку изменением предмета исследования, совершенствованием применяемой методологии и используемых методов,

как следствие, содержательными аспектами полученных результатов и контентом прикладных выводов. Именно в силу этих обстоятельств появляется насущная необходимость их скрупулезного изучения и оценки с позиции спецификации значимости как в теоретической, так и в прикладной плоскостях (имплементация в ходе российских исследований и в процессе практического применения), в связи с чем, преследуя сформулированную в работе цель, в ходе исследования были использованы некоторые специфические методологические подходы и методы, а также получены определенные результаты, отличающиеся новизной и требующие обсуждения в научном сообществе.

## Материалы и методы / Materials and methods

Прежде всего следует отметить, что представленное в статье исследование носит междисциплинарный характер и потому предполагает обзор и анализ работ в области не только экономики, но и социологии, экологии, политических наук, фокусирующихся на функционировании сельскохозяйственных кооперативов, многофункциональная деятельность которых позволяет решать на селе различные экономические, социальные и экологические задачи. Обращаясь к конкретным методологическим концепциям, используемым в современных изысканиях и потому заслуживающим внимания в данном обзоре, важно выделить такие из них, которые рассматривают способность сельскохозяйственных кооперативов успешно адаптироваться к трансформации внешней среды в качестве важнейшего условия их жизнеспособности и эффективности.

В связи с этим популярность приобретают работы, сфокусированные на некоторых вопросах, имеющих прямое отношение к состоянию сельскохозяйственной кооперации в России: 1) углубление кооперативной идентичности и гармонизация традиционных кооперативных принципов с новыми (не имеющими ранее места) условиями среды, ее флуктуациями и вызовами [5, 6]; 2) характеристики институционального (формального и неформального) окружения аграрных кооперативов, поведенческая реакция кооперативов на чрезвычайные ситуации, подобные COVID-19, ухудшению климата, обострению политической обстановки [7, 8]; 3) эффективность деятельности кооперативов в отдельных отраслях сельского хозяйства [9, 10]; 4) организационное устройство жизнеспособных (многофункциональных, конкурентоспособных) кооперативных организаций, действующих в современном сельском пространстве [11, 12].

Для достижения специфицированной в работе цели применялись различные исследовательские методы, в частности, интегративный метод, использование которого целесообразно тогда, когда ревью организовано не с целью полного охвата имеющейся литературы по изучаемому вопросу, а для того, чтобы проанализировать лишь ограниченные определенными рамками (в данном случае — полезные для российской практики) результаты научных исследований [13].

Имплементация обозначенного подхода, а также дискурсивного метода и компаративных оценок, позволила (в совокупности с некоторыми другими обзорно-аналитическими приемами) критически проанализировать имеющиеся источники, а затем специфицировать результаты исследований, эвристический потенциал которых может быть применен в ходе развития отечественных сельскохозяйственных кооперативов в уникальных (российских) услови-

ях среды. Что касается принципов отбора литературы, охваченной в предлагаемом обзорном исследовании, внимание было уделено, во-первых, работам широко известных в области сельскохозяйственной кооперации отечественных и зарубежных ученых, во-вторых, лишь тем научным результатам, которые получены в последнее десятилетие, учитывая, что научному сообществу уже были представлены обзоры, касающиеся теории и опыта аграрной кооперации.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

В силу того, что развитие кооперативной теории отличается значимыми достижениями, в научной литературе периодически появляются обзорные статьи, анализирующие полученные результаты как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения, причем подготовленные в основном, западными учеными. Если принимать в расчет современный период развития экономической теории кооперации (последние тридцать лет), то к наиболее популярным научным обзорам можно отнести следующие статьи: 1) Торгерсон Р.Э., Рейнольдс Б.Дж., Грей Т.В. Эволюция кооперативной мысли, теория и цель, 1998 г. [14]; 2) Кук М.Л., Чадда Ф.Р., Иллиопулос К. Достижения в теории кооперативов с 1990 г.: обзор литературы по экономике сельского хозяйства, 2004 г. [15]; 3) Кук М.Л., Грашуйс Дж. Теория кооперативов: последние разработки, 2018 г. [16]; 4) Грашуйс Дж., Су Ю. Обзор эмпирической литературы о фермерских кооперативах: эффективность, право собственности и управление, финансы и отношение членов, 2018 г. [17]; 5) Су Ю., Кук М.Л. Достижения в исследованиях сельскохозяйственных кооперативов с 2007 года: обзор китайской литературы по экономике сельского хозяйства, 2020 г. [18]. Учитывая, что данные обзорные работы ограничены в основном публикациями, посвященными проблемам функционирования западных кооперативов (отличающихся длительной эволюцией и современными формами организации, близкими по своему устройству к инвесторно-ориентированным фирмам), которые не вполне релевантны российским особенностям, в 2021 г. коллективом ученых была подготовлена обзорная статья «Сельскохозяйственная кооперация в условиях новых вызовов и угроз: от теоретических дискуссий к хозяйственной практике» [19], сосредоточившая внимание на публикациях, которые наиболее полезны для имплементации в современной российской среде. И все же даже за столь короткий период времени (2021–2022 гг.) в кооперативной теории появились кардинально новые исследования, касающиеся (1) потенциала современных организационных форм функционирования аграрных кооперативов в решении насущных проблем сельской экономики и сельской жизни, (2) новых задач, стоящих перед кооператорами в связи с усложнением сельскохозяйственного производства и усилением гетерогенности интересов потенциальных и реальных членов кооперативов, (3) кардинальной трансформации среды функционирования кооперативных структур, обусловленной имеющими место вызовами и угрозами (изменение климата, последствия пандемии COVID-19, осложнение политической обстановки, ухудшение макроэкономических условий), (4) существенного сдвига общественных предпочтений в сторону социальной, экологической, климатической устойчивости.

Обобщая научные результаты по проблемам кооперации за последние годы, важно констатировать,

что для ученых сегодня по-прежнему актуальна проблема кооперативной идентичности, а потому задача уточнения сущности самого понятия «кооператив» не уходит с исследовательской арены, хотя, казалось бы, тот перечень дефиниций, который предложен кооперативной теорией со времен И. Емельянова, исчерпывающе характеризует исследуемый феномен, позволяет раскрыть природу и содержание этого явления, разработать методологические основы его анализа.

Важно отметить, что многочисленные определения сельскохозяйственного кооператива распределены между двумя концептуальными подходами: один представляет его как разновидность фирмы или «продолжение фермерского хозяйства», другой — как совокупность фирм или «коалицию фермерских хозяйств» [5, 6]. В целом, существенным потенциалом в изучении современных кооперативных процессов, в частности, организационных инноваций в кооперативных структурах, обладает институциональная теория, описывающая влияние внешних условий и импульсов (в том числе институтов) на внутреннее устройство организаций [9, 20, 21].

Кроме того, оценивая современное состояние исследований в области сельскохозяйственной кооперации, обратим внимание на те направления, которые имеют непосредственное отношение к проблемам функционирования новых моделей кооперативов, инкорпорация которых в российскую практику может дать отечественной кооперации новые стимулы для динамичного и устойчивого развития (бизнес-ориентированные и социально направленные модели). Первое из них концентрируется на объективной оценке институциональной среды, в которой такие кооперативы функционируют (представлена институтами неформальными, формальными и рыночными), второе — на изучении процессов развития кооперативов в различных сегментах сельской экономики. Что касается, например, институтов формальных, то усилия ученых направлены на возможности совершенствования законодательства, позволяющего кооперативным структурам быстро адаптироваться к особенностям окружающих их условий [22–24]. В отношении же институтов неформальных результаты предыдущих теоретико-эмпирических исследований (причем, как это популярно в настоящее время, междисциплинарных) позволяют предложить научному сообществу ряд важных заключений.

Прежде всего, неформальная институциональная среда играет важную роль в успешном развитии любых организационных моделей сельскохозяйственного кооператива (и самых простых, представляющих, по сути, неформальное сотрудничество, и самых современных, близких к инвесторно-ориентированным фирмам). Особое место при этом занимают такие социальные ценности, как солидарность, равенство, доверие, ответственность [25, 26, 27], причем для эффективного функционирования кооператива все более важное значение имеют поведенческие характеристики членов кооператива, такие как: 1) открытость и готовность к коллективному (сетевому) взаимодействию [22]; 2) стремление (желание и готовность) вести совместную хозяйственную деятельность вместе с коллегами в рамках кооператива [28]; 3) наличие достаточного запаса опыта, знаний и умений для участия в управлении кооперативом, выполнения роли собственника и инвестора [29]; 4) уважительное отношение членов кооператива к базовым принципам его функционирования [30]. Уместно подчеркнуть, что отмеченные характеристики участников кооперативной деятельности имеют зна-

чение и для традиционных кооперативов, сосредоточенных на узком функционале (снабжение ресурсами, переработка продукции, ее реализация), и для новых (бизнес-ориентированных и социально направленных) форм кооперативных организаций, расширяющих свою деятельность как с позиции функций (экономические, социальные, экологические), так и с точки зрения охвата технологической цепи (крупные диверсифицированные кооперативные организации) [31].

В итоге на базе существующих теоретических исследований относительно неформальной среды функционирования сельскохозяйственных кооперативов можно заключить, что именно она (неформальная среда, представленная традициями, сложившимся уровнем доверия, интенциями фермеров и других аграрных производителей к совместной производственной и социальной активности) выступает в качестве основного фактора низкой эффективности функционирования и слабого развития сельскохозяйственных кооперативов в России [22, 24, 32], причем основными ее элементами, ответственными за низкую долю кооперативов на рынках сельскохозяйственной продукции и услуг, их небольшие размеры, слабые конкурентные позиции, являются: 1) неприглядный имидж кооперации, сложившийся в отдельные исторические периоды ее развития в России (главным образом, в перестроечный период); 2) низкая предрасположенность аграрных производителей к ведению совместного бизнеса вообще и на кооперативных принципах в частности; 3) слабая информированность субъектов кооперации о принципах организации кооперативов и ограниченный опыт их участия в кооперативной деятельности; 4) отсутствие доверия сельхозтоваропроизводителей друг к другу и к другим субъектам сельского пространства. В таких условиях, а также с учетом культивирования кооперации «сверху» (государством), целесообразно уделять внимание не только действующему в стране законодательству и достаточности финансовой поддержки, но и другим государственным инициативам, способствующим улучшению социальной обстановки на селе и возрождению сельских традиций совместной деятельности в границах сельских территорий (а в связи с этим — формированию должного уровня доверия, готовности к участию в деловой активности на условиях равенства, взаимопомощи, солидарности). Для этого важны различного плана мероприятия, нацеленные на максимальное соответствие сельской неформальной среды сути кооперативных организаций и основным принципам их существования.

Опыт проведения консолидирующих мероприятий, привлекающих сельское население и аграрных производителей к активному участию в управлении сельским развитием, имеющийся и в отечественной истории, и за рубежом, представляет при этом большой научный интерес [2, 33]. Отметим, что в тех странах, где сельскохозяйственные кооперативы являются чаще всего крупнейшими компаниями, близкими по организационному устройству к холдингам, инвестор-ориентированным фирмам, ученые уделяют не меньше внимания вопросам, касающимся многочисленности и гетерогенности членов кооперативов, а следовательно, низкого уровня доверия [34], социальной сущности и социальным аспектам деятельности кооперативов [35, 36], удовлетворенности членов кооператив (отличающихся не только экономическими амбициями, но и социальными, и экологическими) участием в работе кооператива при условии многофункциональности его

деятельности (природоохранной, социальной, климатосберегающей) [37].

Следующий важный аспект научных исследований, касающихся сельскохозяйственной кооперации, связан, как это отмечено ранее, с изучением и совершенствованием формальной институциональной среды, которая важна для успеха функционирования кооперативов не меньше, чем среда неформальная [12]. Принимая в расчет важность государственной поддержки фермерства и кооперации в условиях современных вызовов, содержанию кооперативного законодательства и контенту государственных программ уделяется все более пристальное внимание.

Наблюдаемые сегодня новые явления, причем как положительные, связанные с развитием технологий и возможностями роста производительности ресурсов в сельском хозяйстве, так и отрицательные, обусловленные негативными внешнеполитическими событиями, а также угрозами биологического и климатического характера, требуют, по мнению ученых и практиков, как совместного использования уже имеющегося международного опыта, так и разработки новых (более тонких) инструментов государственного регулирования отрасли с учетом имеющих место потрясений (беспрецедентные санкционные ограничения, климатические аномалии, разрушение логистических цепочек вследствие ухудшения политической обстановки и разразившегося в мире пандемического кризиса). Причем, если некоторые эффекты отмеченных проблем пока не могут быть оценены всесторонне по причине отсутствия данных и слишком короткого периода наблюдений, то обострение многих проблем на селе, вызванных распространением COVID-19 (а именно — рост безработицы среди сельского населения, снижение его доходов, усугубление бедности), уже тщательно изучаются представителями экономической теории и других научных отраслей, на объекты исследования которых так или иначе влияют последствия пандемии коронавируса [38, 39].

Ключевой вывод, сформулированный наукой и подтвержденный практикой, заключается в том, что солидарность, взаимопомощь и социальное взаимодействие, лежащие в основе кооперативной деятельности, позволяют мелким аграрным производителям разделять возникающие риски, находить новые ниши для расширения спектра деятельности, получать доступ к ранее неиспользуемым каналам сбыта продукции и приобретения ресурсов [7, 40]. Как подчеркивается в ежегодном мониторинге деятельности кооперативов (World Cooperative Monitor) [41], пострадавшие от COVID-19 сельскохозяйственные кооперативы проявили, как и в трудные периоды ранее, устойчивость и жизнеспособность, причем, главным образом, благодаря их ориентации на насущные повседневные проблемы (появилось много новых кооперативов в различных сферах сельской экономики), а также в результате эффективных мер поддержки и самих фермеров, и их профессиональных сообществ. Основной вектор такой помощи был связан (как и в настоящее время) с реорганизацией среднесрочной и долгосрочной деятельности сельскохозяйственных кооперативов в целях их бесперебойной работы во время кризиса, в частности, с внедрением новых бизнес-моделей, основанных на организационных инновациях и цифровых инструментах [40].

Еще одно направление исследований, результаты которых важны для определения путей повышения

эффективности деятельности непосредственно российских кооперативов, носит сугубо отраслевой характер и предполагает оценку условий функционирования сельскохозяйственных кооперативов не в аграрной экономике в целом, а в отдельных ее подотраслях. К примеру, Й. Биджман, имеющий множество публикаций в значимых научных журналах, в одной из них детально описывает особенности функционирования голландских кооперативов, специализирующихся на производстве и переработке молока и молочной продукции, охватывая при этом длительный (более чем столетний) период их истории и привлекая к анализу разнообразные инструменты институциональной методологии [42]. Продолжая разрабатывать данную тематику с другими учеными (L. Li, H. Guo, N. Heerink) и сосредоточивая научный интерес на функционировании китайских овощеводческих кооперативов, причем в условиях непредсказуемых флуктуаций среды, Й. Биджман с коллегами в статье «Влияние неопределенности на выбор форм деловых отношений: пример овощеводов в Китае» [43] верифицируют две важные гипотезы о тесной корреляции конкретных видов неопределенности с мотивацией сельхозпроизводителей к различным формам сотрудничества и взаимопомощи: 1) производственная неопределенность стимулирует фермеров к созданию кооперативов (формальных организаций, предполагающих стабильные, чаще всего основанные на контрактах, отношения); 2) поведенческая неопределенность обуславливает неформальные (более гибкие) отношения, позволяющие быстро адаптироваться к новым условиям функционирования. В этой же (отраслевой) плоскости реализуют исследовательский проект Э. Фальбек и Й. Ниллсон, его результаты опубликованы в главе «Маркетинг органических продуктов питания: пример шведских молочных кооперативов», являющейся частью монографии, посвященной совершенствованию аграрной теории и сельскохозяйственной политики в связи с институциональными изменениями и усилением экологических требований в европейских странах [8].

Следуя положениям пространственного подхода в экономической науке (учет географических особенностей) Т. Скевас и Дж. Грашуйс анализируют деятельность кооперативов по сбыту зерна в США, специфицировав не только факторы их успешного функционирования, но и влияние порождаемых ими экстерналий на эффективность работы зерновых кооперативов в соседних с ними районах [44]. И наконец, научный коллектив, возглавляемый Т. Хуксом, представил коллегам результаты исследований по особенностям деятельности мясных кооперативов, проследив, как воздействуют на их развитие процессы индустриализации в агропродовольственном секторе экономики, создавая для них как новые возможности, так и сложно преодолимые проблемы [45].

Выделяя еще один важный аспект исследований, имеющий непосредственное отношение к функционированию сельскохозяйственных кооперативов в российских регионах, необходимо остановиться на работах, посвященных научному обоснованию и апробации алгоритма и механизмов успешного внедрения в отечественную практику новых моделей сельскохозяйственных потребительских кооперативов, которые, во-первых, отличаются, благодаря особому организационному устройству и четкой бизнес-ориентации, эффективным функционированием и конкурентоспособностью, во-вторых, могут выполнять в уникальных сельских ус-

ловиях (с учетом сложившейся в России и ее регионах институциональной, социально-экономической, экологической среды) важные для сельских жителей экономические, социальные, экологические функции [6, 46].

В качестве значимых обстоятельств, подлежащих глубокому анализу и объективной оценке, в таких работах рассматриваются последствия сегодняшних глобальных вызовов и угроз, негативно отражающиеся на аграрной отрасли экономики, деятельности сельскохозяйственных кооперативов и, как следствие, на развитии сельских территорий и благополучии сельского населения. В исследованиях такой направленности, во-первых, изучаются причины ограниченной имплементации в хозяйственной практике сугубо традиционной модели кооператива, которая хоть и обладает сегодня практической значимостью, но применима лишь к самым простым формам кооперативных организаций, во-вторых, обосновывается необходимость использования на практике именно новых (бизнес-ориентированных и социально направленных) моделей кооперативов [11, 46].

### Выводы / Conclusion

Как следует из анализа имеющихся (основных) публикаций и контента аграрной политики, сельскохозяйственная кооперация идентифицируется сегодня в качестве одного из стратегически важных направлений развития сельской экономики в целом и сельского хозяйства в частности. Кроме того, данное обзорно-аналитическое исследование, продиктованное необходимостью систематизации работ, научная (теоретическая и практическая) значимость которых обусловлена главным образом изучением в них особой роли аграрных кооперативов в успешном функционировании фермерских и других мелких и средних аграрных хозяйств, в решении социально-экономических и экологических проблем села, возникающих как в ходе эволюционного развития общества, так и во время непредсказуемых флуктуаций среды, всесторонне доказывает, что в современных условиях для кооперативов особенно важно не только быть конкурентоспособными и эффективно функционирующими, но и фокусироваться в своей деятельности на решении различных социально-экономических проблем сельских территорий.

Как можно резюмировать из проведенного анализа, сам факт существования аграрных кооперативов в хозяйственной практике не является достаточным условием продуктивной деятельности сельскохозяйственных производителей, эффективного функционирования аграрной отрасли, успешного развития сельских территорий. Реализация особого потенциала кооперации в формировании динамично развивающегося агропродовольственного комплекса в России, к примеру, возможна лишь тогда, когда создаваемые в сельском пространстве кооперативы будут ориентироваться не на традиционную кооперативную модель и перманентную финансовую помощь государства, а на модель предпринимательского типа, что концептуально означает введение важных новшеств относительно организационных, финансовых и управленческих аспектов деятельности кооперативов.

Результаты исследований, причем как западных ученых (A. Wolz, J. Nilsson, M. Cook, Iliopoulos, J. Grashuis, M. Fulton), так и отечественных (М. Антонова, А. Куракин, А. Соболев, Р. Янбых и др.), доказывают необходимость модификации организационного устройства аграрных кооперативов и внедрения в отечественную практику их современных (бизнес-ориентированных) моделей.



Несмотря на скрупулезное изучение проблем организационной трансформации аграрных кооперативов в современных условиях среды в международном пространстве и освещение их выводов в экономической литературе, в аграрной науке до сих пор актуальны исследования прикладного характера, связанные с решением таких задач, как (1) разработка алгоритма создания кооперативов нового типа и уточнение организационной последовательности прохождения ими определенных этапов жизненного цикла, (2) формулирование вариантов совершенствования кооперативного законодательства, призванного создать для аграрных кооперативов благоприятный бизнес-климат, (3) подготовка рекомендаций потенциальным и действующим членам кооперативов относительно формальных процедур создания организации, опирающейся на новые (по сравнению с традиционными) кооперативные принципы, эффективную структуру прав собственности, современные инструменты управления, контроля и финансирования, (4) определение возможностей обновления системы кооперативного обучения и образования, генерирующей необходимый для успешного развития кооперации объем знаний и навыков у сельского населения, (5) спецификация направлений и инструментов государ-

ственной поддержки именно новых (бизнес-ориентированных) сельскохозяйственных кооперативов.

Многокритериальная оптимизация функционирования сельскохозяйственных потребительских кооперативов в условиях сложившихся в России формальных и неформальных институтов с учетом множества детерминирующих факторов, включая современные вызовы и угрозы, — важное направление будущих исследований, которые также потребуют обобщения и систематизации, подобного предпринятому в данной научной статье.

Главные научные послы, определяющие перспективные векторы исследований в области кооперации, связаны, во-первых, с утверждением, что жизнеспособность сельскохозяйственного кооператива в большей степени зависит сегодня от такой его характеристики, как адаптивность, в то время как ранее считалось, что она определяется применяемыми технологиями, наличием конкурентных преимуществ, умением реализовать традиционные кооперативные принципы, во-вторых, с верификацией тесной корреляции между организационными инновациями, присущим кооперативным структурам, и их возможностью адекватно отвечать на постоянно возникающие вызовы и угрозы.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.  
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.  
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.  
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.  
The authors declare no conflict of interest.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 22-28-20048.

#### FUNDING:

The reported study was funded by the Russian Science Foundation and the Government of the Sverdlovsk Region, project number 22-28-20048.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Палладина М.И., Воронина Н.П. Сельскохозяйственные потребительские кооперативы: правовые вопросы. *Черные дыры в Российском законодательстве*. 2014; 1: 53-58.
2. Божков О.Б., Никулин А.М., Поleshchuk И.К. Сельская кооперация в Северном Нечерноземье: официальные и неформальные практики. *Вестник российского университета дружбы народов. Серия: социология*. 2020; 20 (4): 889-904.
3. Deng W., Hendrikse G., Liang Q. Internal Social Capital and the Life Cycle of Agricultural Cooperatives. *Journal of Evolutionary Economics*. 2021; 31 (1): 1-23.
4. Mwambi M., Bijman J., Mshenga P. Which Type of Producer Organization is (More) Inclusive? Dynamics of Farmers' Membership and Participation in the Decision-Making Process. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2020; 91 (2): 213-236.
5. Diaz-Foncea M., Marcuello C. Entrepreneurs and the Context of Cooperative Organizations: A Definition of Cooperative Entrepreneur. *Canadian Journal of Administrative Sciences-revue Canadienne Des Sciences De L'Administration*. 2013; 30: 238-251.
6. Grashuis J., Cook M. Farmer Cooperatives as Systems of Attributes: An Analysis of Ownership and Investment Complementarities. In: *Management and Governance of Networks: Franchising, Cooperatives, and Strategic Alliances*. Switzerland: Springer Cham; 2017: 131-147.
7. Bacq S., Lumpkin G.T. Social Entrepreneurship and COVID-19. *Journal of Management Studies*. 2020; 58: 285-288.

#### REFERENCES

1. Palladina M.I., Voronina N.P. Agricultural consumer cooperatives: legal issues. Black holes in Russian legislation. 2014; 1:53-58 (In Russian).
2. Bozhkov O.B., Nikulin A.M., Poleschchuk I.K. Rural cooperation in the Northern Non-Chernozem region: official and informal practices. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: sociology*. 2020; 20 (4): 889-904 (In Russian).
3. Deng W., Hendrikse G., Liang Q. Internal Social Capital and the Life Cycle of Agricultural Cooperatives. *Journal of Evolutionary Economics*. 2021; 31 (1): 1-23.
4. Mwambi M., Bijman J., Mshenga P. Which Type of Producer Organization is (More) Inclusive? Dynamics of Farmers' Membership and Participation in the Decision-Making Process. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2020; 91 (2): 213-236.
5. Diaz-Foncea M., Marcuello C. Entrepreneurs and the Context of Cooperative Organizations: A Definition of Cooperative Entrepreneur. *Canadian Journal of Administrative Sciences-revue Canadienne Des Sciences De L'Administration*. 2013; 30: 238-251.
6. Grashuis J., Cook M. Farmer Cooperatives as Systems of Attributes: An Analysis of Ownership and Investment Complementarities. In: *Management and Governance of Networks: Franchising, Cooperatives, and Strategic Alliances*. Switzerland: Springer Cham; 2017: 131-147.
7. Bacq S., Lumpkin G.T. Social Entrepreneurship and COVID-19. *Journal of Management Studies*. 2020; 58: 285-288.

8. Fahlbeck E., Nilsson J. The Marketing of Organic Food Products: The Case of Swedish Dairy Co-operatives. In: *Environmental Co-operation and Institutional Change Theories and Policies for European Agriculture*. Cheltenham: Edward Elgar; 2002; 2002: 345-361.
9. Bijman J. Exploring the Sustainability of the Cooperative Model in Dairy: The Case of the Netherlands. *Sustainability*. 2018; 10 (7): 2498.
10. Feng L., Friis A., Nilsson J. Social Capital among Members in Grain Marketing Cooperatives of Different Sizes. *Agribusiness*. 2016; 32 (1): 113-126.
11. Головина С.Г., Смирнова Л.Н. Использование традиционной модели сельскохозяйственного кооператива в российской хозяйственной практике. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2020; 6: 32-37.
12. Shantz A.S., Kistruck G.M., Pacheco D., Webb J.W. How Formal and Informal Hierarchies Shape Conflict within Cooperatives: A Field Experiment in Ghana. *Academy of Management Journal*. 2020; 63: 503-529.
13. Snyder H. Literature Review as A Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*. 2019; 104: 333-339.
14. Torgerson R.E., Reynolds B.J., Gray T.W. Evolution of Cooperative Thought, Theory, and Purpose. *Journal of Cooperatives*. 1998; 13: 1-20.
15. Cook M.L., Chaddad F.R., Iliopoulos C. Advances in Cooperative Theory since 1990: A Review of Agricultural Economics Literature. In: Hendrikse G. (ed.). *Restructuring Agricultural Cooperatives*. Rotterdam: Erasmus University; 2004: 65-90.
16. Cook M.L., Grashuis J. Theory of Cooperatives: Recent Developments. In: *Routledge Handbook of Agricultural Economics*. New York, NY: Routledge; 2018: 372-392.
17. Grashuis J., Su Y. A Review of the Empirical Literature on Farmer Cooperatives: Performance, Ownership and Governance, Finance, and Member Attitude. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2018; 90 (1): 77-102.
18. Su Y., Cook M.L. Advances in Agricultural Cooperative Research Since 2007: A Review of Chinese Agricultural Economics Literature. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2020; 91 (4): 519-543.
19. Головина С.Г., Смирнова Л.Н. Сельскохозяйственная кооперация в условиях новых вызовов и угроз: от теоретических дискуссий к хозяйственной практике. *Аграрный вестник Урала*. 2021; 05 (208): 71-88.
20. Сарайкин В.А., Янбых Р.Г. Направления совершенствования организации и эффективного развития кооперации. *АПК: Экономика, Управление*. 2017; 6: 40-47.
21. Wolz A., Golovina S., Nilsson J., Hess S. Reviewing Changing Institutional Conditions for Private Farming in Russia. *Outlook on Agriculture*. 2016; 45 (2): 111-116.
22. Сарайкин В.А., Янбых Р.Г. Анализ устойчивости кооперативной формы хозяйствования аграрного сектора России в контексте институциональной теории фирмы. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2019; 35 (2): 251-268.
23. Янбых Р.Г. Тенденции развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов в России. *Экономика сельского хозяйства России*. 2017; 11: 77-83.
24. Kurakin A., Visser O. Post-Socialist Agricultural Cooperatives in Russia: A Case Study of Top-Down Cooperatives in the Belgorod Region. *Post-Communist Economies*. 2017; 29 (2): 158-181.
25. Hakelius K., Hansson H. Members' Attitudes towards Cooperatives and Their Perception of Agency Problems. *International Food and Agribusiness Management Association*. 2016; 19 (4): 1-14.
26. Sokoli O., Doluschitz R. Cooperative Evolution through Political Era/Epoch: Albanian's Case and Comparisons. *Economics of Agriculture*. 2019; 66 (1): 189-204.
27. Yu L., Nilsson J. Social Capital and Financial Capital in Chinese Cooperatives. *Sustainability*. 2019; 11 (8): 2415.
28. Golovina S., Hess S., Nilsson J., Wolz A. Networking among Russian Farmers and Their Prospects for Success. *Post-Communist Economies*. 2019; 31 (4): 484-499.
29. Mwambi M., Bijman J., Mshenga P. Which Type of Producer Organization is (More) Inclusive? Dynamics of Farmers' Membership and Participation in the Decision-Making Process. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2020; 91 (2): 213-236.
30. Kontogeorgos A., Sergaki P., Chatzitheodoridis F. An Assessment of New Farmers' Perceptions about Agricultural Cooperatives. *Journal of Developmental Entrepreneurship*. 2017; 22 (1): 1750003 (1) — 1750003 (13).
31. Iliopoulos C., Valentinov V. Member Preference Heterogeneity and Systemicworld Dichotomy in Cooperatives: An Exploratory Case Study. *Journal of Organizational Change Management*. 2017; 30 (7): 1063-1080.
32. Golovina S., Antonova M., Abilova E. Assessment of Agricultural Cooperatives' Performance in Russia: The Case of the Kurgan Region. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2020; 392: 370-376.
33. Yanbykh R., Saraikin V., Lerman Z. Cooperative Tradition in Russia: A Revival of Agricultural Service Cooperatives? *Post-Communist Economies*. 2019; 31 (6): 751-771.
34. Höhler, J. and R. Kühl. Dimensions of Member Heterogeneity in Cooperatives and their Impact on Organization — A Literature Review. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2018; 89 (4): 697-712.
35. Liang Q., Lu H., Deng W. Between Social Capital and Formal Governance in Farmer Cooperatives: Evidence from China. *Outlook on Agriculture*. 2018; 47 (1): 196-203.
36. Morfi C., Nilsson J., Österberg H. Why Farmers Involve Themselves in Co-Operative District Councils. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2018; 89 (4): 581-598.
8. Fahlbeck E., Nilsson J. The Marketing of Organic Food Products: The Case of Swedish Dairy Co-operatives. In: *Environmental Co-operation and Institutional Change Theories and Policies for European Agriculture*. Cheltenham: Edward Elgar; 2002; 2002: 345-361.
9. Bijman J. Exploring the Sustainability of the Cooperative Model in Dairy: The Case of the Netherlands. *Sustainability*. 2018; 10 (7): 2498.
10. Feng L., Friis A., Nilsson J. Social Capital among Members in Grain Marketing Cooperatives of Different Sizes. *Agribusiness*. 2016; 32 (1): 113-126.
11. Golovina S.G., Smirnova L.N. The use of the traditional model of an agricultural cooperative in Russian economic practice. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2020; 6: 32-37 (In Russian).
12. Shantz A.S., Kistruck G.M., Pacheco D., Webb J.W. How Formal and Informal Hierarchies Shape Conflict within Cooperatives: A Field Experiment in Ghana. *Academy of Management Journal*. 2020; 63: 503-529.
13. Snyder H. Literature Review as A Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*. 2019; 104: 333-339.
14. Torgerson R.E., Reynolds B.J., Gray T.W. Evolution of Cooperative Thought, Theory, and Purpose. *Journal of Cooperatives*. 1998; 13: 1-20.
15. Cook M.L., Chaddad F.R., Iliopoulos C. Advances in Cooperative Theory since 1990: A Review of Agricultural Economics Literature. In: Hendrikse G. (ed.). *Restructuring Agricultural Cooperatives*. Rotterdam: Erasmus University; 2004: 65-90.
16. Cook M.L., Grashuis J. Theory of Cooperatives: Recent Developments. In: *Routledge Handbook of Agricultural Economics*. New York, NY: Routledge; 2018: 372-392.
17. Grashuis J., Su Y. A Review of the Empirical Literature on Farmer Cooperatives: Performance, Ownership and Governance, Finance, and Member Attitude. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2018; 90 (1): 77-102.
18. Su Y., Cook M.L. Advances in Agricultural Cooperative Research Since 2007: A Review of Chinese Agricultural Economics Literature. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2020; 91 (4): 519-543.
19. Golovina S.G., Smirnova L.N. Agricultural cooperation in the face of new challenges and threats: from theoretical discussions to economic practice. *Agribusiness Bulletin of the Urals*. 2021; 05 (208): 71-88 (In Russian).
20. Saraikin V.A., Yanbykh R.G. Directions for improving the organization and effective development of cooperation. *APK: Economics, Management*. 2017; 6: 40-47 (In Russian).
21. Wolz A., Golovina S., Nilsson J., Hess S. Reviewing Changing Institutional Conditions for Private Farming in Russia. *Outlook on Agriculture*. 2016; 45 (2): 111-116.
22. Saraikin V.A., Yanbykh R.G. Analysis of the sustainability of the cooperative form of managing the agrarian sector of Russia in the context of the institutional theory of the firm. *Bulletin of St. Petersburg University. Economy*. 2019; 35 (2): 251-268 (In Russian).
23. Yanbykh R.G. Trends in the development of agricultural consumer cooperatives in Russia. *Economics of agriculture in Russia*. 2017; 11: 77-83 (In Russian).
24. Kurakin A., Visser O. Post-Socialist Agricultural Cooperatives in Russia: A Case Study of Top-Down Cooperatives in the Belgorod Region. *Post-Communist Economies*. 2017; 29 (2): 158-181.
25. Hakelius K., Hansson H. Members' Attitudes towards Cooperatives and Their Perception of Agency Problems. *International Food and Agribusiness Management Association*. 2016; 19 (4): 1-14.
26. Sokoli O., Doluschitz R. Cooperative Evolution through Political Era/Epoch: Albanian's Case and Comparisons. *Economics of Agriculture*. 2019; 66 (1): 189-204.
27. Yu L., Nilsson J. Social Capital and Financial Capital in Chinese Cooperatives. *Sustainability*. 2019; 11 (8): 2415.
28. Golovina S., Hess S., Nilsson J., Wolz A. Networking among Russian Farmers and Their Prospects for Success. *Post-Communist Economies*. 2019; 31 (4): 484-499.
29. Mwambi M., Bijman J., Mshenga P. Which Type of Producer Organization is (More) Inclusive? Dynamics of Farmers' Membership and Participation in the Decision-Making Process. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2020; 91 (2): 213-236.
30. Kontogeorgos A., Sergaki P., Chatzitheodoridis F. An Assessment of New Farmers' Perceptions about Agricultural Cooperatives. *Journal of Developmental Entrepreneurship*. 2017; 22 (1): 1750003 (1) — 1750003 (13).
31. Iliopoulos C., Valentinov V. Member Preference Heterogeneity and Systemicworld Dichotomy in Cooperatives: An Exploratory Case Study. *Journal of Organizational Change Management*. 2017; 30 (7): 1063-1080.
32. Golovina S., Antonova M., Abilova E. Assessment of Agricultural Cooperatives' Performance in Russia: The Case of the Kurgan Region. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2020; 392: 370-376.
33. Yanbykh R., Saraikin V., Lerman Z. Cooperative Tradition in Russia: A Revival of Agricultural Service Cooperatives? *Post-Communist Economies*. 2019; 31 (6): 751-771.
34. Höhler, J. and R. Kühl. Dimensions of Member Heterogeneity in Cooperatives and their Impact on Organization — A Literature Review. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2018; 89 (4): 697-712.
35. Liang Q., Lu H., Deng W. Between Social Capital and Formal Governance in Farmer Cooperatives: Evidence from China. *Outlook on Agriculture*. 2018; 47 (1): 196-203.
36. Morfi C., Nilsson J., Österberg H. Why Farmers Involve Themselves in Co-Operative District Councils. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2018; 89 (4): 581-598.

37. Yu L., Nilsson J. Farmers' Assessments of Their Cooperatives in Economic, Social, and Environmental Terms: An Investigation in Fujian, China. *Frontiers in Environmental Science*. 2021. №9: 1-11.
38. Петриков А.В. Адаптация агропродовольственного сектора к постпандемической реальности. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2020; 223 (3): 99-105.
39. Узун В.Я. Продовольственная безопасность в условиях пандемии: риски и меры по их снижению. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2020. 223 (3):502-514.
40. Billiet A., Dufays F., Friedel S., Staessens M. The Resilience of the Cooperative Model: How Do Cooperatives Deal with the COVID-19 Crisis? *Strategic Change*. 2021; 30: 99-108.
41. EURICSE, ICA The World Cooperative Monitor: Exploring the Cooperative Economy. 2021. Available from: <https://www.monitor.coop/> [Accessed 27 August 2022].
42. Bijman J. Exploring the Sustainability of the Cooperative Model in Dairy: The Case of the Netherlands. *Sustainability*. 2018; 10 (7): 2498.
43. Li L., Guo H., Bijman J., Heerink N. The Influence of Uncertainty on the Choice of Business Relationships: The Case of Vegetable Farmers in China. *Agribusiness*. 2018; 34: 597-615.
44. Skevas T., Grashuis J. Technical Efficiency and Spatial Spillovers: Evidence from Grain Marketing Cooperatives in the US Midwest. *Agribusiness*. 2020; 36: 111-126.
45. Hooks T., McCarthy O., Power C., Macken-Walsh A. A Co-operative Business Approach in a Values-based Supply Chain: A Case Study of a Beef Co-operative. *Journal of Co-operative Organization and Management*. 2017; 5 (2): 65-72.
46. Antonova M., Nilsson J., Potapova A. Obstacles for Agricultural Cooperatives in Russia: The Competencies of Experts. *International Journal on Food System Dynamics*. 2022; 13 (3): 247-261.
37. Yu L., Nilsson J. Farmers' Assessments of Their Cooperatives in Economic, Social, and Environmental Terms: An Investigation in Fujian, China. *Frontiers in Environmental Science*. 2021. №9: 1-11.
38. Petrikov A.V. Adaptation of the agro-food sector to the post-pandemic reality. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*. 2020; 223 (3): 99-105 (In Russian).
39. Uzun V.Ya. Food security in a pandemic: risks and measures to reduce them. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*. 2020. 223 (3):502-514 (In Russian).
40. Billiet A., Dufays F., Friedel S., Staessens M. The Resilience of the Co-operative Model: How Do Cooperatives Deal with the COVID-19 Crisis? *Strategic Change*. 2021; 30: 99-108.
41. EURICSE, ICA The World Cooperative Monitor: Exploring the Cooperative Economy. 2021. Available from: <https://www.monitor.coop/> [Accessed 27 August 2022].
42. Bijman J. Exploring the Sustainability of the Cooperative Model in Dairy: The Case of the Netherlands. *Sustainability*. 2018; 10 (7): 2498.
43. Li L., Guo H., Bijman J., Heerink N. The Influence of Uncertainty on the Choice of Business Relationships: The Case of Vegetable Farmers in China. *Agribusiness*. 2018; 34: 597-615.
44. Skevas T., Grashuis J. Technical Efficiency and Spatial Spillovers: Evidence from Grain Marketing Cooperatives in the US Midwest. *Agribusiness*. 2020; 36: 111-126.
45. Hooks T., McCarthy O., Power C., Macken-Walsh A. A Co-operative Business Approach in a Values-based Supply Chain: A Case Study of a Beef Co-operative. *Journal of Co-operative Organization and Management*. 2017; 5 (2): 65-72.
46. Antonova M., Nilsson J., Potapova A. Obstacles for Agricultural Cooperatives in Russia: The Competencies of Experts. *International Journal on Food System Dynamics*. 2022; 13 (3): 247-261.

#### ОБ АВТОРАХ:

##### Светлана Георгиевна Головина

Доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Уральский государственный аграрный университет, 42, ул. Карла Либкнехта, г. Екатеринбург, 620075, Российская Федерация  
E-mail: s\_golovina@yahoo.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1157-8487>

##### Алексей Владимирович Ручкин,

Кандидат социологических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и экономической теории  
Уральский государственный аграрный университет, 42, ул. Карла Либкнехта, г. Екатеринбург, 620075, Российская Федерация  
E-mail: alexeyruchkin87@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6981-3080>

#### ABOUT THE AUTHORS:

##### Svetlana Georgievna Golovina

Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher, Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht str., 620075, Yekaterinburg, Russian Federation  
E-mail: s\_golovina@yahoo.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1157-8487>

##### Alexey Vladimirovich Ruchkin,

Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Management and Economic Theory Department  
Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht str., 620075, Yekaterinburg, Russian Federation  
E-mail: alexeyruchkin87@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6981-3080>

С.В. Акчурин, ✉  
Ю.А. Юлдашбаев,  
Г.П. Дюльгер,  
И.В. Акчурина,  
М.Е. Обухова,  
Е.С. Латынина,  
Я.М. Хренова

Российский государственный  
аграрный университет — МСХА имени  
К.А. Тимирязева, Москва, Российская  
Федерация

✉ sakchurin@rgau-msha.ru

Поступила в редакцию:  
20.07.2022

Одобрена после рецензирования:  
13.09.2022

Принята к публикации:  
28.10.2022

Sergey V. Akchurin, ✉  
Yusupzhan A. Yuldashbaev,  
Georgy P. Dyulger,  
Irina V. Akchurina,  
Maria E. Obukhova,  
Evgeniya S. Latynina,  
Yana M. Khrenova

Russian State Agrarian University — Moscow  
Agricultural Academy named after K.A.  
Timiryazev, Moscow, Russian Federation

✉ sakchurin@rgau-msha.ru

Received by the editorial office:  
29.08.2022

Accepted in revised:  
13.09.2022

Accepted for publication:  
28.10.2022

# Социально-экономическое значение ординатуры для повышения качества подготовки специалистов в области ветеринарии

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В России обсуждается вопрос о проведении эксперимента по реализации образовательных программ ординатуры по ветеринарии. Цель исследования — определить потенциальную востребованность программы ординатуры «Ветеринария» среди студентов специальности 36.05.01 Ветеринария.

**Методы.** Для проведения исследования был использован метод анкетирования. Анкета была размещена на платформе «Google forms». Ссылка на анкету распространялась среди студентов 1–5 курсов специальности 36.05.01 Ветеринария через объявления в социальных сетях.

**Результаты.** Выявлено, что 40,7% студентов специальности 36.05.01 Ветеринария рассматривают возможность поступления в ординатуру. Ведущими мотивами продолжения обучения в ординатуре являются: получение более глубоких знаний и профессиональных навыков в интересующей сфере и повышение конкурентоспособности на рынке труда (возможность занять интересующую должность и др.). По мнению респондентов программа ординатуры «Ветеринария» должна обладать рядом характеристик: бесплатное обучение; интересующая студентов программа; обучение в очно-заочном формате; желательно, чтобы обучение велось в том же городе, в котором проходило обучение в специалитете. Основными причинами, по которым студенты, не хотят продолжить обучение в ординатуре, являются: непонимание смысла формального обучения в вузе при наличии возможности обучаться по гибким программам стажировок и спецкурсов; желание попробовать свои силы в работе; необходимость зарабатывать средства на жизнь.

**Ключевые слова:** Экономика, кадры, ординатура, Российская Федерация, ветеринарная медицина, подготовка кадров, высшее образование, студенты, анкетирование

**Для цитирования:** Акчурин С.В., Юлдашбаев Ю.А., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Обухова М.Е., Латынина Е.С., Хренова Я.М. Социально-экономическое значение ординатуры для повышения качества подготовки специалистов в области ветеринарии. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 162–167. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-162-167>

© Акчурин С.В., Юлдашбаев Ю.А., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Обухова М.Е., Латынина Е.С., Хренова Я.М.

# Economic and social importance of residency for improving the quality of experts in the field of veterinary medicine

## ABSTRACT

**Relevance:** In Russia, the issue of conducting an experiment on the implementation of educational programs of residency in veterinary medicine is being discussed. The purpose of the study is to determine the potential relevance of the residency program "Veterinary Medicine" among students of specialty 36.05.01 Veterinary Medicine.

**Methods.** The survey method was used to conduct the study. The questionnaire was posted on the "Google forms" platform. The link to the questionnaire was distributed among students of the 1–5th year of the specialty 36.05.01 Veterinary Medicine through ads on social networks.

**Results.** It was revealed that 40,7% of students of specialty Veterinary Medicine are considering admission to residency. The leading motives for continuing training in residency are: obtaining deeper knowledge and professional skills in the field of interest and increasing competitiveness in the labor market (to take a position of interest, etc.). According to respondents, the veterinary residency program should have a number of characteristics: free tuition; program of interest to students; mixed attendance mode; it is desirable that training would take place in the same city in which the training for specialist's degree took place.

The main reasons why students do not want to continue their studies in residency are: not seeing meaning in formal education at a university if there is an opportunity to study under flexible internship programs and special courses; the desire to try their hand at work; the need to earn a living.

**Key words:** Economy, personnel, residency, Russian Federation, veterinary medicine, training, higher education, students, questionnaire.

**For citation:** Akchurin S.V., Yuldashbaev Yu.A., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Obukhova M.E., Latynina E.S., Khrenova Ya.M. Economic and social importance of residency for improving the quality of experts in the field of veterinary medicine. Agrarian science. 2022; 363 (10): 162–167. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-162-167> (In Russian)

© Akchurin S.V., Yuldashbaev Yu.A., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Obukhova M.E., Latynina E.S., Khrenova Ya.M.



## Введение / Introduction

В Российской Федерации подготовка ветеринарных кадров осуществляется в рамках образовательных программ среднего профессионального образования (специальность 36.02.01 Ветеринария) и высшего образования (специальность 36.05.01 Ветеринария).

Контингент студентов указанных специальностей ежегодно увеличивается [1–4]. Однако, данный факт не позволяет удовлетворить возрастающую потребность ветеринарной отрасли в узкопрофильных специалистах. Президент российской Ассоциации практикующих ветврачей С.В. Середа в рамках практического форума «Компаньон — 2020» высказал мнение, что «сегодня в ветеринарии нет специализации. Мы готовим ветврачей общего профиля. Что это за специалист, непонятно. Он вроде бы знает все, но в то же время ничего не знает. Поэтому вопрос специализации в будущем очень важен» [5].

Выход из сложившейся ситуации руководители ряда образовательных организаций высшего образования видят в ведении дополнительного уровня образования ветеринарных врачей с узкой специализацией — ординатуры. Декан факультета биоинженерии и ветеринарной медицины ДГТУ, профессор А.М. Ермаков высказал такое мнение в поддержку специализации в ветеринарии: «Если ты будешь лучшим в мире врачом по золотым рыбкам, то заработаешь деньги, у тебя постоянно будет работа. Узкий специалист в Европе или Америке получает в два-три раза больше, нежели врач широкого профиля» [6]. Президент Ассоциации практикующих ветеринарных врачей С.В. Середа поддержал начинание по открытию ординатур для ветеринарного образования [7].

В сентябре 2021 г. на портале regulation.gov.ru опубликован проект постановления Правительства Российской Федерации «О проведении эксперимента по реализации образовательных программ ординатуры группы специальностей "Ветеринария" во ФГБОУ ВО "Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина" и ФГБОУ ВО "Донской государственный технический университет"» [8]. По состоянию на июль 2022 г. решение о проведении заявленного эксперимента Правительством РФ не принято.

По данным портала fgosvo.ru, в России программы ординатуры реализуются в рамках трех Укрупненных групп специальностей и направлений: 310000 Клиническая медицина; 320000 Науки о здоровье и профилактическая медицина; 330000 Фармация [9]. Таким образом, ординатура действует только в системе общественного здравоохранения.

Опыт реализации данных программ в медицине показывает, что без обучения в ординатуре выпускник с дипломом медвуза ограничен в выборе мест трудоустройства. Он может работать только в поликлинике или амбулатории врачом общей практики с ограниченными правами на выполнение манипуляций, терапевтом или педиатром. Данное обстоятельство позволяет рассматривать программы ординатуры не только как возможность повысить свою квалификацию, но и как обязательное условие для расширения карьерных возможностей.

В ветеринарии, в отличие от системы здравоохранения, в настоящее время на законодательном уровне не существует требования подтверждения квалификации путем обучения в ординатуре для трудоустройства на определенные должности ветеринарного профиля.

Таким образом, ординатура в ветеринарии — это в основном возможность повысить свою квалификацию, иметь документальное подтверждение данного факта и потенциально более высокую востребованность на рынке труда.

Сравнительный анализ систем высшего образования в России и зарубежных стран свидетельствует, что в США, государствах Евросоюза, Великобритании существуют три ступени образования: бакалавриат, магистратура, докторантура. Первая ступень подготовки ветеринарных врачей с высшим образованием в западных странах (Великобритании, Австралии и в нескольких других) предусматривает получение академических степеней «Бакалавр ветеринарной медицины» (BVM) или «Бакалавр ветеринарной медицины и хирургии» (BVMS). Они эквивалентны степеням доктора ветеринарной медицины (DVM/VMD), присваиваемым в Северной Америке. Название степени, присуждаемой по окончании программы первой ступени образования, варьирует в зависимости от страны [10].

В отличие от России, в системе подготовке ветеринаров западных стран существует вторая ступень образования — магистратура. Следует отметить разнообразие предлагаемых университетами программ магистратуры. Например, Университет штата Айова (США) предлагает магистерскую программу «Ветеринарная микробиология» [11], Королевский ветеринарный колледж (Великобритания) — программу «Ветеринарная эпидемиология» [12], а Университет ветеринарной медицины (Австрия) — программу «Взаимодействие человека и животного» [13].

Таким образом, в России при подготовке кадров для здравоохранения и в зарубежных странах при последипломном обучении ветеринаров существует дополнительная ступень высшего образования в виде ординатуры и магистратуры соответственно, которая позволяет готовить узкоспециализированных специалистов. В связи с тем, что в системе подготовки ветеринарных врачей в настоящее время отсутствует подобная ступень образования, важно установить потенциальную способность программ ординатуры по ветеринарии удовлетворить спрос рынка труда в узкоспециализированных специалистах и оценить потребность специалистов с высшим ветеринарным образованием получать дополнительное образование в ординатуре.

Цель исследования — оценить потребность будущих ветеринарных специалистов в узкой специализации в профессиональной деятельности и получении образования в профильной ординатуре по ветеринарии.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Для проведения исследования была разработана анкета, которая включала в себя следующие вопросы: возраст; пол; населенный пункт, постоянного проживания; название вуза обучения; курс обучения; форма обучения; основа обучения; рассматривается ли респондентами возможность обучения в ординатуре; мотивы возможного поступления/отказа от поступления на программу ординатуры; мотивы выбора специализации по видам животных; выбор профессиональной специализации.

Анкета была размещена на платформе Google forms. Ссылка на анкету распространялась среди студентов 1–5-го курсов специальности 36.05.01 Ветеринария через объявления в социальных сетях в сентябре — октябре 2021 г.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

В исследовании приняли участие 280 студентов специальности 36.05.01 Ветеринария 1–5-го курсов. Среди них были обучающиеся 5 вузов, в том числе: ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева» (г. Москва), ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (г. Москва), ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени Петра I» (г. Воронеж), ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Курск), ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» (г. Саратов).

Среди респондентов:

- девушек — 242 чел. (86,4%);
- юношей — 38 чел. (13,6%).

Распределение респондентов по городам/областям:

- г. Москва и Московская область — 57 чел. (20,1%);
- другие регионы РФ — 223 чел. (79,9%).

Распределение респондентов по курсам: 1-й курс — 57 чел. (20,4%); 2-й курс — 34 чел. (12,1%); 3-й курс — 43 чел. (15,4%); 4-й курс — 81 чел. (28,9%); 5-й курс — 65 чел. (23,2%).

Все респонденты обучались на очной форме обучения.

Распределение респондентов по основе обучения:

- бюджетная — 238 чел. (85,0%);
- договорная с оплатой стоимости обучения — 42 чел. (15,0%).

На вопрос «Рассматриваете ли возможность их обучения в ординатуре» были получены следующие ответы:

- да — 114 чел. (40,7%);
- нет — 72 чел. (25,7%);
- затрудняюсь ответить — 94 чел. (33,6%).

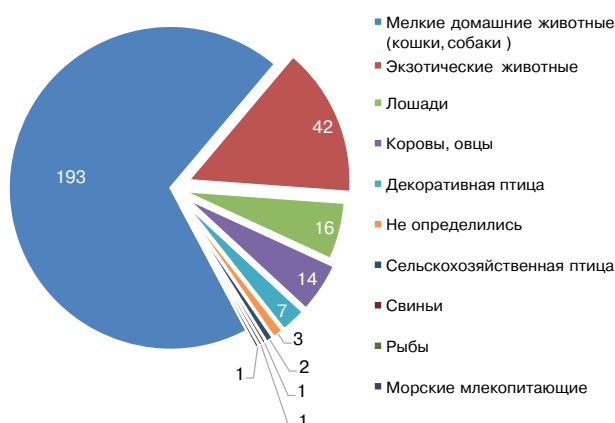
Респондентам были заданы вопросы об условиях, при выполнении которых они поступят в ординатуру.

Условия обучения в ординатуре, касающиеся стоимости обучения:

- обучение будет бесплатным — 102 чел. (89,5%);
- обучение будет платным, но его стоимость будет соизмерима со стоимостью обучения в специалитете — 11 чел. (9,6%);
- Обучение будет платным, даже если будет выше стоимости обучения в специалитете — 1 чел. (0,9%).

**Рисунок 1.** Количество респондентов, желающих специализироваться на определенных видах животных во время обучения в ординатуре, чел.

**Figure 1.** The number of respondents who want to specialize in certain types of animals during residency training, people.



Условия обучения в ординатуре, касающиеся тематики программы:

- обучение будет по интересующей меня программе — 108 чел. (94,7%);
- обучение будет по любой программе (важно получить диплом об окончании ординатуры) — 6 чел. (5,3%).
- условия обучения в ординатуре, касающиеся места расположения вуза, реализующего программу:
- обучение будет в городе, где я обучался в специалитете — 53 чел. (46,5%);
- обучение будет в г. Москва — 28 чел. (24,6%);
- обучение будет в любом городе (город не имеет значения) — 33 чел. (28,9%).

Условия обучения в ординатуре, касающиеся формата реализации программы:

- обучение будет в очном формате — 42 чел. (36,8%);
- обучение будет в очно-заочном формате (сочетание очного участия (короткие стажировки) и заочного в дистанционном формате (длительный период)) — 62 чел. (54,4%);
- обучение будет в заочном формате (дистанционная форма) — 10 чел. (8,8%).

Респонденты указали следующие причины, обосновывающие их потенциальный выбор программы ординатуры:

- получить более глубокие знания и профессиональные навыки в интересующей меня сфере — 110 чел. (96,5%);
- повысить конкурентоспособность на рынке труда (занять интересующую меня должность и др.) — 82 чел. (71,9%);
- продолжить обучение, так как я пока не готов (а) к самостоятельной работе — 21 чел. (18,4%);
- жить в общежитии при вузе и в городе, в котором планирую работать — 16 чел. (14,0%);
- продолжить обучение, так как пока нет подходящих вакансий на рынке труда — 5 чел. (4,4%);
- получить отсрочку от армии — 7 чел. (6,1%).

Респонденты, не желающие поступать в ординатуру, указали следующие причины, обосновывающие их выбор:

- обучение в ординатуре не имеет смысла, так как более глубокие знания можно получить на стажировках и спецкурсах — 33 чел. (45,8%);
- устал учиться, хочу работать — 30 чел. (41,6%);
- нет возможности продолжить обучение, так как необходимо зарабатывать средства на жизнь — 19 чел. (26,4%);
- не планирую работать ветеринарным врачом — 17 чел. (23,6%);
- воздержались от ответа — 14 чел. (19,4%);
- вообще не планирую работать — 4 чел. (5,5%);
- планирую поступать в магистратуру/аспирантуру — 3 чел. (4,2%);
- не позволяют семейные обстоятельства финансового характера (воспитание детей и т.д.) — 1 чел. (1,4%);
- планируется второе высшее образование — 1 чел. (1,4%).

Сведения о количестве респондентов, желающих специализироваться на определенных видах животных во время обучения в ординатуре, представлены на рис. 1.

**Рисунок 2.** Количество респондентов, выбравших предпочтительную специализацию при обучении в ординатуре, чел.**Figure 2.** The number of respondents who chose the preferred specialization when studying in residency, people.

Наибольшее количество респондентов (69,0%) выбрало мелких домашних животных (кошки, собаки) в качестве видов, на которых они хотели бы специализироваться при обучении в ординатуре. Вторыми по популярности стали экзотические животные. Их выбрали 42 чел. (15,0%). Респонденты также проявили заинтересованность в работе со следующими видами животных: лошади, коровы, овцы, свиньи, сельскохозяйственная и декоративная птица, рыбы и морские млекопитающие.

Респондентами были указаны виды профессиональной специализации, по которым бы они предпочли обучаться в ординатуре (рис. 2.).

Наибольшей популярностью у респондентов пользовались три специализации в ординатуре: хирургия, терапия и визуальная диагностика. Их выбрали 68 (24,3%), 59 (21,1%) и 39 (13,9%) чел. соответственно. Среди потенциально востребованных специализаций были также указаны: стоматология, онкология, репродуктология и др.

Проведенное исследование позволило выявить интерес студентов к ординатуре по ветеринарии, так 40,7% респондентов рассматривают поступление. При этом каждый третий (33,7%) затруднился ответить на этот вопрос.

Важно отметить, что ведущими мотивами продолжения обучения в ординатуре являются: получение более глубоких знаний и профессиональных навыков в интересующей сфере и повышение конкурентоспособности на рынке труда.

Для желающих обучаться в ординатуре студентов важно наличие у программы определенных характеристик, наличие которых позволит вузам обеспечить набор наиболее мотивированных абитуриентов:

- бесплатное обучение, то есть реализация программы за счет бюджетных ассигнований. За данное условие высказалось 89,5% респондентов. Проект постановления Правительства Российской Федерации предусматривает выделение бюджетных мест на реализацию программы в качестве эксперимента;

- интересующая студентов программа. Беспроигрышным вариантом для вузов, участвующих в реализации эксперимента, была бы организация ординатуры со специализацией на мелких домашних животных с широким перечнем клинических дисциплин, но с большей долей часов по хирургии, терапии и визуальной диагностике;
- обучение в очно-заочном формате (сочетание очного участия (короткие стажировки) и заочного в дистанционном формате (длительный период)). Выбор данной формы обучения, вероятно, связан с желанием студентов совмещать работу и обучение для поддержания определенного уровня жизни;
- желательно, чтобы обучение велось в том же городе, в котором проходило обучение в специалитете. Однако, каждый четвертый заявил, что готов обучаться в г. Москве, еще для 25% респондентов город, в котором проходит обучение, не имеет принципиального значения.

Для руководства вузов, планирующих реализацию программ ординатуры, важно знать о причинах, по которым студенты отказываются от продолжения обучения. К трем основным причинам относятся:

1. Непонимание смысла формального обучения в вузе при наличии возможности обучаться по гибким программам стажировок и спецкурсов.
2. Желание попробовать свои силы в работе.
3. Необходимость зарабатывать средства на жизнь.

### Выводы / Conclusion

Установлено, что 40,7% студентов специальности 36.05.01 Ветеринария рассматривают возможность поступления в ординатуру. Ведущими мотивами продолжения обучения в ординатуре являются: получение более глубоких знаний и профессиональных навыков в интересующей сфере и повышение конкурентоспособности на рынке труда (возможность занять интересующую должность и др.). По мнению респондентов, ординатура «Ветеринария» должна обладать набором

следующих характеристик: бесплатное обучение; интересующая студентов программа специализации (наиболее востребованные виды животных — мелкие домашние, специализация — хирургия); обучение в очно-заочном формате; желательно, чтобы обучение велось в том же в городе, в котором проходило обучение в специалитете. Основными причинами, по которым студенты не хотят продолжить обучение в ординатуре, являются непонимание смысла формального обучения в вузе при наличии возможности обучаться по гибким программам стажировок и спецкурсов, желание попро-

бовать свои силы в работе и необходимость зарабатывать средства на жизнь.

Таким образом, потребности рынка труда ветеринарных специалистов в привлечении узкоспециализированных кадров со временем могут быть удовлетворены благодаря реализации программ ординатуры по ветеринарии и желанию студентов специализироваться в выбранной сфере ветеринарной деятельности, в том числе получая дополнительное образование. Повышение квалификации ветеринарных работников будет способствовать повышению качества ветеринарных услуг.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акчурин С.В., Дюльгер Г.П., Акчурин И.В., Бычков В.С., Латынина Е.С. Тенденции в формировании контингента студентов специальности 36.05.01 «Ветеринария» в российских вузах. *Аграрная наука*. 2021; (10):134-139. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-134-139>.
2. Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2021/22 учебного года. Сайт Минпросвещения. 2022. 14 янв. URL: [https://docs.edu.gov.ru/document/018f742a9e7aadf586319ff435a4c8ec/\[дата обращения 19.07.2022\]](https://docs.edu.gov.ru/document/018f742a9e7aadf586319ff435a4c8ec/[дата обращения 19.07.2022]).
3. Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2020/21 учебного года. Сайт Минпросвещения. 2021. 15 янв. URL: [https://docs.edu.gov.ru/document/66efe5a01f0b8c2578af12f5710b02b4/\[дата обращения 19.07.2022\]](https://docs.edu.gov.ru/document/66efe5a01f0b8c2578af12f5710b02b4/[дата обращения 19.07.2022]).
4. Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2019/20 учебного года. Сайт Минпросвещения. 2020. 13 янв. URL: [https://docs.edu.gov.ru/document/11cb97d9bbd427c234720b0d69007a6d/\[дата обращения 19.07.2022\]](https://docs.edu.gov.ru/document/11cb97d9bbd427c234720b0d69007a6d/[дата обращения 19.07.2022]).
5. Ликарчук Ю. Эксперт: в ветеринарии не хватает узких специалистов. Портал «Ветеринария и жизнь». 2020. 2 дек. URL: [https://vetandlife.ru/sobytiya/ehkspert-v-veterinari-i-ne-hvataet-uzkih-specialistov/\[дата обращения 19.07.2022\]](https://vetandlife.ru/sobytiya/ehkspert-v-veterinari-i-ne-hvataet-uzkih-specialistov/[дата обращения 19.07.2022]).
6. Макеева Ю. В России определили вузы для открытия ординатуры по ветеринарии. Портал «Ветеринария и жизнь». 2021. 21 сент. URL: [https://vetandlife.ru/sobytiya/v-rossii-opredelili-vuzy-dlya-otkrytiya-ordinatury-po-veterinari-i/\[дата обращения 19.07.2022\]](https://vetandlife.ru/sobytiya/v-rossii-opredelili-vuzy-dlya-otkrytiya-ordinatury-po-veterinari-i/[дата обращения 19.07.2022]).
7. В Минсельхозе прошло совещание по стандартам ветеринарных специалистов. Портал «www.spzoo.ru». 2020. 12 окт. URL: [http://www.spzoo.ru/cntnt/default/n6390.html \[дата обращения 19.07.2022\]](http://www.spzoo.ru/cntnt/default/n6390.html [дата обращения 19.07.2022]).
8. Проект постановления Правительства Российской Федерации «О проведении эксперимента по реализации образовательных программ ординатуры группы специальностей «Ветеринария» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина» и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донской государственный технический университет». Портал «regulation.gov.ru». 2021. 17 сент. URL: [https://regulation.gov.ru/projects#npa=120495 \[дата обращения 19.07.2022\]](https://regulation.gov.ru/projects#npa=120495 [дата обращения 19.07.2022]).
9. ФГОС ВО по направлениям ординатуры. Портал «fgosvo.ru». URL: [https://fgosvo.ru/fgosvo/index/9 \[дата обращения 19.07.2022\]](https://fgosvo.ru/fgosvo/index/9 [дата обращения 19.07.2022]).
10. Veterinary Medical Degrees Granted Throughout the World. Website «www.avma.org». URL: [https://www.avma.org/education/ecfvg/veterinary-medical-degrees-granted-throughout-world \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.avma.org/education/ecfvg/veterinary-medical-degrees-granted-throughout-world [Accessed July 19, 2022]).
11. Veterinary Microbiology. Website «www.grad-college.iastate.edu». URL: [https://www.grad-college.iastate.edu/academics/programs/apresults.php?id=112 \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.grad-college.iastate.edu/academics/programs/apresults.php?id=112 [Accessed July 19, 2022]).
12. Veterinary Epidemiology. Website «www.rvc.ac.uk». URL: [https://www.rvc.ac.uk/study/postgraduate/veterinary-epidemiology \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.rvc.ac.uk/study/postgraduate/veterinary-epidemiology [Accessed July 19, 2022]).
13. Master Mensch-Tier-Beziehung (IMHAI). Website «www.vetmeduni.ac.at». URL: [https://www.vetmeduni.ac.at/studium/studienangebot/master-mensch-tier-beziehung \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.vetmeduni.ac.at/studium/studienangebot/master-mensch-tier-beziehung [Accessed July 19, 2022]).

## REFERENCES

1. Akchurin S.V., Dyulger G.P., Akchurina I.V., Bychkov V.S., Latynina E.S. Trends in the formation of the contingent of students of the specialty 36.05.01 «Veterinary medicine» in russian universities. *Agrarian science*. 2021; (10):134-139. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-134-139>. (In Russian).
2. Summary report on the form of federal statistical observation No. SPO-1 «Information about an educational organization that carries out educational activities on educational programs of secondary vocational education» at the beginning of the 2021/22 academic year. 2022. 14 Jan. Website Minprosveshcheniya. URL: [https://edu.gov.ru/activity/statistics/secondary\\_prof\\_edu \[Accessed July 19, 2022\]](https://edu.gov.ru/activity/statistics/secondary_prof_edu [Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
3. Summary report on the form of federal statistical observation No. SPO-1 «Information about an educational organization that carries out educational activities on educational programs of secondary vocational education» at the beginning of the 2020/21 academic year. 2021. 15 Jan. Website Minprosveshcheniya. URL: [https://docs.edu.gov.ru/document/66efe5a01f0b8c2578af12f5710b02b4/\[Accessed July 19, 2022\]](https://docs.edu.gov.ru/document/66efe5a01f0b8c2578af12f5710b02b4/[Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
4. Summary report on the form of federal statistical observation No. SPO-1 «Information about an educational organization that carries out educational activities on educational programs of secondary vocational education» at the beginning of the 2019/20 academic year. 2020. 13 Jan. Website Minprosveshcheniya. URL: [https://docs.edu.gov.ru/document/11cb97d9bbd427c234720b0d69007a6d/\[Accessed July 19, 2022\]](https://docs.edu.gov.ru/document/11cb97d9bbd427c234720b0d69007a6d/[Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
5. Likarchuk J. Expert: there are not enough narrow specialists in veterinary medicine. Website «Veterinariya i zhizn». 2021. 2 dec. URL: [https://vetandlife.ru/sobytiya/ehkspert-v-veterinari-i-ne-hvataet-uzkih-specialistov/\[Accessed July 19, 2022\]](https://vetandlife.ru/sobytiya/ehkspert-v-veterinari-i-ne-hvataet-uzkih-specialistov/[Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
6. The Ministry of Agriculture held a meeting on professional standards of veterinary specialists. Website «www.spzoo.ru». 2020. 12 oct. URL: [http://www.spzoo.ru/cntnt/default/n6390.html \[Accessed July 19, 2022\]](http://www.spzoo.ru/cntnt/default/n6390.html [Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
7. The Ministry of Agriculture held a meeting on professional standards of veterinary specialists. Website «www.spzoo.ru». 2020. 12 oct. URL: [http://www.spzoo.ru/cntnt/default/n6390.html \[Accessed July 19, 2022\]](http://www.spzoo.ru/cntnt/default/n6390.html [Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
8. Draft decree of the Government of the Russian Federation «On conducting an experiment on the implementation of educational programs for the residency of a group of specialties «Veterinary Medicine» in the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MBA named after K.I. Scriabin» and the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Technical University». Website «regulation.gov.ru». 2021. 17 sept. URL: [https://regulation.gov.ru/projects#npa=120495 \[Accessed July 19, 2022\]](https://regulation.gov.ru/projects#npa=120495 [Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
9. FGOS VO in the areas of residency. Website «fgosvo.ru». Available from: [https://fgosvo.ru/fgosvo/index/9 \[Accessed July 19, 2022\]](https://fgosvo.ru/fgosvo/index/9 [Accessed July 19, 2022]) (In Russian).
10. Veterinary Medical Degrees Granted Throughout the World. Website «www.avma.org». Available from: [https://www.avma.org/education/ecfvg/veterinary-medical-degrees-granted-throughout-world \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.avma.org/education/ecfvg/veterinary-medical-degrees-granted-throughout-world [Accessed July 19, 2022]).
11. Veterinary Microbiology. Website «www.grad-college.iastate.edu» Available from: [https://www.grad-college.iastate.edu/academics/programs/apresults.php?id=112 \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.grad-college.iastate.edu/academics/programs/apresults.php?id=112 [Accessed July 19, 2022]).
12. Veterinary Epidemiology. Website «www.rvc.ac.uk» Available from: [https://www.rvc.ac.uk/study/postgraduate/veterinary-epidemiology \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.rvc.ac.uk/study/postgraduate/veterinary-epidemiology [Accessed July 19, 2022]).
13. Master Mensch-Tier-Beziehung (IMHAI). Website «www.vetmeduni.ac.at» Available from: [https://www.vetmeduni.ac.at/studium/studienangebot/master-mensch-tier-beziehung \[Accessed July 19, 2022\]](https://www.vetmeduni.ac.at/studium/studienangebot/master-mensch-tier-beziehung [Accessed July 19, 2022]).



## ОБ АВТОРАХ:

**Сергей Владимирович Акчурин**

доктор ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной  
медицины

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49, ул.  
Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: sakchurin@rgau-msha.ru

ORCID 0000-0002-6822-0013

**Юсупжан Артыкович Юлдашбаев**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49,  
ул. Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: zoo@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

**Георгий Петрович Дюльгер**

доктор ветеринарных наук, заведующий кафедрой ветеринарных  
наук

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49,  
ул. Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: dulger@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2501-1235>

**Ирина Владимировна Акчурина**

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной  
медицины

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49,  
ул. Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: sakchurin@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1975-2929>

**Мария Евгеньевна Обухова**

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной  
медицины

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49,  
ул. Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: sagittarius-86@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7050-9089>

**Евгения Сергеевна Латынина**

преподаватель кафедры ветеринарной медицины

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49,  
ул. Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: evgenialatynina@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5145-1184>

**Яна Михайловна Хренова**

студент 5 курса специальности 36.05.01 Ветеринария

Российский государственный аграрный университет — Московская  
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 49,  
ул. Тимирязевская, Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: zoo@rgau-msha.ru

## ABOUT THE AUTHORS:

**Sergey Vladimirovich Akchurin**

Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of  
Veterinary Medicine

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: sakchurin@rgau-msha.ru

ORCID 0000-0002-6822-0013

**Yusupzhan Artykovich Yuldashbayev**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: zoo@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

**Georgy Petrovich Dyulger**

Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Veterinary  
Medicine

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: dulger@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2501-1235>

**Irina Vladimirovna Akchurina**

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the  
Department of Veterinary Medicine

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: sakchurin@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1975-2929>

**Maria Evgenievna Obukhova**

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the  
Department of Veterinary Medicine

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: sagittarius-86@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7050-9089>

**Evgeniya Sergeevna Latynina**

Lecturer of the Department of Veterinary Medicine

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: evgenialatynina@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5145-1184>

**Yana Mikhailovna Khrenova**

5th year student of specialty 36.05.01 Veterinary Medicine

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 49, str. Timiryazevskaya, Moscow, 127550,  
Russian Federation

E-mail: zoo@rgau-msha.ru



XXXI МОСКОВСКИЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС  
MVC 2023



**12-14 АПРЕЛЯ 2023**

Конгресс холл  
Крокус Экспо. Москва



ВЕЩА  
МОСКВА  
КОНГРЕСС



[www.vetcongress.ru](http://www.vetcongress.ru)  
[infosupport@vetcongress.ru](mailto:infosupport@vetcongress.ru)  
+7 (495) 989 44 60







**ТАТ  
АГРО  
ЭКСПО  
2023**

**V специализированная  
сельскохозяйственная  
выставка достижений АПК  
20-21 февраля**

- | ТЕХНИКА И ЗАПЧАСТИ
- | РАСТЕНИЕВОДСТВО
- | ЦИФРОВИЗАЦИЯ
- | ХРАНЕНИЕ, ПЕРЕРАБОТКА И  
УПАКОВКА СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ
- | АГРОХОЛДИНГИ
- | ЖИВОТНОВОДСТВО
- | МАЛЫЕ ФОРМЫ  
ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

**Организаторы:**

Министерство  
сельского хозяйства  
и продовольствия  
Республики Татарстан

АО «РАЦИН»

+7 (843) 221-77-95

[expo.racin@tatar.ru](mailto:expo.racin@tatar.ru)

[tatagroekspo.ru](http://tatagroekspo.ru)

