

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

2
2024



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ЗООТЕХНИЯ

Мясные качества
помесного молодняка
свиной

71

АГРОНОМИЯ

Применение химических и
биологических препаратов
для обработки клубней
картофеля

101

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Разработка программного
обеспечения для
бесконтактного
управления БПЛА

106



XXXII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2024



КОМПАНИОН

10-12 АПРЕЛЯ 2024

Конгресс-холл
Крокус Экспо.
Москва

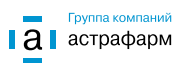
ОБУЧЕНИЕ
ОТ НЫН
ОБЩЕНИЕ



18+



www.vetcongress.ru
infosupport@vetcongress.ru
+7 (495) 989 44 60



2 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 379, номер 2, 2024

Volume 379, number 2, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

© 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 Антонов С.Н.
Корректор Кузнецова Г.М.
Библиограф Нерозник Д.С.
Журналист Седова Ю.Г.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20
Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 2
Тел. редакции +7 (968) 934-91-42

agrovetpress@inbox.ru
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 77-76484 от 02 августа 2019 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

Свободная цена.

Тираж 5000 экземпляров.
Подписано в печать 15.02.2024
Дата выхода в свет 25.02.2024

Отпечатано в типографии ООО «Объединенный полиграфический комплекс»:
115114, г. Москва, Дербеневская наб., д. 7, стр. 2, эт. 2, пом. 1, к. 3-4.
Тел. +7 (499) 130-60-19,
info@opk.bz, <https://opk.bz>

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 им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», г. Москва, Россия

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Аббас Рао Захид, доктор, доцент, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, Фейсалабад, Пакистан.
Абилов А.И., доктор биологических наук, профессор, Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Московская обл., 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 им. 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 Джаванмард, доктор ветеринарной медицины, Иранская научно-исследовательская организация по науке и технологиям, г. 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 региональный 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 им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

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

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

Миколайчик И.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева — филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганский государственный университет», г. Курган, Россия.

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

Морозова Л.А., доктор биологических наук, профессор, Курганский государственный университет, г. Курган, Россия.

Некрасов Р.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, г. Подольск, Московская обл., 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, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), 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 им. 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.

16+

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

Уша Б.В., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия.

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

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

Щербяков 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 им. 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 Нтсефонг Нтсефонг, 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 им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

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

Долженко Т.В., доктор биологических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин, 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 сельскохозяйственных 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 им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

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

Тирувенгадам Мутху, PhD, Университет Конкук, г. Сеул, Южная Корея.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Афрасьяб Хан, доктор гидромеханики и гидротехники, Университет Кебангсаан Малайзия, г. Банги, Малайзия.

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

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

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

Зенгин Гохан, PhD, профессор, Сельчукский университет, г. Сельчук-Конья, Турция.

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

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

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

Кузнецова Е.А., доктор технических наук, доцент, Орловский государственный университет им. 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, г. Сибиу, Румыния.

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

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

Суйчинов А.К., PhD, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, 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, PhD, профессор, Маврикийский университет, г. Редут, Маврикий.

Хан Мухаммад Усман, PhD, Сельскохозяйственный университет Фейсалабада, 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 им. П. А. Столыпина, г. Омск, Россия.

Шехата Мохамед Гамаль Мохамед, PhD, доцент, Исследовательский институт возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA City), г. Каир, Египет.

Эль-Сохайми Собхи Ахмед, PhD, профессор пищевой биохимии, Город научных исследований и технологических приложений, г. 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 им. 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, Национальная академия наук, г. Минск, Беларусь.

Киреева А.А., кандидат экономических наук, Институт экономики, г. 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.

2 - 2024

Agrarnaya nauka

Том 379, номер 2, 2024
Volume 379, number 2, 2024

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

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.

Abitov A.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 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.

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

Baimukanov D.A., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, Corresponding member of National Academy of Sciences, Almaty, 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 by K.I. Skryabin, 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.Kh. Dulaty Taraz Regional 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, Zhangir 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 University, Kurgan, 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 University, Kurgan, Russia.

Nekrasov R.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, Russia.

Ombaev A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, 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, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 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 by K.I. Skryabin, 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. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

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

© 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 Antonov S.N.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

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

Postal address: 109147, Russian Federation, Moscow, 3 Marxistskaya Str., 2 building

Editorial phone +7 (968) 934-91-42
agrovetpress@inbox.ru

Websites: 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 77-76484 dated August 02, 2019. 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 Free price.

The circulation of 5000 copies.

Signed in print 15.02.2024
Release date 25.02.2024

The journal is printed in the printing house of United Printing Complex LLC:
7, building 2, fl. 2, room 1, Derbenevskaya embankment, Moscow 115114.
Tel. +7 (499) 130-60-19,
nfo@opk.bz, <https://opk.bz>

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.

16+

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, Sergiev Posad, 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, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 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, PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.

Grihanov 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, Saint-Petersburg state agrarian university, Pushkin, 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 Aforestation 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, Seljuk-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, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, 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, Troitsk Chelyabinsk region, Russia.

Khan Muhammad Usman, PhD, 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 named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

Fawzi M. Mahomoodally, PhD, Professor, University of Mauritius, Reduit, 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, 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
3 ВОПРОСА ЭКСПЕРТУ	
Технология DropFly – инструмент повышения эффективности внесения СЗР с агродронов	9 
СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ	
Виктория Абрамченко: «Вопрос кадрового обеспечения сельского хозяйства — на особом контроле правительства Российской Федерации»	10
Законодательное обеспечение развития АПК	12
Изучение чувствительности возбудителей мастита коров к Марбофлоцину 10%	14
???	16 
Пропиленгликоль «Энергия»: скорая помощь для коров в транзитный период	17
Применение комплексных витаминных препаратов для профилактики заболеваний крупного рогатого скота в новотельный период	18 
???	20
Выставки «АГРОС-2024» и «Картофель и Овощи Агротех»: заряд энергии для всей отрасли в начале года	21 
Технология компании «Сингента» для защиты зерновых культур. Алгоритмы применения фунгицидов	24 
Анализ барьеров и ограничений для внедрения блокчейн технологий в агропромышленном комплексе	26 
Экономические аспекты внедрения блокчейна в аграрный сектор	28 
ИСТОРИЯ	
Российское общество ветеринарных врачей. 85 лет и 4 государства: работа на благо народа	30
ВЕТЕРИНАРИЯ	
<i>Bramov S.V., Balyshv A.V., Golovin V.V., P.P. Kochetkov, Zhuravleva M.S., Violin B.V.</i> Study of bioequivalence of veterinary drugs “Pinpramil” and “Milbemax” in dogs	38
<i>Лейбова В.Б., Позовникова М.В.</i> Изменчивость метаболических маркеров в крови у молочных коз с разной динамикой удоя в первой половине лактации	44
<i>Лобова Т.П., Михайлова В.В., Скворцова А.Н., Шишкина М.С.</i> Верификация тест-системы для выявления антител к вирусу диареи крупного рогатого скота иммуноферментным методом «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс»	48
<i>Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Лаптев Г.Ю., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Тюрина Д.Г., Калиткина К.А., Дубровина А.С., Пономарева Е.С., Фисинин В.И., Егоров И.А., Егорова Т.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Дегтярева О.Н., Тищенко М.С., Демидова Е.С., Кашпоров Л.М., Пащенко В.Е.</i> Влияние различных источников аминокислот на состав кишечной микрофлоры мясных кур и петухов родительского стада кросса «Смена 9»	53
<i>Кван О.В., Сизова Е.А., Вершинина И.А.</i> Влияние ультрадисперсных частиц меди и железа на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров	61
<i>Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шагин П.Н., Супова А.В.</i> Моделирование способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по полиморфным маркерам гена iNOS	66
ЗООТЕХНИЯ	
<i>Белооков А.А., Ребезов М.Б., Стволов С.С.</i> Мясные качества помесного молодняка свиной	71
<i>Липпо И.Е.</i> Сравнительная оценка количественно-качественного состава зооперифитона на поверхности ряски (<i>Lemna minor</i>), выращенной в установке замкнутого водоснабжения	75
АГРОНОМИЯ	
<i>Фризен Ю.В., Некрасова Е.В., Гайвас А.А.</i> Влияние отдельных элементов агротехнологии на продуктивность твердой пшеницы в южной лесостепи Омской области	80
<i>Ложкин А.Г., Васильев О.А., Димитриев В.Л., Каюкова О.В., Яковлева М.И.</i> Особенности формирования урожайности и качества пшеницы твердой яровой в условиях Чувашской Республики	86
<i>Рябцева Н.А.</i> Качество зерна <i>Hordeum vulgare</i> L. в зависимости от регуляторов роста	91
<i>Илюшко М.В., Ромашова М.В., Гученко С.С.</i> Оценка коллекционных образцов риса <i>Oryza sativa</i> L. на Дальнем Востоке России	95
<i>Пуздря Ф.Ф., Боженов А.В., Круглова С.А., Морозова Т.М., Попова Г.В.</i> Применение химических и биологических препаратов на картофеле в качестве предпосадочной обработки клубней	101
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Федоров Д.Е.</i> Разработка программного обеспечения для бесконтактного управления БПЛА	106
<i>Казаков Ю.Ф., Батманов В.Н., Константинов Ю.В., Зайцев П.В.</i> Повышение эффективности использования тракторов оснащением ведущих колес встроенным дифференциалом	112
<i>Тетерин В.С., Панфёров Н.С., Пехнов С.А., Пестряков Е.В., Овчинников А.Ю.</i> Теоретическое исследование рабочего органа тукосмесительной установки центробежного типа	119.
<i>Попова Н.В., Калинина И.В., Васильев А.К., Каменева К.С.</i> Оценка эффективности и оптимизация процесса ферментации овсяного напитка молочнокислыми микроорганизмами	126
РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА	
<i>Клейменова Ю.А., Баяндурян Г.Л.</i> Особенности развития сельскохозяйственного машиностроения в условиях современного санкционного давления	132
<i>Романцева Ю.Н., Бодур А.М., Маслакова В.В., Кагирова М.В.</i> Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России	138
<i>Папаскири Т.В., Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Сошников А.Ю., Шевчук А.А.</i> Анализ структуры посевных площадей стран Европейского союза с концепцией устойчивого земледелия. Германия	146
<i>Иванова Л.М., Корнилова А.С., Певнев Р.А.</i> Особенности и перспективы развития сельского туризма в Чувашской Республике	153

CONTENTS

NEWS	12	
3 QUESTIONS TO THE EXPERT		
DropFly technology is a tool for increasing efficiency of applying plant protection products from agrodrone.....	9	ADS
INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES		
Victoria Abramchenko: "The issue of staffing in agriculture is under the special control of the Russian Federation' government"	10	
Legislative support for the development of the agro-industrial complex.....	12	
Study of the sensitivity of cow mastitis pathogens to Marboflocin 10%	14	ADS
???	16	
Propylene glycol "Energy": first aid for cows during the transit period.....	17	ADS
The use of complex vitamin preparations for the prevention of diseases in cattle during the new calving period.....	18	
???	20	
Exhibitions "AGROS-2024" and "Potatoes and Vegetables Agrotech": a boost of energy for the entire industry at the beginning of the year	21	ADS
Syngenta technology for the protection of grain crops. Algorithms for the use of fungicides	24	ADS
Analysis of barriers and restrictions for the implementation of blockchain technologies in the agro-industrial complex	26	ADS
Economic aspects of blockchain implementation in the agricultural sector	28	ADS
HISTORY		
Russian Society of Veterinarians. 85 years and 4 states: work for the benefit of the people.....	30	
VETERINARY MEDICINE		
<i>bramov S.V., Balyshhev A.V., Golovin V.V., P.P. Kochetkov, Zhuravleva M.S., Violin B.V.</i> Study of bioequivalence of veterinary drugs "Pinpramil" and "Milbemax" in dogs.....	38	
<i>Leibova V.B., Pozovnikova M.V.</i> Variability of metabolic markers in the blood of dairy goats with different dynamics of milk yield in the first half of lactation	44	
<i>Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N., Shishkina M.S.</i> Verification of a test system for detecting antibodies to bovine diarrhea virus using the enzyme immunoassay method "Cattle VD - SEROTEST plus"	48	
<i>Yildirim E.A., Ilyina L.A., Laptsev G.Yu., Filippova V.A., Dubrovin A.V., Tyurina D.G., Kalitkina K.A., Dubrovina A.S., Ponomareva E.S., Fisinin V.I., Egorov I.A., Egorova T.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., Degtyareva O.N., Tishenkov M.S., Demidova E.S., Kashporov L.M., Pashchenko V.E.</i> Influence of various sources of amino acids on composition of intestinal microflora of meat chickens and roosters of parent herd of cross "Smena 9"	53	
<i>Kvan O.V., Sizova E.A., Vershinina I.A.</i> The influence of ultrafine particles of copper and iron on the intestinal microbiocenosis of broiler chickens	61	
<i>Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Supova A.V.</i> Modeling of PCR-RFLP genotyping of cattle by polymorphic markers of <i>iNOS</i> gene.....	66	
ZOOTECHNICS		
<i>Belookov A.A., Rebezov M.B., Stvolov S.S.</i> Meat qualities of crossbred young pigs.....	71	
<i>Lippo I.E.</i> Comparative assessment of the quantitative and qualitative composition of zooperiphyton on the surface of duckweed (<i>Lemna minor</i>) grown in a recirculating water supply system	75	
AGRONOMY		
<i>Frizen Yu.V., Nekrasova E.V., Gaivas A.A.</i> The influence of individual elements of agricultural technology on the productivity of durum wheat in the southern forest-steppe of the Omsk region	80	
<i>Lozhkin A.G., Vasiliev O.A., Dimitriev V.L., Kayukova O.V., Yakovleva M.I.</i> Features of the formation of yield and quality of durum spring wheat in the conditions of the Chuvash Republic.....	86	
<i>Ryabtseva N.A.</i> Grain quality of <i>Hordeum vulgare</i> L. depending on the growth regulators.....	91	
<i>Ilyushko M.V., Romashova M.V., Guchenko S.S.</i> Evaluation of rice collection samples <i>Oryza sativa</i> L. in the Russian Far East	95	
<i>Puzdrya F.F., Bozhenkov A.V., Kruglova S.A., Morozova T.M., Popova G.V.</i> The use of chemical and biological preparations on potatoes as a preplant treatment of tubers.....	101	
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES		
<i>Fedorov D.E.</i> Development of software for contactless control of UAVs	106	
<i>Kazakov Yu. F., Batmanov V.N., Konstantinov Yu.V., Zaitsev P.V.</i> Improving the efficiency of using tractors by equipping the drive wheels with a built-in differential.....	112	
<i>Teterin V.S., Panferov N.S., Pehnov S.A., Pestryakov E.V., Ovchinnikov A.Yu.</i> Theoretical study of the working body of a centrifugal type mixing plant	119	
<i>Popova N.V., Kalinina I.V., Vasiliev A.K., Kameneva K.S.</i> Evaluation of effectiveness and optimisation of the process of fermentation of oat drink with lactic acid microorganisms.....	126	
REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY		
<i>Kleimenova Yu.A., Bayanduryan G.L.</i> Features of the development of agricultural engineering in the conditions of modern sanctions pressure	132	
<i>Romantseva Yu.N., Bodur A.M., Maslakova V.V., Kagirova M.V.</i> Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in Russian agriculture.....	138	
<i>Papaskiri T.V., Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Soshnikov A.Yu., Shevchuk A.A.</i> Analysis of the structure of the acreage of the European Union countries with the concept of sustainable agriculture. Germany.....	146	
<i>Ivanova L.M., Kornilova A.S., Pevnev R.A.</i> Features and prospects for the development of rural tourism in the Chuvash Republic.....	153	



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИИ УТВЕРДИЛО ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

В Российской Федерации одобрен план реализации стратегии развития производства органической продукции. Об этом сообщил премьер-министр России Михаил Мишустин на совещании со своими заместителями. Правительством РФ утвержден пошаговый план по реализации принятой в прошлом году стратегии развития производства органической продукции, благодаря которой должен быть сформирован отдельный сектор в сельском хозяйстве, где не применяются минеральные удобрения, отметил он.

Как пояснил Михаил Мишустин, документ предусматривает разработку соответствующих национальных стандартов и внедрение для предпринимателей дополнительных стимулов, которые помогут ускорить создание передовых агротехнологий, стартапов и инноваций. Значительное внимание будет уделяться и подготовке квалифицированных специалистов в данной сфере, в том числе с помощью запуска новых образовательных программ на базе ведущих отраслевых вузов, уточнил он.

Необходимо обеспечить доступность органических продуктов для массового покупателя, отметил премьер-министр.

(Источник: ТАСС)

СЕМЕНА ПШЕНИЦЫ И РАПСА, ПОБЫВАВШИЕ В КОСМОСЕ, ПОКАЗАЛИ 100%-Ю ВСХОЖЕСТЬ

По информации пресс-службы СФНЦА РАН, семена пшеницы и рапса, которые более 180 суток провели на борту космического корабля, с целью обнаружить уникальные свойства для повышения урожайности культур, показали стопроцентную всхожесть (а семена сои не взошли). В ходе фенологических наблюдений за растениями, взошедшими из семян, побывавших в космосе, не выявлено отклонений от растений, культивируемых в земных условиях, сообщили ученые. Они отметили, что взошедшие культуры характеризуются дружным прорастанием, формированием вегетативных органов (корней, стеблей, листьев, выполняющих важнейшие функции питания, фотосинтеза и передвижения веществ в растении).

В дальнейшем в СФНЦА РАН планируют изучить все растения на предмет структурных вариаций в ДНК и биохимических изменений, что позволит понять, оказывают ли условия космоса, включая космическое излучение, воздействие на свойства сельскохозяйственных культур. Наблюдения и учеты по формированию репродуктивных органов, образованию зрелых плодов и семян дадут возможность оценить культуры по основным структурным элементам урожайности, уточнили в Центре.

НА ВОЛОГОДЧИНЕ ПОСТАВЛЕН РЕКОРД ПО ОБЪЕМАМ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

В прошедшем году в Вологодской области поставлен абсолютный исторический рекорд по продуктивности на одну фуражную корову — 8812 кг (это на 449 кг больше показателей 2022 года), сообщила пресс-служба правительства региона.

В 2023 году производство молока в хозяйствах всех категорий составило 637,5 тыс. т, из них сельхозпредприятия региона суммарно произвели около 610 тыс. т молока, что на 30 тыс. т больше, чем в 2022 году, отметил врио губернатора области Георгий Филимонов. Итоговый объем молокопроизводства за 2023 год стал рекордным для региона, это самый высокий результат за последние 32 года, резюмировал он.

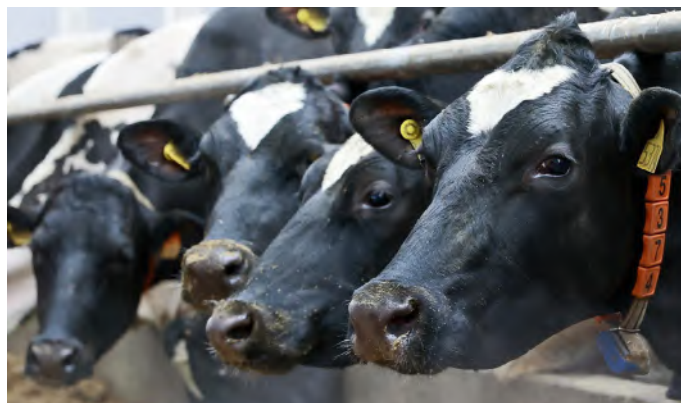
В сообщении отмечено, что на поддержку региональных производителей молока в 2023 году было направлено 1,57 млрд рублей. Для увеличения производства молока в области происходит модернизация и строительство новых животноводческих комплексов.

НА РОССИЙСКИЙ РЫНОК ВЫХОДЯТ НОВЫЕ ГИБРИДЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Два новых гибрида подсолнечника отечественной селекции Сури и Суринат, созданные в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ. Они характеризуются устойчивостью к гербицидам на основе действующего вещества трибенурон-метил, которые широко применяются в посевах для борьбы с однолетними и многолетними сорняками, в частности, с амброзией, осотом, пижмой. Эти гибриды отличаются группой спелости, вегетационным периодом, высотой и рекомендуемыми регионами возделывания. Объединяющими их признаками являются устойчивость к пяти расам цветкового паразита заразики и к ложной мучнистой росе. Потенциальная урожайность новых гибридов — до 45 ц/га, маслянистость семян — до 52%.

Сури допущен к использованию в регионах практически всех федеральных округов РФ, Суринат — в регионах ЦФО, СКФО, ЮФО и ПФО.

(Источник: Официальный сайт ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК)



В РЕЙТИНГЕ RSCI ЖУРНАЛ «АГРАРНАЯ НАУКА» ВХОДИТ В ТОП-7 НАИБОЛЕЕ ЦИТИРУЕМЫХ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ПО ТЕМАМ ВЕТЕРИНАРИЯ, АГРОНОМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ

На сегодняшний день в рейтинге RSCI научно-теоретический и производственный журнал «Аграрная наука» входит в топ-7 наиболее цитируемых научно-практических изданий по темам ветеринария, агрономия и почвоведение, сообщила научный редактор журнала, к.б.н., с.н.с. Марина Долгая на конференции «Кормление животных и птицы: инновации, устойчивость и эффективность». Мероприятие, организованное ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, прошло в рамках деловой программы АГРОС-2024.

Что касается позиции издания «Аграрная наука» в РИНЦ, то, согласно данным спикера, его рейтинг за последний год среди всех научных журналов вырос на 114 пунктов, а за период 2019–2022 гг. — на 234 пункта. Также за указанный период на 28% увеличилось количество научных статей (как и объем журнала), расширилась география авторов, отметила научный редактор.

Подпишитесь
на наш
Telegram-канал!



ТЕХНОЛОГИЯ DROPFLY — ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕСЕНИЯ СЗР С АГРОДРОНОВ



Журнал «Аграрная наука» при поддержке одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР) Группы компаний «Шанс» представляет рубрику «Три вопроса эксперту». Руководитель отдела по поддержке и развитию продукции ГК «Шанс» Василий Соннов — о разработанной ГК «Шанс» технологии DropFly.



1 В настоящее время дроны активно используются для решения практических задач в сельском хозяйстве. Как ГК «Шанс» пришла к идее разработать технологию DropFly?

Использование беспилотных летательных аппаратов занимает всё большее место в сельском хозяйстве. Повысить эффективность средств защиты растений и помочь получить хороший урожай — это задача, которая подтолкнула нас к разработке решений, позволяющих полностью реализовать потенциал рецептов наших клиентов в полевых условиях. Поэтому группа компаний «Шанс» разработала технологию DropFly.

Чтобы обеспечить надлежащее качество внесения СЗР, существуют технические аспекты, которые следует учитывать при применении дронов. Неправильные дозировки пестицидов могут привести к снижению продуктивности обработки и, следовательно, к снижению качества и количества будущего урожая.

Размер капель и стабильность состава — ключевые факторы, которые могут повлиять на эффективность применения, поэтому выбор правильного адьюванта важен, для того чтобы нужное количество пестицида было нанесено на целевой объект.

2 Расскажите, пожалуйста, подробнее о разработанной технологии DropFly. Как она устроена?

Технология DropFly представляет собой группу продуктов, которые снижают до 50% поверхностного натяжения состава, тем самым способствуя лучшему распределению препарата на поверхности. Данная технология увеличивает осаждение капель рабочего раствора, распыляемых с БПЛА, и площадь покрытия. Еще одним ключевым аспектом применения является снижение эффекта «отскока» капель, обеспечивающее задержание пестицида на листе и снижение его потерь. Технология DropFly была протестирована на таких культурах, как пшеница, подсолнечник, рапс, и показала отличные результаты в лабораторных и полевых испытаниях, зарекомендовав себя как эффективный адьювант в баковых смесях для использования в беспилотных летательных аппаратах.

Для количественной оценки параметров, которые могут вызвать различия в применении дронов, были проанализированы физико-химические свойства DropFly и других эталонов. Мы провели полевые испытания, чтобы сравнить DropFly с адьювантами для баковых смесей, используемых в наземной обработке сельхозкультур.

3 Какую практическую пользу принесет данная технология?

Для определения практической пользы данной технологии в Республике Татарстан проводились тестовые испытания DropFly. С помощью дрона

осуществлялась десикация. Применялось действующее вещество дикват — препарат **Дикошанс, ВР**.

Положительный результат был зафиксирован на пятый день после проведения эксперимента. По результатам обработки пестицид качественно распределился на листовых пластинках, при этом наблюдалась высокая эффективность по сравнению с наземным опрыскиванием.



Таким образом, эксперимент был признан успешным, а значит, у данного применения дронов есть будущее.

Технология DropFly — хороший инструмент для увеличения эффективности обработки. Снижая поверхностное натяжение, DropFly способствует уменьшению потери рабочего раствора и позволяет лучше усваивать его целевым объектом.

В дополнение к этому технология DropFly показала отличные результаты в лабораторных тестах. Обладает низким динамическим поверхностным натяжением, малым временем смачивания, отлично распределяется по различным поверхностям, способствуя увеличению осаждения капель и покрытия листьев, что может уменьшить отскок капель и улучшить осаждение пестицидов на листьях.

Читайте в следующем номере материал о стратегии фунгицидной защиты зерновых.

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

ООО «Шанс Трейд» — генеральный партнер завода-производителя «Шанс Энтерпрайз» по реализации продукции на территории РФ.

ВИКТОРИЯ АБРАМЧЕНКО: «ВОПРОС КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСОБОМ КОНТРОЛЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

В рамках очередного заседания Межведомственного координационного совета РАН по исследованиям в области агропромышленного производства и комплексного развития сельских территорий на тему «Кадровое обеспечение сельского хозяйства: состояние, проблемы и пути их решения», прошедшего 07.12.2023 на площадке Российской академии наук, состоялось обсуждение вопросов развития кадрового потенциала отечественного АПК.

Задача кадрового обеспечения сельского хозяйства имеет особое значение — от ее решения зависят потенциал и дальнейшее развитие отрасли, отметил в ходе заседания президент Российской академии наук академик РАН Геннадий Красников. «Подчеркну, что сегодня в нашей стране зафиксирован исторический минимум по безработице, который составляет всего 2,9% (а в Москве — 0,35%). Дефицит на рынке труда будет серьезно тормозить развитие экономики и станет одним из факторов замедления ВВП, — сказал он. — Причем кадровые проблемы испытывают и предприятия высокотехнологического сектора экономики, в том числе обрабатывающих отраслей, логистики, IT-отрасли и подотрасли беспилотных летательных аппаратов». В таких условиях конкуренцию за кадры сельскому хозяйству выдержать непросто, и в связи с этим проблема подготовки сельхозкадров стоит особенно остро, заметил академик. «В проект решения Совета по итогам сегодняшнего заседания внесен вопрос о подготовке долгосрочной стратегии кадровой политики в агропромышленном комплексе, разработка которой позволит объединить наши усилия и подготовить специалистов с новыми знаниями и компетенциями», — рассказал он.



Глава РАН сообщил, что Российская академия наук активно поддерживает образовательные и просветительские проекты, направленные на вовлечение в науку молодежи. В частности, положительные результаты дает проект ранней профориентации «Агропромышленные классы», реализуемый Министерством просвещения РФ и Минсельхозом России, добавил он, отметив готовность РАН присоединиться к инициативе в качестве интеллектуального партнера.

Вице-президент Российской академии наук академик РАН Николай Долгушкин зачитал приветствие участникам заседания от заместителя председателя Правительства РФ Виктории Абрамченко. «Вопрос кадрового обеспечения сельского хозяйства находится на особом контроле Правительства Российской Федерации и профильных министерств, — отметила вице-премьер. — Для преодоления сложившихся экономических и социальных вызовов необходима консолидация усилий органов государственной власти всех уровней, научно-образовательного и предпринимательского сообществ, институтов гражданского общества. Ключевым фактором становятся ориентация на эффективные технологии трансфера знаний, их постоянная актуализация на основе достижений науки и передовой практики. Именно поэтому рассмотрение столь важного вопроса на площадке Российской академии наук как никогда актуально. Сельское хозяйство как динамично развивающаяся отрасль требует высокопрофессиональных кадров, обладающих современными знаниями и компетенциями, способными обеспечить продовольственную безопасность страны и ее технологический суверенитет».



В России за последние годы для развития сельского хозяйства создано 35 селекционно-семеноводческих и селекционно-племенных центров в рамках национального проекта «Наука и университеты», для внедрения современных технологий на основе собственных разработок научных и образовательных организаций в АПК страны, отметил заместитель министра науки и высшего образования РФ, член-корреспондент РАН Дмитрий Пышный. На эти цели было выделено более 3,5 млрд руб. (таков объем господдержки на 2021–2024 годы), сообщил он. Также в 2021–2023 годах на обновление приборной и лабораторной базы научно-исследовательских институтов аграрного профиля выделено 3,8 млрд руб., добавил замминистра. Помимо этого, Министерство науки и высшего образования РФ с 2021 года реализует программу обновления парка сельхозтехники в подведомственных научных организациях, осуществляющих исследования в сфере селекции и семеноводства (с бюджетным финансированием 1,5 млрд руб.), с использованием которой за три года приобретено более 600 единиц техники. С учетом внебюджетного софинансирования общая стоимость приобретаемой техники составит более 5 млрд руб., сообщил спикер.

Статс-секретарь — заместитель министра сельского хозяйства РФ Максим Увайдов сделал акцент на проблематике целевого обучения в отечественных аграрных вузах. Он сообщил, что в 2023 году заполнение квоты приема на целевое обучение в таких вузах составило в среднем 30% (а всего в 2023 году было заключено около 2,6 тыс. целевых договоров). По мнению спикера, это крайне низкий показатель. «Должно быть 70–80%, — сказал он, — потому что у нас сегодня уже большое количество работодателей, которые готовы заключать такой целевой договор и брать студентов на практику и стажировку». Условия целевого приема следует пересмотреть и, возможно, упростить, чтобы повысить интерес к этой программе как представителей бизнеса, так и студентов, отметил Максим Увайдов.

Согласно презентации спикера, на текущий момент в ведомстве Министерства сельского хозяйства РФ находятся 46 вузов, включая 3 вуза новых регионов



страны. По данным Минсельхоза России, прием в отечественные аграрные вузы за последние три года вырос, составив в 2023 году 66,9 тыс. человек по программам высшего образования, 15,4 тыс. — по программам среднего профессионального образования (СПО), 1,6 тыс. — по программам аспирантуры. Всего в 2023 году в аграрных вузах страны высшее образование получают 240,3 тыс. человек, 42,8 тыс. обучаются по программам СПО, 4,9 тыс. — в аспирантуре. Снижать текущие контрольные цифры приема в вузы по аграрным направлениям нельзя — сельскохозяйственная отрасль становится более высокотехнологичной, появляются новые предприятия и направления, следовательно, растут объемы производства, отметил спикер, добавив, что при формировании заявок на контрольные цифры приема следует учитывать потребности в агрокадрах соседних регионов, не имеющих на своей территории аграрных вузов.

Директор Всероссийского НИИ рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) — головного института российского рыбохозяйственного комплекса д-р экон. наук Кирилл Колончин заострил внимание на причинах дефицита квалифицированных кадров, выделив в числе ключевых недостаток информации о будущих специальностях и откровенно слабую, по его мнению, работу отрасли со школьниками в части профессиональной ориентации. После окончания учебы многие выпускники профильных вузов сталкиваются со сложностями при поисках подходящей по условиям работы, в связи с этим у них возникают сомнения в актуальности и силе приобретенных знаний, в востребованности профессии, отметил он. В науку мало кто идет, прежде всего по причине слабой финансовой обеспеченности данного сектора, отсутствия мотивации заниматься исследованиями и из-за недостатка целевых программ обучения — от школы до НИИ, добавил спикер. Исходя из этой проблематики, разработана программа «Навигатор ВНИРО», сегментированная на пять подпрограмм с учетом возраста — от 10 до 35 лет, сообщил он. Каждая из пяти подпрограмм включает несколько направлений, которые через все возможные каналы передачи информации на доступном для восприятия языке донесут до целевой аудитории ценность и преимущества работы в отечественной рыбохозяйственной науке, отметил спикер.

Ю.Г. Седова



ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ АПК

Актуальные вопросы развития АПК России и его законодательного обеспечения обсудили участники пресс-конференции на тему «Итоги работы Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию в период осенней сессии». В мероприятии, прошедшем в конце 2023 года в ММПЦ «Россия сегодня», приняли участие председатель Комитета Александр Двойных и его заместитель Татьяна Сахарова.



В ходе мероприятия было отмечено, что за время осенней сессии 2023 года Комитет СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию принял участие в рассмотрении и принятии 109 федеральных законов (ФЗ). В их числе были приняты ФЗ, обеспечивающий формирование единого государственного информационного реестра в области технического состояния эксплуатации самоходных машин, ФЗ о ветеринарии, ФЗ, усовершенствовавший правовое регулирование обращения с биологическими отходами, эксплуатацией и ликвидацией скотомогильников, сообщил глава Комитета Александр Двойных. А также — внесены изменения в ФЗ «О карантине растений», направленные на оптимизацию информационных систем в области карантина растений. Помимо этого, были одобрены ФЗ, устанавливающий правовое регулирование в отдельных сферах АПК в новых регионах России, ФЗ о регулировании использования лесов в целях проведения изыскательской деятельности, ФЗ, направленный на совершенствование отношений в области использования и охраны водных объектов, и другие.

Приоритетными для Комитета остаются и вопросы сбыта фермерской продукции. «Мы постоянно проводим мониторинг реализации пилотных проектов, — проинформировал Александр Двойных. — Результаты радуют: есть положительные отзывы от фермеров, от торговых сетей, от жителей, которые хотят видеть на полках федеральных торговых сетей нашу фермерскую продукцию. И в рамках этой работы Государственной Думой уже был в первом чтении принят закон, который определяет само понятие фермерской продукции и обеспечивает ее сбыт».

Законодатель сообщил, что во время осенней сессии Комитет провел выездное заседание в Ставропольском крае с участием представителей ряда министерств на тему «Развитие производства и переработки шерсти». Это направление активно развивалось в советские годы, а сейчас речь идет фактически о воссоздании отрасли, в чем крайне заинтересованы

регионы страны, отметил он. «Есть запрос на качественное отечественное сырье у наших служб, ведомств, министерств: Минобороны, МЧС, Росгвардии», — добавил спикер. Кроме того, Комитетом были проведены парламентские слушания «Наука и система подготовки кадров в сфере агропромышленного комплекса: проблемы и перспективы развития», отметил он. «На сегодняшний день зафиксирован кадровый дефицит (от 60 тысяч до 100 тысяч специалистов) в отрасли АПК. На эти вызовы надо отвечать. И мы совместно с Министерством просвещения РФ и Министерством науки и высшего образования РФ обсудили новые подходы, программы, открытие образовательных кластеров и механизмы, благодаря которым в регионах могут данные дефициты замещать», — рассказал сенатор.

Решить проблему дефицита высокопрофессиональных кадров на селе поможет программа «Профессионалитет» — продемонстрировавший свою эффективность федеральный проект, активно набирающий обороты, отметила замглавы Комитета Татьяна Сахарова.

Александр Двойных сделал акцент на высокой значимости стратегической сессии на тему «Продовольственная безопасность России», прошедшей под председательством премьер-министра России Михаила Мишустина. «Сегодня по основным параметрам Доктрины продовольственной безопасности уже достигнуты пороговые значения, а там, где они еще не достигнуты, есть понятный план действий. В связи с этим хочу отметить успехи наших аграриев, их огромный вклад в обеспечение продбезопасности, и Министерства сельского хозяйства», — сказал он.

Спикер сообщил, что в весеннюю сессию 2024 года Комитету предстоит большая работа, в том числе по совершенствованию законодательства в сфере обращения с пестицидами и агрохимикатами, в отрасли лекарственного растениеводства и производства растительных лекарственных препаратов, в области отечественной селекции и семеноводства.

Ю.Г. Седова

АЛЬВЕСОЛ

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЛЕЧЕНИЕ МАСТИТА



- ✓ **ТРОЙНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРИ МАСТИТЕ**
- ✓ **БЫСТРОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТКАНЕЙ И ФУНКЦИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ МАСТИТЕ**
- ✓ **БЕЗ ВЫБРАКОВКИ МОЛОКА**



ВВОДИТСЯ В ДОЗЕ 10 МЛ
ВНУТРИМЫШЕЧНО
1 РАЗ В ДЕНЬ В ТЕЧЕНИЕ 3–5 ДНЕЙ



**ПЕРИОД ВЫБРАКОВКИ МОЛОКА И МЯСА
ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА АЛЬВЕСОЛ ОТСУТСТВУЕТ**



8 (495) 221-01-58
8 (495) 221-01-59



141700, Московская обл.,
г. Долгопрудный,
ул. Виноградная, д. 13



info@helvet.ru
www.helvet.ru

Регистрационное удостоверение:
32-3-21.21-4802 №ПВР-3-16.16/03313

Реклама

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ.

ИЗУЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ МАСТИТА КОРОВ К МАРБОФЛОЦИНУ 10%

Мастит — болезнь, которая наносит самый большой ущерб современным молочным комплексам. Причины — увеличение количества резистентных штаммов возбудителей мастита и, как следствие, снижение эффективности лечения этого заболевания, ведущее к потерям молочной продуктивности, ухудшению качества молока, ранней выбраковке животных.

Цель данной работы — изучение чувствительности полевых штаммов *Str. agalactiae*, *Str. uberis*, основных возбудителей мастита коров, к препарату на основе марбофлоксацина «Марбофлоцин 10%», а также ряду наиболее часто используемых для лечения мастита антибактериальных препаратов (АБП).

Для бактериологических исследований отбирали секрет молочной железы от коров с клинической формой мастита. До отбора проб животные не подвергались лечению антибактериальными препаратами. Всего было получено 15 проб от животных, содержащихся на четырех молочных фермах Белгородской области. Бактериологические исследования выполнены в группе микробиологии испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ».

Из 15 проб секрета вымени коров с клиническими признаками мастита во всех случаях были выделены культуры стрептококков — возбудителей маститов. При этом в 11 пробах (73,3%) стрептококки были единственным обнаруженным патогеном, в трех пробах (20%) также присутствовали стафилококки, в одной (6,7%) — кишечная палочка. Возбудители мастита *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были идентифицированы в восьми пробах (53,3%). В остальных пробах были выделены культуры *Str. pyogenes*, а также *Str. faecalis*.

Чувствительность выделенных культур *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к марбофлоксацину была изучена методом серийных разведений, а к следующим АБП (амоксциллин и амоксициллин с клавулоновой кислотой, тилозину, тетрациклину, энрофлоксацину, норфлоксацину, гентамицину) — дискодиффузным методом. Результаты, полученные при определении чувствительности *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к антибиотикам, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Чувствительность *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к антибиотикам

Антибиотики	<i>Str. uberis</i>	<i>Str. agalactiae</i>	Сроки ожидания по молоку, ч.
Амоксициллин	нечувствителен	нечувствителен	96
Амоксициллин + клавулоновая кислота	умеренно чувствителен	нечувствителен	108
Гентамицин	чувствителен	чувствителен	72
Тилозин	чувствителен	чувствителен	96
Тетрациклин	чувствителен	чувствителен	168
Энрофлоксацин	чувствителен	чувствителен	72*
Марбофлоксацин	чувствителен	чувствителен	24

Примечание: * Препарат на основе энрофлоксацина и l-аргинина.

Было установлено, что все выделенные культуры *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были чувствительны к марбофлоксацину. Среднее значение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) марбофлоксацина



для культур *Str. uberis* составляет 0,50 мкг/мл, а для *Str. Agalactiae* — $0,44 \pm 0,13$ мкг/мл. К остальным антибактериальным препаратам исследуемые культуры *Str. uberis* и *Str. agalactiae* проявили разную чувствительность, выявлена устойчивость к амоксициллину, в том числе с клавулоновой кислотой, тилозину.

Неоспоримым преимуществом препарата «Марбофлоцин 10%» является короткий период ожидания по молоку — всего 24 часа, что значительно короче периода ожидания по молоку для других антибактериальных препаратов. Это позволяет быстрее вводить животных в дойное стадо после проведенного курса лечения и значительно сократить экономические потери от выбраковки молока.

Марбофлоцин® 10% — препарат выбора для современного ветеринарного врача.



ООО «Новая группа»

141700, Московская обл.,

г. Долгопрудный, ул. Виноградная, д. 13

www.groupnew.ru

Тел. +7 (495) 221-01-59

МАРБОФЛОЦИН® 10%



ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ ПРЕПАРАТ НА ОСНОВЕ ФТОРХИНОЛОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ ОЖИДАНИЯ ПО МОЛОКУ

- ✓ МИНИМАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОЖИДАНИЯ ПО МОЛОКУ - 24 ЧАСА
- ✓ ШИРОКИЙ СПЕКТР АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ
- ✓ ПРЕОДОЛЕВАЕТ ПЕРЕКРЕСТНУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К ДРУГИМ ГРУППАМ АНТИБИОТИКОВ
- ✓ ОПТИМАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ КУРСА ЛЕЧЕНИЯ



- МАСТИТ
- ЭНДОМЕТРИТ
- РЕСПИРАТОРНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЭТИОЛОГИИ
- ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ!



НОВАЯ ГРУППА



8 (495) 221-01-58
8 (495) 221-01-59



Россия, 141705,
М.О., г. Долгопрудный,
ул. Виноградная, д.13



info@groupnew.ru
www.groupnew.ru

Регистрационное удостоверение:
32-3-10.22-4887№ПВР-3-10.22/03726

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ.

НАТАЛЬЯ ШАВШУКОВА: «МЫ НАЗЫВАЕМ УДМУРТИЮ МОЛОЧНЫМ РЕГИОНОМ»

В рамках Международной практической конференции KSIDAY-2023 — III Ежегодного дня геномной селекции в животноводстве, организованной компанией KSITEST, состоялось обсуждение, в том числе, региональной работы по внедрению геномных методов отбора для снижения зависимости от импорта и повышения продбезопасности регионов. В этой связи большой интерес аудитории вызвал доклад «Эпатаж или фундамент отрасли? Геномная селекция молочного скота в Удмуртской Республике» заместителя министра сельского хозяйства и продовольствия Удмуртии Натальи Шавшуковой.

В ходе мероприятия были отмечены особое значение агропромышленного комплекса и первостепенная роль животноводства в сельском хозяйстве Удмуртии. «У нас развито как молочное скотоводство, так и птицеводство и свиноводство. И все же чаще мы называем Удмуртию молочным регионом, поскольку обеспеченность населения молоком, согласно последним статистическим данным, составляет 185%», — сообщила заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия республики Наталья Шавшукова.

Как уточнила докладчик, в настоящее время база генетических оценок крупного рогатого скота Удмуртской Республики насчитывает записи по 291065 голов. На текущий момент в этой — ежеквартально обновляемой — базе 21831 живых коров, добавила она. «Сегодня в проекте участвуют 16 хозяйств, собрано 27615 генотипов», — сказала спикер. — Так, всего в базе 424 оцененных быка-производителя. Из них 157 — с генотипами». При разработке геномного индекса племенной ценности ставилась принципиальная задача, чтобы он был экономическим, — так проще объяснить руководителю хозяйства, почему одно животное «лучше» другого, пояснила она. «Рассчитывается он на основании региональных данных о результатах хозяйственной деятельности сельхозтоваропроизводителей — бухгалтерских данных. Плюс туда подтягиваются данные обязательного ежедневного зоотехнического учета (таким образом, индекс показывает, насколько одно животное эффективнее другого в финансовом выражении). Среднее по популяции на сегодняшний день составляет плюс 14366. Максимальные показатели по комплексному индексу у нас варьируются в пределах 50–55 тысяч рублей в год прибыли дополнительно на одно животное, — по отношению к среднему по популяции. Отмечу, что по молоку также разброс достаточно большой: если в среднем у нас 760 кг с плюсом, то лучшие животные дают в пределах 2,5 кг к базису (это нужно учитывать)», — резюмировала замминистра.

Среди основных параметров, интересующих селекционеров и руководителей хозяйств, — продолжительность хозяйственного использования, — так как этот показатель определяет экономическую эффективность животного (коровы), и фертильность, отметила докладчик. На сегодняшний день лучшие показатели по животным — это снижение периода ожидания между осеменениями до 25 дней, уточнила она. «Мы регулярно формируем «топы» наших животных, и часть из них (81 бык) имеет оценку по качеству потомства, — эти результаты будут использоваться в дальнейшей селекционно-племенной работе непосредственно хозяйствами при формировании будущих поколений, а также с целью формирования пар для заказных спариваний, — ска-



зала спикер. — Данные геномной селекции дают большое разнообразие информации для принятия решений. Как результат, мы достаточно хорошо понимаем, какова наша популяция и каково влияние на нее отдельных особей. По итогам анализа работы быков-производителей в стадах Удмуртской Республики можно сделать вывод, что животные отечественного происхождения отличаются от приобретенных (и выведенных) в других странах животных. При этом следует отметить, что, несмотря на отставание по объемам производства продукции, российские быки дают 130 процентов по продолжительности хозяйственного использования (этот ценный показатель, безусловно, необходимо сохранить в дальнейшей селекционной работе)».

Селекционная деятельность — это работа на перспективу, отметила замминистра. «Когда мы говорим о геномике, то не всегда сразу можем увидеть результат, однако если будем ежегодно оценивать свое стадо по комплексному индексу либо по геномным оценкам, рассчитанным для конкретных признаков, — например, удоя, жира, белка, — то обязательно увидим изменения, которые происходят в результате селекционной работы», — пояснила она. Спикер выразила готовность взаимодействия, в связи с нехваткой специалистов, «с любыми лабораториями и компаниями, предлагающими услуги по генотипированию, при условии, если хозяйство, которое обращается за господдержкой, предоставляет исходные данные для погружения в единую базу генетических оценок Удмуртской Республики». Также она отметила необходимость активного использования биотехнического метода воспроизводства сельхозживотных — эмбриотрансфера. «В числе наших первоочередных задач — раскрытие эмбрионального центра и формирование культуры пользовательного эмбриотрансфера, который позволит получать до 30 процентов приплода от этого метода воспроизводства», — заключила замминистра.

Ю.Г. Седова

ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ «ЭНЕРГИЯ»: СКОРАЯ ПОМОЩЬ ДЛЯ КОРОВ В ТРАНЗИТНЫЙ ПЕРИОД

Транзитный период наиболее значим для бесперебойной работы такой сложной биофабрики, как молочная корова. Это время определяет и уровень здоровья животного, и результаты последующей лактации, поэтому требует особенного внимания специалистов хозяйства.

Транзитный период занимает три недели до и три недели после отёла. Естественный физиологический процесс подготовки организма коровы к рождению телят определяет интенсивную выработку эстрогена. На этом фоне у коровы резко снижается аппетит, сокращается потребление кормов за несколько дней до отёла и сразу после него. К тому же редкое хозяйство не сталкивается рано или поздно с такой проблемой, как кетоз. Это опасное заболевание КРС, способное вывести из строя значительную часть поголовья и нанести хозяйству серьезный экономический ущерб.

Причины появления кетоза у коров в транзитный период: огромные энергозатраты на развитие плода, отёл и интенсивное продуцирование молока, формирующие отрицательный энергетический баланс. Потребность в глюкозе в этот период возрастает в три раза. Если глюкозы поступает с кормами недостаточно, организм начинает использовать в качестве энергетической батарейки собственные жировые ткани. Особенно это заметно, когда корова подходит к началу лактации с повышенной упитанностью, а затем стремительно худеет.

В процессе расщепления жиров в печени образуется избыточное количество токсичных отходов — кетонных тел, которые расстраивают гормональную деятельность, нарушают обмен веществ и являются причиной развития кетоза. Молоко приобретает горьковатый привкус и запах ацетона, становится несъедобным. Перегрузка печени ослабляет иммунитет и здоровье коровы, резко снижает продуктивность, а нередко приводит и к выбраковке новотельных коров.

Чтобы затормозить развитие кетоза, сохранить здоровье и жизнь животных в транзитный период, необходимо обеспечить высокий уровень глюкозы в кормах.



Наиболее эффективным и экономически выгодным решением для животноводческих хозяйств является применение в транзитный период кормового пропиленгликоля. Многие хозяйства традиционно используют эту энергетическую добавку в сухой либо жидкой форме. Она мгновенно усваивается в рубце, незамедлительно поступает в кровь и способствует ускоренному синтезу глюкозы в печени. Всё бы хорошо, только дать эту добавку корове надо еще уметь. Коровы не любят ее горький вкус, своеобразный запах, поэтому поедают очень плохо (даже в смеси с кормами). Большая часть пропиленгликоля остается в кормушке, поэтому крайне трудно обеспечить корове дневную норму. Часто приходится прибегать к принудительному ручному кормлению жидким пропиленгликолем. Но и в этом случае половина дозы раствора бесполезно проливается, не попадая корове на язык. Что делать?

Чтобы обеспечить отличное скармливание продукта и быстро восстановить уровень глюкозы в крови животных, рекомендуем сухой пропиленгликоль на натуральном носителе — зерновом экструдате, такой, как **пропиленгликоль кормовой «ЭНЕРГИЯ» от производственно-торговой компании «Агровит» — «Капитал-Прок»**. Термически обработанное, экструдированное зерно имеет приятный аромат поджаренного хлеба, который не только не ухудшает вкус кормов, а, напротив, весьма привлекателен для животных. Продукт отлично поедается, быстро усваивается и обогащает рацион энергией, углеводами и протеином. Его можно смешивать с кормами или давать индивидуально каждому животному. Специалист по кормлению может легко определить **правильный пропиленгликоль** по цвету — он желтый.

Что при этом получает корова? Быструю компенсацию дефицита энергии и набор оптимальной массы тела, профилактику и лечение кетоза, повышение молокоотдачи на раздое и рост суточных удоев в дальнейшем периоде.

Что получает хозяйство? Экономии времени и трудозатрат персонала, здоровое поголовье и ежедневно на 2–4 л больше молока высокой сортности с повышенным содержанием белка и жира от каждой коровы. При регулярном применении **пропиленгликоля «ЭНЕРГИЯ»** повышается оплодотворяемость животных, увеличивается количество лактаций и число телят от одной коровы.

Пропиленгликоль кормовой «ЭНЕРГИЯ» в качестве энергетической добавки можно давать не только коровам, но и телятам, бычкам на откорме, козам и овцам, особенно в период стрессовых нагрузок (при вакцинации, транспортировке, неблагоприятных погодных условиях). Упаковка оптимальна по дозированию, удобна в использовании и хранении продукта — ПЭТ-ведро 3 кг с герметичной крышкой.

Тел. 8-800-200-3-888
(бесплатная линия)
agrovit87.ru prok.ru

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ВИТАМИННЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В НОВОТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Современное животноводство играет ключевую роль в обеспечении населения страны продуктами питания. Это одна из важнейших отраслей сельского хозяйства, оказывающая значительное влияние на его экономику [4]. Свыше 50% всех доходов приходится в данной отрасли на скотоводство, которое является источником получения молока и мяса [1, 5]. Высокая питательная ценность молока обусловлена содержанием в нем белков, жиров, углеводов, минеральных солей в оптимальном соотношении. Для того чтобы получить молоко хорошего качества в достаточном объеме, необходимы высокопродуктивные коровы, здоровые на всем протяжении лактации — от отела до запуска в сухостой.

В условиях современных животноводческих предприятий группа второго сухостоя является одной из наиболее важных. Этим животным уделяется особое внимание, ведь от того, как мы подготовим коров к отелу, зависит их дальнейшая продуктивность. Недостаток питательных веществ в рационе, а также его несбалансированность по витаминно-минеральному составу в совокупности с отсутствием моциона нарушают физиологические процессы в организме сухостойных коров, отрицательно сказываясь на их здоровье [3]. В результате в новотельный период увеличивается риск возникновения таких заболеваний, как кетоз, задержка последа, послеродовой парез, смещение сычуга. Отсутствие профилактических (а при необходимости и лечебных) мероприятий может привести к развитию ряда акушерско-гинекологических заболеваний, которые способны удлинить процесс инволюции органов размножения, а в дальнейшем увеличить межотельный период. Это приводит к значительным экономическим потерям, складывающимся из снижения молочной продуктивности, ухудшения качественных показателей молока, а также затрат на лечение и увеличение выбытия животных [6]. Так что остается актуальным вопрос эффективной профилактики заболеваний крупного рогатого скота в новотельной группе при сохранении высокой продуктивности.

Для профилактики заболеваний в послеотельный период наибольшее внимание уделяют проведению работы со структурой стада, учитывая количество лактаций, сроки стельности, наполненность групп и другие показатели, которые принимаются во внимание на ферме. Особое внимание обращают на качество кормов, структуру рациона, наличие всех необходимых микро- и макроэлементов и их соотношение [2], проводят регулярный анализ качества смешивания кормов перед раздачей, соответствия нормативным показателям фронта кормления и поения, поедаемости кормов животными.

Среди ветеринарных специалистов при профилактике заболеваний крупного рогатого скота в новотельный период всё большей популярностью пользуются комплексные инъекционные препараты на основе витаминов и органического производного фосфора. К последним разработкам в этом направлении можно отнести комплексный препарат «Активитон»®.

«Активитон»®, выпускаемый в форме раствора для инъекций, содержит в качестве действующих веществ

бутафосфан, карнитин, никотинамид, токоферола ацетат, пиридоксин, декспантенол, фолиевую кислоту, цианокобаламин.

Бутафосфан, входящий в состав препарата, — органическое соединение фосфора. Улучшает утилизацию глюкозы в крови, что способствует стимуляции энергетического обмена, ускоряет процессы метаболизма за счет стимуляции АДФ-АТФ-цикла; активизирует все функции печени, повышает неспецифическую резистентность организма.

Карнитин — природное вещество, родственное витаминам группы В. Способствует проникновению через мембраны митохондрий и расщеплению длинноцепочных жирных кислот с образованием ацетил-КоА (необходим для обеспечения активности пируваткарбоксилазы в процессе глюконеогенеза, образования кетонных тел, синтеза холина и его эфиров, окислительного фосфорилирования и образования АТФ).

Никотинамид (витамин РР) стимулирует синтез никотинадениндинуклеотида (НАД) и никотинадениндинуклеотидфосфата (НАДФ), обеспечивая нормальный ход многих видов обмена, в том числе энергетического.

Токоферола ацетат (витамин Е) является активным антиоксидантом, тормозит перекисное окисление липидов, усиливающееся при многих заболеваниях, предупреждает повреждение клеточных структур свободными радикалами. Принимает участие в процессах тканевого дыхания, обмене жиров и углеводов, пролиферации клеток и в других метаболических процессах.

Пиридоксин (витамин В₆) фосфорилируется и в виде пиридоксальфосфата входит в состав ферментов, катализирующих декарбоксилирование и переаминирование. Играет важную роль в метаболизме триптофана, глутаминовой кислоты, цистеина, метионина, в транспорте аминокислот через клеточную мембрану. Участвует в обмене витамина В₁₂, фолиевой кислоты, синтезе порфиринов, обмене ненасыщенных жирных кислот.

Декспантенол относится к витаминам группы В, является производным пантотеновой кислоты. Влияет на процессы ацетилирования и окисления, участвует в углеводном и жировом обмене, синтезе ацетилхолина, кортикостероидов, порфиринов. Оказывает выраженное влияние на образование и функцию эпителиальной ткани, обладает некоторой противовоспалительной активностью.

Фолиевая кислота (витамин B_9) необходима для нормального созревания мегалобластов и образования нормобластов. Стимулирует эритропоэз, участвует в синтезе аминокислот (в том числе метионина, серина), нуклеиновых кислот, пуринов и пиримидинов, в обмене холина.

Цианокобаламин (витамин B_{12}) относится к группе водорастворимых витаминов. Обладает высокой биологической активностью. Необходим для нормального кроветворения. Участвует в процессах трансметилирования, в переносе водорода, образовании метионина, нуклеиновых кислот, холина, креатина. Оказывает благоприятное влияние на функцию печени и нервной системы. Активизирует свертывающую систему крови.

«Активитон»[®] используется как тонизирующее средство при родах у коров, для профилактики послеродовых осложнений (тетании, послеродового пареза), как дополнительное средство для лечения заболеваний, обусловленных недостаточностью в организме кальция и магния и для повышения мышечной активности.

Цель работы — изучение профилактической эффективности комбинированного витаминного комплекса «Активитон»[®] при акушерско-гинекологической патологии.

Исследования по изучению профилактической эффективности препарата проводились в условиях животноводческого комплекса КХ «Агрофирма Чох» (Гунибский р-н, Республика Дагестан). Препарат применялся на группе глубокоствольных коров 4–6-летнего возраста красно-степной породы.

В ходе исследования профилактической эффективности «Активитона»[®] были сформированы две группы — опытная (25 голов) и контрольная (20 голов). Животным обеих групп проводились стандартные обработки согласно утвержденной на предприятии схеме лечебно-профилактических мероприятий. Коровам опытной группы (дополнительно) предварительно за 10 дней до ожидаемого отела вводили внутримышечно инъекционный препарат «Активитон»[®] в дозе 20 мл на голову в течение пяти дней один раз в сутки.

Животным контрольной группы не применяли комплексных и витаминных препаратов, стимуляторов обмена веществ и тонизирующих средств.

Диагноз на послеродовой парез ставили на основании клинических признаков: понижение температуры тела, отсутствие чувствительности кожного покрова, искривление позвоночного столба, парез конечностей.

Диагноз «кетоз» ставили на основании исследования: уровень кетоновых тел на 7-й день после отела. Исследование на уровень кетоновых тел проводили с

использованием кетометра Optium Xseed на 7-й день после отела.

Диагноз на задержание последа ставили на основании клинических признаков: наличие частично или полностью неотделенного последа спустя 12 часов после отела.

В течение 10 дней производственного опыта за животными опытной и контрольной групп вели ежедневное клиническое наблюдение, при этом учитывали общее состояние животных, проявление аллергических реакций, кратность введения, выбытие, задержание последа, уровень кетоновых тел, в конце опыта учитывали профилактическую эффективность «Активитона»[®].

Полученные результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели профилактической эффективности применения «Активитона»[®]

Исследуемый показатель	Опытная группа («Активитон» [®])	Контрольная группа
Количество обработанных животных, гол.	25	20
Послеродовой парез, %	0	2
Задержание последа, %	0	3
Уровень кетоновых тел, мМ/л	0,85	1,4
Кетоз, гол.	0	1
Выбраковано, гол.	0	1

Как следует из данных (табл. 1), при использовании комбинированного витаминного комплекса «Активитон»[®] побочных эффектов у животных опытной группы выявлено не было. Эффективность препарата при профилактике послеродового пареза, кетоза и задержания последа в опытной группе составила 100%, в контрольной группе послеродовой парез был зарегистрирован у двух коров, задержание последа — у трех. При профилактике кетоза уровень кетоновых тел в опытной группе составил 0,85 ммоль/л, что на 0,55 ммоль/л меньше в сравнении с контрольной.

Таким образом, можно сделать вывод, что комбинированный витаминный комплекс «Активитон»[®] является эффективным средством для профилактики послеродовых осложнений у коров и может быть широко использован в ветеринарной практике.

Алиев А.Ю., директор Прикаспийского зонального НИВИ (филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД»), д-р ветеринар. наук
Куракина А.И., ветеринарный врач — консультант
Департамента животноводства ГК ВИК

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Алиев А.Ю. Эффективность макролидов в лечении бронхопневмонии у телят / А.Ю. Алиев, А.В. Патенко // Прикаспийский вестник ветеринарии. 2023; 4(5): 54–59.
- Ахметзянова Ф.К. и др. Методика составления и анализ рациона для коров: Методические указания / Казань: КГАВМ им. Баумана, 2018. — 24 С. 17.
- Горбачев В.А. Послеродовой парез у крупного рогатого скота / В.А. Горбачев // Сборник статей «Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине», посвященный 60-летию кафедры технологии производства и переработки продуктов животноводства и 55-летию кафедры иностранных языков. Тюмень. 2019; 87–91.
- Ермолова Т.Г. Энергетический обмен у крупного рогатого скота при применении биологически активных веществ: дисс. канд. биол. наук: Воронеж. 2007; 71. 124. РГБ ОД, 61:07-3/650
- Кузнецов В.Д., Коротаева О.А. Кетоз высокопродуктивных коров: терапия и профилактика // Вестник Тюменской государственной сельскохозяйственной академии. 2007; 1: 94–96.
- Лебедев А., Селиванов Г., Слушков В. Послеродовой парез: есть решение // Животноводство России. 2018; 3: 50–51.
- Родионов Г.В., Юлдашбаев Г.В., Табакова Л.П. Основы животноводства / 4-е изд., стер. СПб.: Лань. 2024; 5.
- Родионов Г.В., Табакова Л.П., Остроухова В.И. Технология производства молока: учебник для вузов. СПб.: Лань. 2021; 140.
- Тимошина С.В., Столбова О.А. Кетоз у крупного рогатого скота. // В сборнике: Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса. Сборник статей всероссийской научной конференции. 2017; 353–358.
- Хуранов А.М., Таов И.Х., Кагермазов Ц.Б. Цитологический мониторинг состояния органов размножения у коров в ранний послеплодный период. Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2019; 4: 24–25.
- Ярмоц Г.А. Использование органических форм микроэлементов в рационе высокопродуктивных коров / Ярмоц Г.А., Ярмоц Л.П., Кривич С.М. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2013; 7: 64–68.

ВЫСТАВКИ «АГРОС-2024» И «КАРТОФЕЛЬ И ОВОЩИ АГРОТЕХ»: ЗАРЯД ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВСЕЙ ОТРАСЛИ В НАЧАЛЕ ГОДА

С 24 по 26 января 2024 года в Москве в МВЦ «Крокус Экспо» при содействии Минсельхоза России и ведущих отраслевых объединений страны состоялись две выставки для профессионалов АПК — «АГРОС-2024» и «Картофель и овощи Агротех». В совокупности 713 компаний из РФ и 23 стран мира представили на своих выставочных стендах современные решения 18 640 профессионалам в сфере АПК из 86 российских регионов и 30 стран. В рамках 80 деловых мероприятий выступили рекордное количество экспертов отрасли — 574.

Юбилейная выставка «АГРОС-2024» подтвердила статус ключевой выставки российского АПК и востребованность среди профессионалов животноводства, птицеводства и свиноводства, ветеринарии, кормопроизводства, комбикормовой промышленности и зернохранения. Значимость «АГРОС» отметил в рамках официальной церемонии открытия выставки заместитель председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ Алексей Гордеев: «Выставка уже пятая по счету. Она № 1 в животноводстве в России, и, самое главное, она сделана для специалистов, представителей отрасли, аналитиков и экспертов». Алексей Гордеев отметил широкое участие в выставке зарубежных партнеров, что является залогом интеграции страны в мировые тренды.

Первая Международная выставка Potato Horti AgriTech («Картофель и овощи Агротех»), проходившая совместно с «АГРОС», вызвала большой интерес у производителей и переработчиков картофеля и овощей: свыше 8000 из общего числа посетителей обеих выставок проявили интерес к ее экспозиции и мероприятиям деловой программы.

Приветствуя участников выставки «Картофель и овощи Агротех», председатель Комитета Госдумы по аграрным вопросам академик РАН Владимир Кашин подчеркнул важность развития и повышения рентабельности картофелеводства и овощеводства в общей стратегии развития отечественного АПК, а также предложил расширить картофельную и овощную тематику выставки:



«Было бы хорошо на будущее добавить сюда и плодоводство. Тогда у нас было бы истинное трио, на которое нужно обращать внимание». Владимир Иванович отметил, что «проведение выставок по этим направлениям важно, потому что России предстоит проделать серьезную работу для выхода на те объемы производства овощей, картофеля и плодов, которые нужны для обеспечения качественным продовольствием, витаминной продукцией нашего населения».

«Совместное проведение выставок в этом году позволило увеличить число компаний в рамках выставочной экспозиции на 68%, что в итоге отразилось на росте числа посетителей более чем на 30% по сравнению с прошлым годом», — отметил генеральный директор компании-организатора ООО «Агрос Экспо Групп» Геннадий Мындру. «В этом году значительно выросла международная экспозиция выставок, особенно из таких стран, как КНР, Белоруссия, Турция. С целью сохранения, укрепления и развития международных связей и создания в России отраслевой площадки мирового значения мы продолжим интенсивно работать как на традиционных рынках, так и с новыми партнерами в разных странах и на разных континентах», — поделился планами Геннадий Мындру.

Помимо заместителя председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ Алексея Гордеева, в церемонии открытия «АГРОС-2024» приняли участие генеральный директор Национального союза производителей молока Артём Белов, генеральный директор Национального союза свиноводов Юрий Ковалёв, генеральный директор Национального союза





производителей говядины Роман Костюк, генеральный директор Национального союза птицеводов Сергей Лахтюхов, генеральный директор АО «Росагролизинг» Павел Косов. Все участники церемонии заметили серьезный качественный и количественный рост «АГРОС-2024», широкий географический и отраслевой охват участников российского АПК, ее уникальную деловую атмосферу, сложившуюся буквально с первых часов работы выставки!

«Выставка «АГРОС-2024» в 2024 году совершила настоящий прорыв в развитии таких тематик, как «Генетика и оборудование для птицеводства и свиноводства», «Корма и ветеринария», «Оборудование для производства комбикормов и хранения зерна». Они увеличились в два раза и более. Разделы «Генетика и оборудование для молочного и мясного животноводства» и «Техника для кормопроизводства», с которых начиналась выставка, продолжили динамично развиваться», — рассказала новый руководитель проекта «АГРОС» Анастасия Панфилова.

Среди участников выставки официальный спонсор «АГРОС-2024» — компания «Русагро», генеральный партнер — ГК «МЕГАМИКС», партнеры разделов «Ветеринарные препараты, инструменты и оборудование» — ГК «ВИК», «Кормовые решения» — компания «Мустанг Технологии Кормления», «Оборудование для КРС и МРС» — компания «Агроферма», «Генетика в птицеводстве» — ООО «Баболна Тетра».

Все три выставочных дня на семи дискуссионных площадках выставки проводились деловые мероприятия. Ключевая тема деловой программы «АГРОС-2024» — «Повышение эффективности и конкурентоспособности предприятий АПК в существующих условиях». Спонсором зоны проведения деловой программы выступила компания ООО «Вет Юнион».



«Деловая программа «АГРОС» является примером успешной совместной работы организаторов выставки с профильными департаментами Минсельхоза, ведущими отраслевыми и научно-образовательными организациями страны и представителями аграрного бизнес-сообщества. В этом году было проведено 53 деловых мероприятий с участием 344 экспертов. Порядка 3300 посетителей выставки стали участниками деловых мероприятий», — с гордостью заявляет руководитель деловой программы Алмаз Орси́к.

Главным мероприятием стала панельная дискуссия «Животноводство в России. Возможности для технологического суверенитета», организованная компанией «Иннопрактика» и Национальной мясной ассоциацией. Модератором мероприятия выступил генеральный директор Национального союза производителей молока Артём Белов.

Большой интерес вызвали мероприятия, организованные Департаментом ветеринарии Минсельхоза России. Директор департамента Мария Новикова отметила важность выставки и высоко оценила значимость проведенных мероприятий, посвященных проблемам ветеринарии.

В третий день выставки, 26 января, проводился Федеральный фермерский форум (ФФФ) для представителей малого и среднего агробизнеса. В центре внимания были вопросы кооперации, кормления и ухода за животными и с/х птицей, темы развития пчеловодства и аквакультуры в условиях фермерских хозяйств. Важным мероприятием дня стал Всероссийский форум содействия развитию предпринимательства в сфере агропромышленного комплекса России «АгроСтарт: от идеи до успеха», организованный ассоциацией «Народный фермер», председатель совета которой Олег Сирота выступил модератором встречи и затронул важные вопросы, включая создание малых животноводческих ферм КРС и трансформацию мер поддержки в АПК.

После церемонии открытия «АГРОС-2024» состоялось награждение победителей конкурса «Лучшие на «АГРОС»». С каждым годом конкурс набирает всё большую популярность среди участников выставки: 120 заявок в этом году — абсолютный рекорд! По результатам оценки независимого экспертного жюри Гран-при получили 32 продукта.

В официальной церемонии открытия выставки «Картофель и овощи Агротех» принимали участие председатель Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам академик РАН, РАСХН Владимир Кашин, первый заместитель генерального директора АО «Росагролизинг» Александр Сучков, генеральный директор АО «Щёлково Агротех» Салис Каракотов, руководитель аппарата Картофельного союза Татьяна Губина,





генеральный директор ООО «Агрос Экспо Групп» Геннадий Мындру. Все участники церемонии открытия отметили уникальность выставки и выразили надежду, что первая международная выставка, посвященная производству и переработке овощей, станет традиционной отраслевой площадкой и местом встречи и обмена опытом профессионалов отрасли.

Генеральным партнером выставки «Картофель и овощи Агротех» стал Картофельный союз. Генеральный спонсор выставки — компания АО «Щёлково Агрохим». Официальный банк-партнер — ПАО «Сбербанк».

«Картофель и овощи Агротех» — первая в России выставка, отражающая полный цикл от выбора семенного материала, СЗР, удобрений, техники и оборудования для производства, первичной обработки и хранения, а также решений для глубокой переработки картофеля и овощей до сбыта готовой продукции», — отмечает руководитель выставки Сергей Журавлев. «86 компаний в рамках выставочной экспозиции первой выставки и более 8000 посетителей — это впечатляющий результат, подтверждающий правильность выбранной концепции», — добавил Сергей Журавлев.

Экспозиции современных селекционных, технических и технологических решений выставки «Картофель и овощи Агротех» дополнялись обсуждением самых важных вопросов отрасли в рамках 27 деловых мероприятий с выступлениями 230 экспертов отрасли. Партнерами по организации мероприятий деловой программы выступили ведущие отраслевые союзы, ассоциации, научно-исследовательские центры и образовательные учреждения, надзорные ведомства и другие авторитетные организации и компании.

Главным мероприятием деловой программы стало пленарное заседание «Стратегия развития отрасли картофелеводства и овощеводства», в работе которого принял участие председатель Комитета Госдумы по аграрным вопросам академик РАН Владимир Кашин. Особой точкой притяжения на выставке стал «Картофельный дом», организованный Картофельным союзом — генеральным партнером выставки. Для многочисленных посетителей выставки здесь была организована специальная дегустационная зона сортов картофеля и овощей российской селекции, проводились презентации книжных новинок о картофеле и кулинарии, а шеф-повара Международного альянса профессиональных кулинаров проводили мастер-классы по приготовлению разнообразных блюд из картофеля и овощей.

Большой интерес профессионалов отрасли вызвал круглый стол на тему «Торговые сети: взаимодействие в новом формате торговли», в ходе которого обсуждались проблемы изменения потребностей современного покупателя, как избежать «качелей» перепроизводства

и дефицита картофеля и овощей и многое другое. В этот день работала «Биржа контактов с торговыми сетями», в которой приняли участие 26 представителей известных торговых сетей.

26 января на площадке «Картофель и овощи Агротех» собрались представители хозяйств малых и средних форм собственности на Федеральный фермерский форум. В рамках форума проводились тематические круглые столы, посвященные особенностям ведения агробизнеса в разных отраслях сельского хозяйства, а также вопросам кооперации.

Подводя итог работы выставок «АГРОС-2024» и «Картофель и овощи Агротех», следует отметить высокую востребованность как у руководителей, так и у специалистов аграрных компаний, деятельность подобных отраслевых дискуссионных площадок для обмена информацией и опытом со специалистами отрасли, партнерами и конкурентами. «АГРОС» уже не первый год является уникальной выставочной платформой для демонстрации разработок широкой профессиональной аудитории из разных регионов России и стран ближнего и дальнего зарубежья. Успешный запуск выставки, посвященной отраслям картофелеводства и овощеводства, стал хорошим стимулом для дальнейшего развития и этого направления.

Для удобства участников и посетителей выставок было разработано мобильное приложение, в котором гости могли найти всю необходимую информацию по выставке, участникам и мероприятиям деловой программы.

До новых встреч 22–24 января 2025 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо»!

Официальные сайты выставок:
www.agros-expo.com
www.potato-horti.ru

Ссылки на фото:



<https://disk.yandex.ru/d/AKmYQ43RB88vow>



<https://disk.yandex.ru/d/IVQktU1s6Rwrfw>

На правах рекламы

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТRENDS, NOVIKI

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПАНИИ «СИНГЕНТА» ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР. АЛГОРИТМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ

Сельское хозяйство в нашей стране активно развивается: российская селекция демонстрирует новые интенсивные высокоурожайные и ценные сорта зерновых культур, совершенствуется технология возделывания, активно используются различные удобрения и средства защиты растений (СЗР). Потенциал зерновых очень сильно зависит от погоды, и получать высокие урожаи возможно, только используя комплексную технологию ухода за посевами, способную дать результат в любых природно-климатических условиях.

Предлагаем вашему вниманию серию статей, в которых разберем важные элементы технологии защиты зерновых. Первая посвящена защите колосовых по вегетации от грибных болезней, реализации потенциала продуктивности и качества сорта.

В перечне разрешенных для применения на пшенице и ячмене фунгицидов очень много наименований, и разобраться довольно сложно. Если ваша цель — понять, как и когда лучше применить фунгицид, предлагаем изучить вопрос на примере препаратов «Сингенты».

В ассортименте компании представлены 10 фунгицидов с действующими веществами из нескольких химических групп, позволяющих максимально реализовать потенциал посева колосовых. Для начала определим критерии выбора препарата. В качестве ориентира выберем четыре основных параметра: критические фазы вегетации, целевой объект обработки, потенциал посева и погодные условия.

Фазы вегетации культуры

В современной технологии выращивания зерновых культур все базовые технологические операции по применению средств защиты приурочены к определенным фазам развития культуры. Так сложилось исторически, что на поле выходят с фунгицидными обработками в три периода развития колосовых — Т1, Т2 и Т3: Т1 — фазы конца кущения — начала выхода в трубку (ВВСН 29–32), Т2 — выход флагового листа (ВВСН 37–39), Т3 — начало — середина цветения (ВВСН 61–65). В первые два периода фунгицид может защитить стебли и листья от грибных патогенов, в цветение же обработка нужна прежде всего для защиты колоса, а также листового полога растения.

Цель применения фунгицида

Все современные фунгициды, применяемые на зерновых, можно условно разделить на две группы — фунгициды с физиологическим действием на растение и фунгициды без физиологического действия. К первой группе относятся смесевые препараты, которые содержат химические вещества из групп стробилуринов и (или) карбоксамидов, ко второй — соответственно, все остальные химические группы (без двух обозначенных выше). Только у стробилуриносодержащих и карбоксамидсодержащих фунгицидов есть доказанное физиологическое действие на растение, то есть отдачу от обработки можно получить даже в условиях слабого развития грибных болезней.

Вывод: все фунгициды для зерновых культур делятся на две группы — с физиологическим действием на растение и без него.

Сколько раз нужно применить фунгицид в поле

Потенциал посева и его влагообеспечение зачастую определяют кратность обработок фунгицидами.

В полях с потенциалом стеблей менее 300 шт. на 1 кв. м, как правило, может быть вспышка ржавчины или пиренофороза на пшенице и пятнистостей на ячмене. Здесь важно быть готовыми применить лечебный фунгицид либо по ЭПВ, либо ближе к фазе «флаговый лист — колошение». Известны случаи, когда урожай поля с потенциалом 20 ц/га бурая ржавчина сокращала в четыре-пять раз только из-за отсутствия фунгицида.

В посевах, где на 1 кв. м 300–400 стеблей пшеницы или ячменя, фунгициды применяются однократно. В таких полях обработку проводят, когда сформированы все листья, в фазу «флаговый лист — начало колошения». Эта рекомендация важна для зон с нормальной и избыточной влагообеспеченностью в течение всего периода развития культуры. В зонах с недостатком влагообеспечения или неустойчивого увлажнения однократную фунгицидную обработку лучше сместить на фазу Т1 (конец кущения — начало выхода в трубку) и использовать физиологический препарат на основе стробилуринов и карбоксамидов.

Там, где зерновая культура в весенне-летний сезон получает более 350 мм влаги, рисков развития грибных заболеваний больше. При потенциале стеблестоя 300–700 шт. на 1 кв. м рентабельные и фитосанитарно оправданные двукратные фунгицидные обработки, а решить, какой препарат выбрать и в какую фазу применить, помогут шесть погодных ситуаций (табл. 2). Если потенциал посева выше 700 стеблей/м², поле расположено в зоне высокого влагообеспечения, важно получить высокий урожай хорошего качества, необходимо использовать три прохода опрыскивателя либо обойтись двумя, но встраивать в систему обработок фунгициды на основе стробилуринов или карбоксамидов, которые могут обеспечить более длительный и качественный период защиты.

Схемы применения фунгицидных решений представлены в таблице 3.

Вывод: стеблестой и влагообеспечение посева колосовых определяют кратность применения фунгицидов.

Какой фунгицид выбрать и почему

Если нужно быстро вылечить растения, эффективнее будет обычный фунгицид без физиологического эффекта на основе системных триазолов и (или) аминов. Результат работы препарата можно увидеть уже через неделю, и на 14–21 день посев будет защищен.

В ассортименте «Сингенты» есть три подобных фунгицида — два из линейки АЛЪТО® (АЛЪТО® Супер и АЛЪТО® Турбо) и ТИЛТ® Турбо.

Разобраться в том, какой из них выбрать, поможет следующий алгоритм:

- требуется лечебная обработка озимой пшеницы и ячменя в ранневесенний период (холодная погода с

температурами от +6 до +12 °С) — самым эффективным будет фунгицид ТИЛТ® Турбо;

- задача — лечить озимые и яровые пшеницу, ячмень, а также овес, озимую рожь или тритикале с применением фунгицида как в раннюю фазу вегетации, так и по флаговому листу при температуре от +13 °С и выше — однозначно АЛТО® Супер;

- если в тех же температурных условиях (+13 °С и выше) необходимо предупредить высокое развитие грибных болезней озимых, яровых пшеницы и ячменя, а также при опоздании с лечением этих культур, лучшим будет фунгицид АЛТО® Турбо;

- для защиты от колосовых заболеваний, ржавчин и листовых пятнистостей во второй период вегетации колосовых рекомендуется применять фунгицид МАГНЕЛЛО®. Данный препарат создан для профилактической защиты зерновых от фузариоза и других грибных болезней колоса. Его необходимо применить в фазу «начало — середина цветения» (ВВСН 61–65).

Если цели защиты колосовых — получение более длительного периода защиты культуры, снижение проходов техники по полям, уменьшение химической нагрузки на экосистему, а также реализация максимального потенциала растения, следует обратить внимание на фунгициды с физиологическим действием. В таких препаратах всегда есть триазольный компонент, который быстро останавливает имеющуюся на момент обработки грибную инфекцию, а стробилурин/карбоксамид обеспечивает более длительный период защиты растений (30–50 дней) по сравнению со всеми другими фунгицидами.

Применительно к фазам роста и развития культуры в портфеле «Сингенты» физиологические фунгициды распределяются примерно так:

1. В Т1 (конец кущения — начало трубкования) лучше всего себя показывают два препарата — АМИСТАР® Экстра (фунгицид на основе стробилурина технологии АМИСТАР® и быстрого триазола) и МИРАВИС® Нео (фунгицид-новинка на основе двух физиологических компонентов, технологии АДЕПИДИН® и АМИСТАР®, а также быстрого лечебного триазола). Физиологические фунгициды в первую обработку (Т1) способны помочь посеву лучше усвоить азотные подкормки, обеспечат более длительную и надежную защиту растений от листостебельных грибных заболеваний.

2. В Т2 (флаговый лист) можно обеспечить долгую защиту уже сформированных листьев линейкой фунгицидов на основе технологии СОЛАТЕНОЛ® (ЭЛАТУС® Эйс и ЭЛАТУС® Риа), а также технологии АДЕПИДИН® и АМИСТАР® (МИРАВИС® Нео). Эти три продукта обладают высокой эффективностью против всех основных листовых болезней зерновых. В отсутствие массовых заболеваний в фазу «кущение — трубкование» достаточно однократной обработки одним из этих продуктов в «трубкование — флаговый лист». Карбоксамиды технологий СОЛАТЕНОЛ® и АДЕПИДИН® обеспечат самую длительную защиту листьев (35–50 дней) по сравнению с другими фунгицидами компании. Лучше сохранить урожай поможет и физиологическое влияние этих фунгицидов на растение, которое позволит ему более комфортно пережить стрессовые условия жары и засухи.

3. В Т3 (колошение — цветение) применение фунгицидов для защиты от колосовых инфекций должно быть максимально приближено к моменту заражения, но если цель — зайти в поле раньше, начиная с середины колошения (ВВСН 55), и (или) важна максимальная продолжительная защита от черного зародыша, черни колоса, то лучшим выбором будет специализированный колосовой

фунгицид на основе карбоксамиды МИРАВИС® Эйс. Эта новинка — надежный инструмент для защиты колоса зерновых культур от фузариозной, септориозной и других инфекций. Период защитного действия препарата за счет д. в. АДЕПИДИН® будет дольше, чем у стандартной триазольной защиты. Помимо фунгицидного действия, у МИРАВИС® Эйс есть и мощное физиологическое влияние на растение, позволяющее максимально реализовать потенциал сорта. В условиях высоких температур, которые сопровождают вторую половину вегетации колосовых, здоровый и зеленый листовой полог — залог получения высокого урожая с хорошим качеством зерна.

Алгоритмы применения фунгицидов на колосовых, разработанные компанией «Сингента»:

Таблица 1. Однократное применение фунгицидов на зерновых

Зоны с недостаточным влагообеспечением (осадки менее 300 мм за период весенне-летней вегетации)	Фазы развития		
	T1 (ВВСН 29–31)	T2 (ВВСН 34–39)	T3 (ВВСН 55–61)
Невысокая урожайность, экстенсивное производство, риск листовых болезней во вторую половину вегетации		АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо	
Здоровые посевы в первой половине вегетации. Нужно больше, чем просто лечить, важен физиологический отклик на обработку. Важна продолжительная защита листьев для полноценного налива зерна		ЭЛАТУС® Риа / ЭЛАТУС® Эйс / МИРАВИС® Нео	
Засушливые и жаркие условия, антистрессовое применение в основную фазу закладки урожая — применение физиологических фунгицидов в первую обработку	АМИСТАР® Экстра / ЭЛАТУС® Риа / МИРАВИС® Нео		

Таблица 2. Двукратное применение фунгицидов на зерновых

Назначение, условия	T1 (ВВСН 29–31)	T2 (ВВСН 34–39)	T3 (ВВСН 55–61)
Защита в начале и середине вегетации. Используют только лечебные фунгициды, экономят. Влажные весна и начало лета. Риск листовых болезней и ржавчин от кущения и до колоса	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо / ТИЛТ® Турбо	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо	
Лечебная защита культуры во флаговый лист и в колошение. Влажная и холодная весна. Пятнистости и ржавчины во второй половине вегетации, риски колосовых болезней		АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо	МАГНЕЛЛО®
Лечебная защита в первую обработку и применение физиологических фунгицидов по флагу. Влажная и теплая весна, жаркое и засушливое лето. Нужен долгий период защиты листьев — с Т2 и до уборки	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо / ТИЛТ® Турбо	ЭЛАТУС® Риа / ЭЛАТУС® Эйс / МИРАВИС® Нео	
Физиологическая отдача от защиты в первую обработку. Риски пятнистостей и ржавчин в фазу «флаговый лист — колошение». Без риска колосовых болезней	АМИСТАР® Экстра / МИРАВИС® Нео	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо / ЭЛАТУС® Эйс / ЭЛАТУС® Риа	
Нужна длительная защита в первую обработку, риск потерь стеблестоя от прикорневых гнилей, важны также защита колоса, качество и безопасность	АМИСТАР® Экстра / МИРАВИС® Нео		МАГНЕЛЛО® / МИРАВИС® Эйс
Используют физиологическую и сильную защиту семян. Чистый посев в кущение. Обработка проводится в середине фазы «трубкование — флаговый лист» и в цветение. Нужна отдача от физиологии в Т2, затем важно снять риски болезней колоса		ЭЛАТУС® Риа / ЭЛАТУС® Эйс / МИРАВИС® Нео	МАГНЕЛЛО®

Таблица 3. Трехкратное применение фунгицидов на зерновых

Применение	Условия	T1 (ВВСН 29–31)	T2 (ВВСН 34–39)	T3 (ВВСН 55–61)
1	В защите используют только триазолы и (или) амины. Плотный стеблестой, максимальный потенциал урожая. Высокий прессинг болезней в течение всего сезона + экспорт	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо / ТИЛТ® Турбо	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо	МАГНЕЛЛО®
2	Лечебная первая обработка, плотный стеблестой и высокий риск болезней по всей вегетации. Используют физиологические фунгициды в фазу «флаговый лист». Защищают колос по необходимости (осадки)	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо / ТИЛТ® Турбо	ЭЛАТУС® Риа / ЭЛАТУС® Эйс / МИРАВИС® Нео	МАГНЕЛЛО®
3	Используют физиологические фунгициды в начале вегетации культуры. Риски пятнистостей и ржавчин во второй половине вегетации, высокий риск колосовых болезней	АМИСТАР® Экстра / МИРАВИС® Нео	АЛТО® Супер / АЛТО® Турбо	МАГНЕЛЛО® / МИРАВИС® Эйс

С. И. Некрасов,
Н. А. Некрасова

АНАЛИЗ БАРЬЕРОВ И ОГРАНИЧЕНИЙ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Внедрение инновационных цифровых технологий, включая блокчейн, имеет ключевое значение для совершенствования бизнес-процессов в различных секторах экономики. Агропромышленный комплекс (АПК), представляющий собой одну из основополагающих отраслей народного хозяйства России, не является исключением в этом плане.

Технологии распределенного реестра обладают значительным потенциалом для улучшения качества управления цепочками поставок продовольствия и сельскохозяйственной продукции, повышения прозрачности рынков и эффективности взаимодействия участников рынка.

Однако, несмотря на очевидные перспективы цифровизации отрасли, степень практического применения блокчейна в АПК остается крайне низкой. Это обусловлено наличием ряда серьезных барьеров и ограничений технологического, юридического и организационного характера.

Цель данного исследования — всесторонний анализ имеющихся препятствий для внедрения блокчейна в сельскохозяйственном секторе экономики и выработку рекомендаций по их преодолению [2–5].

Исследование строится на всестороннем и многоаспектном подходе к анализу феномена, предполагающего изучение барьеров внедрения блокчейна на основе комплекса вспомогательных методик. В качестве первичных источников данных выступили отечественные и зарубежные научные публикации по теме, посвященные ключевым вопросам применения распределенных технологий в сельском хозяйстве. Были проанализированы результаты исследований ведущих экспертов в области цифровизации АПК, оценивающих перспективы и угрозы внедрения инноваций. Данные

вторичных источников легли в основу выявления технологических трудностей, связанных с недостаточной готовностью инфраструктуры и низкой квалификацией кадров.

Были проведены экспертные интервью с руководителями ведущих агрокомпаний и IT-компаний для оценки основных юридических и организационных барьеров внедрения, включая наличие пробелов в законодательстве.

Полученные данные обрабатывались с помощью статистических методов для количественной оценки значимости различных факторов. С помощью математического моделирования и экспертных оценок была дана оценка временных и финансовых затрат на преодоление ключевых препятствий.

Обработка первичных эмпирических данных показала, что наиболее сдерживающим фактором распространения блокчейна в АПК являются технологические сложности, на которые пришлось 58% от общего числа выявленных барьеров [1]. Эксперты оценили уровень развития цифровой инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий в 2,7 балла по пятибалльной шкале, отметив низкую доступность высокоскоростного интернета и слабую компьютеризацию производственных процессов [3].

Следующей по значимости группой факторов (25%) стали юридические неопределенности, включая



отсутствие единой правовой базы регулирования блокчейн-технологий и признания электронных документов на базе распределенных реестров [4].

Организационные барьеры, такие как низкий уровень осведомленности руководителей предприятий о возможностях инноваций и слабое межведомственное взаимодействие, составили 17% от общего числа выявленных факторов [5].

Моделирование показало, что для преодоления основных технологических и правовых барьеров потребуется 3–5 лет при средних однократных затратах в размере 15,4 млн рублей на одно среднее сельскохозяйственное предприятие. Эффект в виде роста доходности и повышения конкурентоспособности ожидается не ранее чем через 7–10 лет.

С целью более детальной характеристики ключевых проблем внедрения блокчейна в АПК были проанализированы данные по каждому из выявленных барьеров в динамике за 2020–2022 гг. Технологические сложности в 2020 г. оценивались на уровне 68,5% от общего числа. По итогам 2021 г. этот показатель незначительно снизился (до 64,3%) за счет роста инвестиций в цифровизацию и развитие сетевой инфраструктуры. В 2022 году доля технологических барьеров составила 61,2% [6].

Юридическая неопределенность оставалась одним из ключевых препятствий, ее доля в 2020–2021 гг. колебалась в пределах 26–27%. В 2022 году этот показатель снизился до 23,5% благодаря принятию ряда нормативных актов [7–9].

Организационные факторы в 2021 г. увеличились с 5,7% в 2020 г. до 8,4% в связи с ухудшением экономической конъюнктуры. В 2022 году их вес снизился до 15,3% благодаря росту информированности бизнеса [10].

По итогам 2022 г. основная доля технологических барьеров пришлась на низкую компьютеризацию (35,7%), юридических — на отсутствие единой правовой базы (14,2%), организационных — на низкую осведомленность руководителей (8,1%).

Полученные результаты исследования свидетельствуют о необходимости комплексного подхода к преодолению имеющихся барьеров внедрения блокчейна в АПК. Так, технологические трудности требуют дальнейшего наращивания инфраструктурных мощностей и цифровизации сельскохозяйственных предприятий,

что предполагает значительные капиталовложения со стороны государства и бизнеса.

В то же время юридические пробелы целесообразно устранить путем разработки и утверждения единого законодательного акта по регулированию отношений на рынке блокчейн-сервисов, закрепляющего правовой статус электронных документооборота и цифровых подписей.

Что касается организационных факторов, то здесь необходимо активизировать просветительскую работу, направленную на формирование понимания перспектив цифровых инноваций у руководителей агрофирм.

В качестве наиболее эффективного решения можно рассмотреть создание государственно-частного центра компетенций по блокчейну, координирующего усилия всех заинтересованных сторон. При условии комплексного взаимодействия государства, бизнеса и научного сообщества представляется вполне возможным к 2025 г. существенно снизить влияние ключевых барьеров на уровне 50–60%.

Таким образом, проведенное исследование позволило всесторонне проанализировать основные барьеры внедрения блокчейн-технологий в агропромышленный комплекс и дать их количественную оценку на основе статистических данных и экспертных оценок. Была показана динамика изменения удельного веса технологических, юридических и организационных факторов с 2020 по 2022 г.

На основании результатов исследования можно сделать вывод о необходимости комплексного подхода к преодолению наиболее значимых барьеров путем совершенствования нормативно-правовой базы, наращивания инфраструктурного и кадрового потенциала, повышения осведомленности бизнес-сообщества о преимуществах цифровых технологий. Реализация предложенных мер позволит существенно активизировать процессы внедрения блокчейна в АПК и вывести его на качественно новый уровень цифровизации в ближайшие 3–5 лет.

*Панина О. В., доцент кафедры государственного и муниципального управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации
OVPanina@fa.ru
Трейс Метью
Общественный университет Италии, Милан
mattew@lunivno.it*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Ильина А.А., Кудряшов А.А. Модель цифровой платформы АПК // Экономика, предпринимательство и право. 2020; 1: 99–108.
- Исайченкова В.В. Формирование эффективных промышленно-производственных кластеров в условиях цифровизации // Экономические отношения. 2019; 3: 1879–1890.
- Лясников Н.В. Цифровой аграрный сектор России: обзор прорывных технологий четвертого технологического уклада // Продовольственная политика и безопасность. 2018; 4: 169–182.
- Окенова А.О. Цифровизация сельского хозяйства в Кыргызской Республике // Экономические отношения. 2019; 1: 97–106.
- Солдаткина О.В. Значение цифровизации в управлении предприятиями агропромышленного комплекса России // Государственная служба. 2022; 21: 3: 75–79.
- Староверова И.В., Вартанова М.Л. Почему аграрному производству РФ недоступны плоды научно-технического интеллекта? // Теневая экономика. 2022; 3: 115–124.
- Тагиев И.Н., Сафарова С.И., Кулиева К.С. Развитие информационных технологий в XXI веке и проблемы образования в информационном обществе // Наука, техника и образование. 2022; 2(85): 33–37.
- Удальцова Н.Л. Цифровизация экономических процессов в контексте промышленной революции 4.0 // Креативная экономика. 2022; 1: 49–62.
- Шаронин П.Н., Кайманова А.И. Интернет вещей: современная информационная среда цифровой экономики // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2021; 1: 63–70.
- Эдер А.В. Информационные технологии в АПК: импортозамещение, экономические вызовы и технологические альтернативы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022; 84: 2(92): 387–393.
- Юрьева А.А. Развитие региональной социально-экономической политики в контексте формирования конкурентоспособных межрегиональных кластеров // Экономика и социум: современные модели развития. 2019; 1(23): 38–50.
- Ярошенко С.Г., Красноплахтич М.В. Цифровизация зерновых кластеров: тенденции и основные задачи // Цифровые технологии в экономике и промышленности: сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург. 2019; 456–460.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ БЛОКЧЕЙНА В АГРАРНЫЙ СЕКТОР

Развитие цифровых технологий, в частности распределенной базы данных блокчейна, имеет значительный потенциал для трансформации аграрного сектора экономики. Однако внедрение таких инноваций сопряжено с целым комплексом экономических вызовов, связанных с необходимостью коренной модернизации систем управления и контроля в отрасли. По оценкам экспертов, уже к 2030 году объем рынка цифровых аграрных решений достигнет 16,1 млрд долларов [1].

Одним из наиболее перспективных направлений использования блокчейн-технологии в сельском хозяйстве является создание прозрачной системы отслеживания всего цикла производства и сбыта продукции от производителя до конечного потребителя [2–5]. Подобное решение позволит решить ряд ключевых задач, включая обеспечение продовольственной безопасности и качества продуктов питания, борьбу с фальсификацией, а также повышение эффективности взаимодействия всех участников аграрного рынка [6].

Что касается экономических аспектов, то внедрение блокчейна в аграрный сектор может привести к существенному снижению издержек за счет исключения ряда посредников, оптимизации логистических процессов и автоматизации учета. По данным исследования компании IBM, использование распределенной базы данных блокчейна в сфере прослеживаемости продовольственных товаров может сократить затраты участников рынка на 3% от общего объема продаж [7].

Исследование экономических аспектов внедрения блокчейн-технологии в аграрный сектор осуществлялось на базе комплексного анализа имеющегося научного опыта и статистических данных. В процессе изучения проблематики были проанализированы результаты предыдущих исследований, касающихся вопросов цифровизации сельского хозяйства и логистических цепочек, а также конкретных примеров реализации проектов на основе блокчейна в данной сфере.

Особое внимание уделялось отчетам международных организаций по вопросам развития агропромышленного комплекса и перспектив внедрения инновационных технологий. В частности, были проанализированы материалы Организации Объединенных Наций по вопросам продовольственной безопасности, а также данные Всемирного банка о тенденциях в сфере цифровизации сельского хозяйства.

Проводился анализ статистической отчетности по состоянию и перспективам развития агропромышленного комплекса России. Особое внимание уделялось показателям производительности и рентабельности сельского хозяйства, уровню цифровизации отрасли и доле инновационной продукции в общем объеме выручки.

Для оценки потенциальных экономических эффектов были проанализированы результаты исследований ведущих международных компаний в сфере цифровых технологий, таких как IBM, Microsoft и SAP. На их основе осуществлялась оценка объемов возможной экономии от внедрения блокчейн-технологии на различных этапах цепочки поставок продовольственных товаров.

Полученные в рамках исследования данные свидетельствуют о значительном потенциале применения блокчейн-технологии в аграрном секторе для достижения экономических эффектов. Так, согласно оценкам экспертов компании IBM [3], внедрение распределен-

ной базы данных между участниками цепочки поставок зерновых культур может привести к сокращению издержек на 7,4% (или 16,5 млн долларов) в год для среднего предприятия данного сектора.

Аналогичные подсчеты для цепочек поставок молока и молочных продуктов дают оценку экономии издержек в размере до 10% [2] от общей стоимости продукции. Это эквивалентно сумме в 60 млн долларов для крупнейших европейских компаний отрасли в год. При этом наибольший эффект достигается за счет оптимизации логистических процессов и сокращения излишнего запаса товаров [5].

В то же время, по оценкам российских ученых [4], внедрение технологий, в том числе блокчейна, в отрасль животноводства позволит повысить рентабельность предприятий на 15–20% по сравнению с традиционными методами ведения хозяйства. Это подтверждается международным опытом, где использование цифровых систем в учете поголовья скота [6] и контроле качества продукции [7] уже дало снижение издержек на уровне 5–8%.

Далее был проведен анализ макроэкономических показателей развития агропромышленного комплекса России за последние пять лет с целью оценки перспектив внедрения блокчейн-технологии.

В 2019 году общий объем произведенной сельскохозяйственной продукции составил 3,1 трлн рублей. При этом доля цифровых технологий во внутренних затратах предприятий не превышала 5%. В 2020 году наблюдался рост показателя до 3,3 трлн рублей благодаря господдержке отрасли. Однако цифровизация оставалась на прежнем уровне [3].

В 2021 году объем производства увеличился до 3,6 трлн рублей. Началась реализация пилотных проектов по внедрению блокчейна, охвативших 0,5% предприятий. В 2022 году ожидается дальнейший рост — до 3,9 трлн рублей. Планируется расширение тестирования блокчейн-технологии на 5% фермерских хозяйств [5].

За весь 2023 г. — 4,2 трлн рублей и покрытие блокчейном 10% рынка с/х продукции за счет снижения издержек на 7–15% [6].

Полученные результаты исследования позволяют сделать ряд важных выводов касательно перспектив применения блокчейн-технологии в аграрном секторе экономики. Во-первых, анализ международного опыта однозначно демонстрирует высокий потенциал данной технологии для существенной оптимизации логистических процессов и снижения издержек на всех этапах цепочки поставок сельхозпродукции. Экономия может составлять от 5 до 30% в зависимости от направления деятельности. Во-вторых, прогнозируемый рынок цифровых решений для сельского хозяйства к 2030 г. составит около 16 трлн долларов. Это свидетельствует о высокой коммерческой привлекательности инновационных подходов.



Необходимо подчеркнуть важность применения блокчейна для повышения прозрачности рынков сельхозпродукции и обеспечения продовольственной безопасности населения. Технология позволит отслеживать качество и параметры продовольствия на каждом этапе производства и сбыта. Внедрение цифровых инструментов, включая блокчейн, является ключом к повышению эффективности и конкурентоспособности российского АПК на мировом уровне. Это особенно актуально в условиях санкционного давления.

Тем не менее необходим комплексный подход к реализации таких проектов, включающий изучение всех аспектов — от технической составляющей до экономических и правовых вопросов. Это позволит максимально укрепить позиции отечественного сельского хозяйства.

Проведенное комплексное исследование позволило проанализировать перспективы применения блокчейн-технологии в аграрном секторе российской экономики и оценить ее влияние на ключевые макроэкономические показатели отрасли. На основании изучения имеющегося в настоящее время опыта внедрения

данных инноваций в зарубежных странах удалось установить возможность снижения издержек участников аграрного рынка на 5–30% за счет оптимизации процессов документооборота, логистики и контроля качества с использованием распределенной базы данных.

Прогнозируемые темпы развития российского АПК в сочетании с перспективами рынка цифровых технологий в агропромышленном комплексе позволяют сделать вывод о необходимости активизации работ по внедрению пилотных проектов на основе блокчейна уже в 2022–2023 г. с охватом 5–10% предприятий. Это приведет к существенному (на 7–15%) снижению издержек производства и повышению конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и мировом рынках, а также обеспечит прозрачность бизнес-процессов и качества продовольствия.

*Красюкова Н. Л., профессор кафедры государственного и муниципального управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации
SGEremin@fa.ru
Грейс Метью
Общественный университет Италии, Милан
mattew@ltuniv.it*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буклагин Д.С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством // Международный научно-исследовательский журнал. 2021; 2(104): 136–144.
2. Головина Л.А., Кислицкий М., Логачева О.В. Специфика взаимодействия организаций основных отраслей АПК при ускорении цифровизации // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2021; 2: 49–60.
3. Горбунова О.С. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2022; 4: 67–72.
4. Колесников А.А. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: региональный аспект / А.А. Колесников, О.А. Колесникова // АПК: экономика, управление. 2022; 5: 20–28.
5. Мельникова К.М. Цифровизация сельского хозяйства // Научный журнал молодых ученых. 2022; 1(26): 111–114.
6. Оборин М.С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве // АВУ. 2023; 5(220): 89–94.
7. Павличенко А.А., Цветкова Л.А., Горюнова Л.А. Особенности цифровой трансформации малых предприятий агропромышленного комплекса России в современных условиях // Московский экономический журнал. 2022; 1: 54–60.
8. Рябков Г.О., Хомякова М.А. Электроэнергетика в мире цифровых технологий: вопросы правового регулирования // Аграрное образование и наука. 2021; 1: 8.
9. Салтанова Т.А., Митина И.А. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса российской экономики // Вестник РГЭУ РИНХ. 2022; 1(77): 70–76.
10. Сухарев В.В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: мировой опыт и российские перспективы / В.В. Сухарев, А.В. Ксенофонтов // АПК: экономика, управление. 2022; 3: 12–20.
11. Тагиев И.Н., Сафарова С.И., Кулиева К.С. Развитие информационных технологий в XXI веке и проблемы образования в информационном обществе // Наука, техника и образование. 2022; 2(85): 33–37.
12. Эдер А.В. Информационные технологии в АПК: импортозамещение, экономические вызовы и технологические альтернативы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022; 84: 2(92): 387–393.

РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ВЕТЕРИНАРНЫХ ВРАЧЕЙ 85 ЛЕТ И 4 ГОСУДАРСТВА: РАБОТА НА БЛАГО НАРОДА

Алиев А.А.¹, Андреев Ю.А.², Дресвянникова С.Г.^{1, 3}, Шарпило В.Г.¹

¹ГБУ Санкт-Петербургская городская станция по борьбе с болезнями животных

²Управление ветеринарии Санкт-Петербурга

³Донской государственный технический университет

Почти 180 лет тому назад, в 1845 году, в системе Министерства внутренних дел были установлены звания «ветеринар» (ветеринарный врач) и «ветеринарный помощник», а также ученая степень для данной специальности — магистр ветеринарных наук. 1852 год — издан Закон «Об учреждении комитетов общественного здоровья» в губерниях и краях России. Эти комитеты также занимались вопросами предохранения населения от заражения зооантропонозами.



Фото. Архив ветеринарных наук

Всего же за время царствования Николая I, по данным МВД, в 1837 г., 1844–1845 гг., 1847–1849 гг. и 1852 г. в Российской империи от эпизоотических болезней (преимущественно от чумы крупного рогатого скота и сибирской язвы) пали более 3,6 млн голов крупного и мелкого рогатого скота и лошадей. По данным Министерства государственных имуществ, за 1844–1848 гг. пали 3 млн домашних животных, а по сведениям Министерства уделов, в 1833–1840 гг., 1842–1846 гг., 1852–1860 гг. погибли до 300 тыс. голов сельскохозяйственных животных разных видов. В отчетах МВД за 1841 г. указывалось, что экономический ущерб от падежа только за тот год составил 1 млн рублей, по данным Министерства госимуществ за 1848 г., сумма ущерба от эпизоотий исчислялась в размере 1,7 млн рублей, а за 1849 г. — 3,2 млн рублей.

В 1843 г. чиновники МВД отмечали, что «от чумы, сибирской язвы, воспаления легких, хромоты, оспы и коросты» в стране пали 50 585 голов разного скота. Эпизоотии происходили в 46 губерниях и областях России, включая столичную Санкт-Петербургскую губернию, причем «сибирская язва была особенно сильна».

Эпизоотическая ситуация того времени была критической. настолько критической, что даже русский поэт Н.А. Некрасов в поэме «Кому на Руси жить хорошо» (1863–1877) обратился к этой теме:

*Не то ли Вам рассказывать,
что дважды погорели мы,
что Бог сибирской язвою
нас трижды посетил.*

В одном из вариантов поэмы он коснулся падежа скота, в частности коровы и лошади, заразившихся, по-видимому, чумой. Причем особый интерес вызывает то, что повествование ведется от имени сельского ветеринарного врача. При всем уважении к великому поэту мы не будем приводить этот фрагмент полностью, хотя он интересен не только для специалистов по истории литературы, но и для ветеринарных специалистов тоже.

Конечно, неудовлетворительное состояние ветеринарного дела в Российской империи в первой половине XIX в. прекрасно осознавали не только поэты, но и члены ветеринарного сообщества. Поэтому 24 декабря 1846 г. в Санкт-Петербурге была основана первая в России профессиональная общественная организация ветеринаров — Санкт-Петербургское общество ветеринарных врачей. Создано оно было по инициативе преподавателей ветеринарного училища. В частности, идея создания общества принадлежала преподавателю артиллерийской коновальной школы Л.Ф. Буссе, по настоянию которого полковой ветеринар П.П. Иессен составил 1 ноября 1845 г. воззвание к коллегам. Это воззвание было написано на немецком языке, так как первоначально общество предполагалось назвать «Общество практических немецких ветеринарных врачей в С.-Петербурге». Однако в «Проекте учреждения Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге» (§ 1) говорилось, что участвовать в обществе могут не только немцы, работавшие в Санкт-Петербурге, но и другие ветеринарные врачи, знающие немецкий язык. Хотя общество и было создано в 1846 г., но его первый президент Е.И. Шитт был избран только 10 лет спустя — 22 февраля 1856 г.

Кроме уже упомянутых П.П. Иессена, Л.Ф. Буссе и Е.И. Шитта, основателями общества были Э.И. Лангербахен (1808–1872), И.С. Пашкевич (?–1871), Ф.И. Геппель (?–1848), А.И. Соколов (1820–?). Широкому кругу практических специалистов их имена, к сожалению, ничего не говорят, хотя они не заслуживают забвения.

Расскажем вкратце обо всех основателях общества.

Автором идеи создания общества был Людвиг Филиппович Буссе (1803–1874). Он родился в Пруссии, образование получил в Венском ветеринарном институте. По окончании был приглашен на службу в Польшу, где получил место в кавалерийском полку, а также заведовал школой кузнецов. В 1843 году перебрался в Петербург, где работал ветеринаром три года. С 1846 года работал в артиллерийской коновальной школе. В 1849 году был

Основатели Общества.



П. П. ИЕССЕНЪ.



Е. Н. ШИТЪ.



Ф. И. ГОННИМАНЪ.



И. С. ПАШКЕВИЧЪ.



Л. Ф. БУССЕ.



Э. Н. ЛАНГЕНБАХЕРЪ.



А. Н. СОКОЛОВЪ.

Основатели Общества.

Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»

переведен в Придворное ведомство Министерства императорского двора, где создал образцовую кузницу, которой не только заведовал 11 лет, но и преподавал в ней практическую ковку. В 1860 году вновь перешел в Военное ведомство. Около 2,5 лет состоял секретарем Общества ветеринарных врачей, а с 1862 г. стал его почетным членом. Людвиг Филиппович был одним из пионеров периодической ветеринарной литературы в России: в течение 18 лет, с 1853 г., издавал «Записки ветеринарной медицины». Одним из значительных издательских дел Л.Ф. Буссе было издание на русском языке зоотомического атласа Т. Лейзеринга (книга Т. Лейзеринга, М. Гартманна, А. Люнгвитца «Нога лошади: ее строение, функционирование и ковка» не потеряла актуальности и сегодня — издана в России в 1893 г., переиздана в 2012 г.).

Один из основателей общества Егор Иванович Шитт (1796–1864) тоже был немцем. Родился в Гольштинии, в 1818 г. окончил курс ветеринарных наук в Копенгагене. В том же году приехал в Россию и был определен ветеринарным врачом Новгородского конно-егерского полка, затем до самой смерти служил в Придворном ведомстве старшим ветеринаром. В 1848 году был назначен ветеринаром-консультантом при Управлении государственного коннозаводства и почти в то же время — исполняющим обязанности адъюнкт-профессора при ветеринарном отделении Петербургской медико-хирургической академии, где вел клинику, преподавал диагностику и оперативную хирургию. В 1863 году Харьковское ветеринарное училище избрало его членом-корреспондентом. В течение двух лет Егор Иванович был секретарем, а с 1856 г. до своей

смерти — председателем Общества ветеринарных врачей.

Одним из наиболее ярких членов общества «при учреждении и в первое время существования общества, несомненно, был душою и наиболее активным деятелем его» Пётр Петрович Иессен (1801–1875). (К слову, сын Петра Петровича — вице-адмирал Российского флота, начальник отдельного отряда крейсеров эскадры Тихого океана, владелец Мюльграбенской верфи, заключившей в 1913 г. контракт на постройку девяти эскадренных миноносцев типа «Новик».) В 1822 году Иессен окончил Ветеринарный институт при Копенгагенском университете. В следующем году был приглашен на службу в Россию, где определен ветеринаром новгородских военных поселений (военные поселения — детище императора Александра I, система организации войск в России в 1810–1857 гг., сочетавшая военную службу с занятием производительным трудом, прежде всего сельскохозяйственным), где служил в 1-й гренадерской дивизии графа А.А. Аракчеева. С 1827 года — в Санкт-Петербурге, после экзамена определен на службу в Придворную конюшню. По упразднении этой должности служил в Земледельческом институте, конно-гренадерском и лейб-гвардии конном полках. В 1844 году назначен членом специальной комиссии коннозаводства. В 1847 году избран в совещательные члены ветеринарной части Медицинского совета. Написал много книг о болезнях скота. В 1848 году назначен директором и профессором Ветеринарного училища в Дерпте. В этой должности он проработал 10 лет — до 1858 г. В том же году стал членом Высочайше учрежденного Комитета для наблюдения за прививанием чумы рогатого скота.

Председатели.



Е. Н. ШИГЕЛЬ.



И. Н. РАВИЧЪ.



Ф. Ф. ФИШЕРЪ.



А. С. ЖЕМАЛОВОЪ.



Ф. Ф. ФИШЕРЪ.



В. Е. БОРОНЦОВЪ.



Е. А. ВЕСТФАЛЕГЪ.



Н. Ф. КОЛЕСНИКОВЪ.



Н. П. ПЕШТИЧЪ.

Товарищи Председателя.

Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»

Он состоял также членом Комитета по улучшению ветеринарной части в империи, а затем совещательным членом Ветеринарного комитета, почетным членом которого стал позднее.

Пётр Петрович был секретарем Общества ветеринарных врачей в первый год его существования, в 1857 г. избран почетным членом, а с марта 1873 г. до кончины был почетным председателем общества. Разносторонняя, кипучая деятельность Петра Петровича (в особенности его выдающиеся работы по вопросу чумопрививания) создала ему громкое имя и глубокое уважение современников.

В 1839 году приехал в Россию и был определен в лейб-гвардии гусарский полк Эдуард Иванович Лангербахен (1808–1872). Вскоре после приезда в Россию ввиду прекрасного знакомства с ковкою он был приглашен преподавателем ковки в ветеринарное отделение Виленской медико-хирургической академии. Два года спустя перешел на такую же должность в Петербургскую академию, где преподавал до закрытия ветеринарного отделения (в 1883 г.). В течение трех лет состоял секретарем Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. Скончался, будучи в отставке, в 1887 г.

С 1840 по 1850 год издавался старейший в России ветеринарный орган — «Записки ветеринарной медицины и скотоводства». Его издателем был основатель общества Иосиф Степанович Пашкевич (?–1871). В 1842 году он окончил курс ветеринарного отделения Петербургской Императорской медико-хирургической академии, после чего был определен придворным ветеринарным врачом: сначала в штат наследника цесаревича Александра Николаевича, а затем императора Александра II.

Еще одним из основателей общества был Фёдор Иванович Геппель (?–1848). Он состоял ветеринарным врачом гвардейской берейтерской школы. 18 февраля

1848 года Фёдор Иванович был избран секретарем Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге, но недолго нес эту обязанность, так как 15 июня 1848 года скончался от холеры.

Единственным коренным петербуржцем среди основателей общества был Александр Иванович Соколов (1820–?), родившийся в столице в 1820 г. В 1845 году окончил курс на ветеринарном отделении Медико-хирургической академии. В том же году был определен окружным ветеринаром пахотных солдат Новгородского удела. В 1846 году переведен на вновь открывшуюся должность ветеринарного врача в С.-Петербургском жандармском дивизионе, на которой оставался до выхода в отставку (в 1892 г.). В 1884 году избран в число почетных членов общества, с марта 1859 г. состоял казначеем общества. В 1895 году, 12 сентября, общество чествовало 50-летие деятельности Александра Ивановича, опередившего 50-летний юбилей самого общества лишь на год.

В марте 1846 года основателями общества был представлен проект его устава министру внутренних дел графу Л.А. Перовскому. 24 октября 1846 года устав был утвержден, и этот день стал официальной датой создания общества.

Как уже можно было заметить, среди организаторов общества были в основном иностранцы. «Попав в страну, чуждую им по национальности, языку, нравам и обычаям, они не затерялись в ней, а сплотились вместе, чтобы поддерживать друг друга, чтобы оказывать друг другу помощь и словом, и делом» (Н.П. Пештич). Перебирая поименно всех учредителей, заметим, что четверо из них служили по придворному ведомству, двое были преподавателями в учебных заведениях, а остальные двое — военные ветеринары.

Следует отметить, что отношение членов общества к уставу было весьма принципиальным: за 50 лет было

Почетные Председатели.



С. А. ФРОЛОВЪ.



П. П. ИЕССЕНЪ.

Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»

принято три варианта устава. Цели создания общества в процессе его деятельности изменялись. В частности, цель, состоящая «в облегчении способов к размену мыслей о предметах ветеринарной медицины, в распространении и усовершенствовании самой ветеринарной науки преимущественно по части практической», со временем преобразовалась в «распространение современных сведений и обсуждение мер к улучшению ветеринарной части в России». А вот цель общества «в водворении взаимных приятных отношений между ветеринарными врачами столицы» оставалась неизменной.

Уставы были составлены с чисто немецкой тщательностью, если не сказать педантичностью. В них предусматривались ситуации на все случаи жизни. О том, кто может быть членом общества, о порядке входа, выхода и исключения из членов, о процедуре голосования и говорить не приходится. Но предусматривались и такие вопросы: по каким числам месяца проводятся заседания, время и место их проведения, порядок посещения заседаний, порядок составления протоколов и т. д. Был оговорен и порядок вынесения докладов для слушания на заседаниях. При этом, надо сказать, рассматривались на заседаниях вопросы не организационного плана (хотя и не без этого, иногда приходилось), но сугубо профессионального. Конечно, проблемы с распространением информации, как все понимают, в то время стояли гораздо острее, поэтому на заседаниях читались доклады по актуальной тематике с информацией о реально новых научных открытиях в области ветеринарной медицины, приводились уникальные для практической деятельности факты, почерпнутые в основном из зарубежных журналов. Иногда докладывалось и об интересных фактах из практики членов общества. Первоначально не только словесные, но и письменные сообщения

делались почти исключительно одними основателями общества, но в дальнейшем появились письменные доклады вновь вступающих действительных и почетных членов, а также членов-корреспондентов.

На протяжении всей деятельности общества между его членами шла постоянная дискуссия о направлениях работы. В определенные периоды времени члены общества приходили к выводу, что научный характер докладов превалирует над практическими примерами деятельности врачей. Периодически возникало недовольство отдельных членов общества тем, что резко упал научный уровень докладов и они стали просто информацией о неких частных случаях, с которыми врачи сталкивались в процессе практической деятельности.

Кроме обмена мыслями по различным вопросам, общество заботилось о собрании патологоанатомического материала, который представлял научный интерес. Хранили материалы на квартире одного из участников общества. Когда число экспонатов дошло до 85, хранить их стало неудобно. Общество провело переговоры с Медико-хирургической академией относительно помещения этих материалов в кабинетах ветеринарного отделения академии, а позднее передало их в собственность академии.

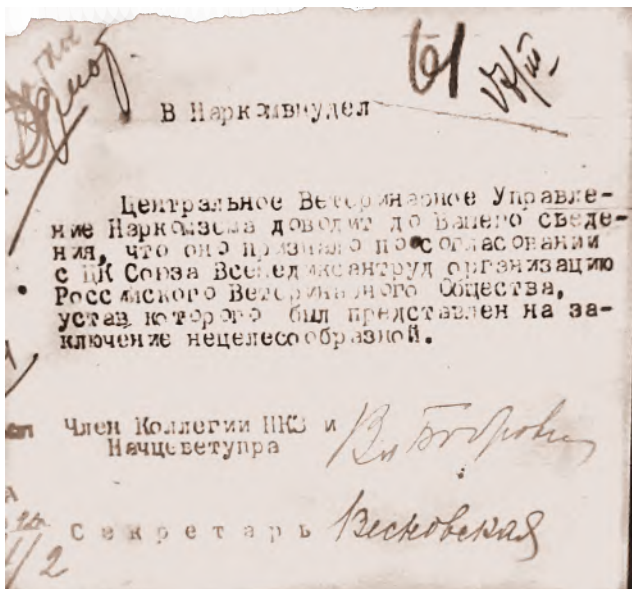
Просматривая списки учредителей и членов общества за первые годы его существования, отметим, что большинство из них либо были военными ветеринарными врачами, либо служили в свое время в армии. Это явно повлияло на тематику деятельности общества. Подавляющее большинство докладов связано с болезнями, травмами, патологиями лошадей. За первые три года деятельности общества этим вопросам посвящено несколько десятков докладов, несколько докладов — крупному рогатому скоту и только один — мелким домашним животным.

Из наиболее важных вопросов, представляющих общественно-ветеринарное значение, в первый период своей деятельности общество не раз (притом с большим вниманием) останавливалось на вопросах прививания от чумы рогатого скота. Вопрос этот неоднократно поднимал П.П. Иессен, который всегда высказывался за внимание к этой проблеме, но энергичную оппозицию он встречал сначала в лице академика В.В. Всеволодова, а впоследствии И.И. Равича и других, которые еще тогда настаивали на необходимости скорейшего обязательного убивания зараженных животных.

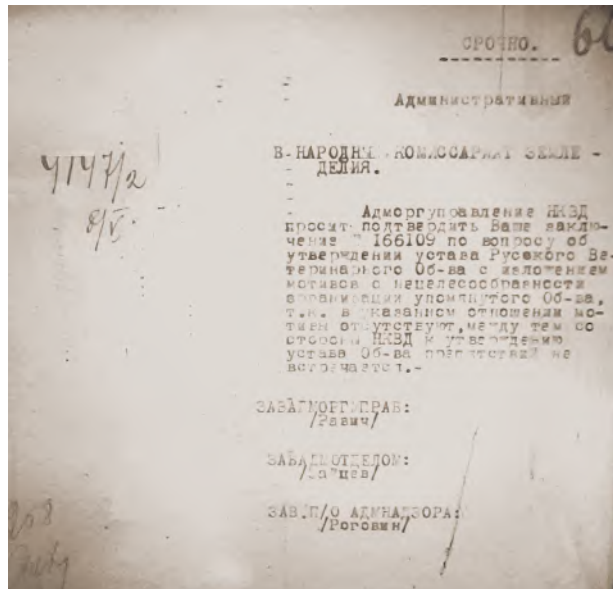
Доктор медицины, профессор ветеринарной науки в Императорской медико-хирургической академии Всеволод Иванович Всеволодов (1790–1863) стал одним из основоположников ветеринарной науки и образования в России. В основном труде «Курс скотоводства» (кн. 1–2, 1836–1837 г.) рассмотрел вопросы ветеринарии, зоотехнии и другие с позиций эволюции животного мира.

Его коллега Иосиф Ипполитович Равич (1822–1875) — русский ученый в области ветеринарии, один из организаторов ветеринарного образования в России; действительный статский советник, ординарный профессор Санкт-Петербургской медико-хирургической академии.

Наконец в начале 1860-х гг. внимание общества было обращено на распространение сапа в столице. Город (по ходатайству общества) был разделен на участки, в каждом из которых лошади были осмотрены ветеринарами, при этом были выделены больные сапом животные. Члены общества приняли самое деятельное и живое участие в этих мероприятиях.



Отказ Наркомзема в согласовании Общества ветеринарных врачей. Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»



Запрос НКВД в Наркомзем. Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»

В первые 19 лет своего существования (с 1846 по 1864 г.) Общество ветеринарных врачей представляло собою весьма небольшой, тесно сплоченный товарищеский кружок практических ветеринаров, по преимуществу иностранного происхождения, довольно ревниво оберегавших свое общество от вторжения в него новых членов. Именно поэтому и деятельность общества имела преимущественно практическо-казуистический характер. При этом с первого же заседания вплоть до осени 1862 г. журналы общества велись исключительно на немецком языке.

С избранием И.И. Равича президентом общества (был президентом с 15 октября 1864 г. по 16 января 1871 г.) произошли изменения в его деятельности. Поочередные заседания у каждого из членов, практиковавшихся на первом этапе деятельности, были отменены, а общество начало собираться в одной из аудиторий бывшего ветеринарного отделения Медико-хирургической академии. Кроме того, сам характер занятий стал иным. Если ранее доклады на заседаниях основывались на случаях, встречавшихся в практике того или иного члена общества (что делало тематику заседаний достаточно бессистемной, случайной), то И.И. Равич внес в деятельность общества известную систему, придал докладам, если можно так выразиться, более академический характер.

Менялся и кадровый состав общества. В 1865 году в него вступили 10 новых членов, то есть больше, чем оставалось после начального первого периода существования общества. В следующем году были избраны в члены еще пять человек, в 1867-м — восемь, в 1868-м — три, в 1869-м — два. Таким образом, за время председательства И.И. Равича число членов общества увеличилось на 28 человек.

Изменения в деятельности общества в период президентства И.И. Равича были весьма значительными. Общество по инициативе президента обратилось ко всем русским ветеринарам с просьбой предоставить сведения об эпизодах для составления обзора распространения и характера существовавших в то время в России эпизоотий. Заседания общества потеряли свой академический характер, не оставались без внимания чисто практические вопросы. В этот период времени



Печать Общества ветеринарных врачей. Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»

стало всё больше и больше уделяться времени общественно-ветеринарным вопросам. Под влиянием реформы ветеринарных институтов в профессию пришло много молодежи. Выпускные курсы взамен 8–9 (самое большее — 20) человек сразу выросли до 40–60 и более. Помимо того, в 70-х годах XIX века стали больше обращать внимания на постановку правительственной и земской ветеринарии, как следствие, увеличилось число специалистов, работавших на ветеринарном поприще. Одновременно с этим в жизни стали возникать вопросы общественно-ветеринарного характера, которые ранее имели для России чисто теоретическое значение. Всё это не могло не отразиться как на составе общества, так и на характере его деятельности. Состав общества хотя и не быстро, но рос: в 1871 г. было избрано четыре новых члена, в 1872-м — шесть, в 1873-м — три, в 1875-м — четыре. С 1876 по 1881 год включительно прибавились 15 новых членов. В 1882–1884 годах в общество вошли 25 новых членов.

Необходимо отметить, что в число членов общества вошли ветеринары, прикомандированные для усовершенствования (с 1879 по 1881 г.) к ветеринарному отделению Медико-хирургической академии и окончившие его, ввиду требований русско-турецкой войны (курс по ускоренному выпуску).

В 1885 году общество перенесло свои заседания в помещение Петербургской губернской земской управы. «Наиболее серьезными вопросами, обсуждавшимися

в течение этого периода в обществе, были: 1) разработка проекта положения о военно-ветеринарной части и военно-ветеринарных лазаретах; 2) о судебных сроках; 3) о способах уничтожения и уборки трупов; 4) об организации и правильной постановке конской переписи; 5) об усилении наказания за умышленное заражение скота; 6) об улучшении статистики заболеваемости и регистрации численности скота; 7) организация микроскопического осмотра убиваемых на бойне свиней; 8) развитие и улучшение способов доставки битого мяса в свежем виде; 9) лечение, прививание чумы рогатого скота и способы дезинфекции при ней; 10) изучение условий, благоприятствующих возникновению и развитию сибирской язвы на мариинской системе (Мариинская водная система — водный путь в России, соединяющий бассейн реки Волги с Балтийским морем) и в северных губерниях вообще, а равно о мерах к устранению этой эпизоотии; 11) о туберкулезном мясе и 12) о магистерском значке».

С 1885 по 1896 год общество обратило внимание на разработку многих ветеринарно-санитарных вопросов. Наибольший интерес вызвали следующие сообщения: «1) о характере температурных явлений при сапе; 2) о диагностическом значении бактериологических исследований при той же болезни; 3) о прививке маллеина (Х.И. Гельмана); 4) о разработке схемы браковки мясных туш на бойнях (Г.Л. Кравцова); 5) о туберкулезе и способах распознавания этой болезни, об актиномикозе, бешенстве, мыте и др.».

Некоторые из перечисленных вопросов, служивших предметом обсуждения общества, были возбуждены не только по его инициативе, но и вследствие обращения различных учреждений и даже частных лиц с просьбой разъяснить возникавшие вопросы из сферы ветеринарных науки и деятельности. Не чужды членам общества были и социальные проблемы, вызывавшие большой общественный резонанс. Так, Германом Францовичем Ундрицем, который, кроме всего прочего, был еще и членом Императорского вольного экономического общества, был разработан проект налога на собак в Петербурге. Он активно ратовал за введение этого налога.

Герман Францович Ундриц (?–1874) — военный ветеринар, член Санкт-Петербургского общества ветеринарных врачей (1851 г.), член Императорского вольного экономического общества (1860 г.). Автор книги «Домашний скотолечебник. Руководство для лечения домашних животных и краткое наставление об уходе за ними». СПб., А.Ф. Девриен, 1873 г.

Необходимо отметить, что за весь период деятельности общества в столице не было ни одного ветеринарного журнала, к которому бы оно не имело отношения. Издававшийся в 1950-х годах журнал А.Ф. Буссе «Записки ветеринарной медицины» был де-факто органом общества. После прекращения издания этого журнала члены общества в 1869 г. подняли вопрос об издании своего органа, который был назван «Архивом ветеринарных наук» (1871–1916 гг.). Вследствие отсутствия денежных средств «Архив ветеринарных наук» начал издаваться при Ветеринарном комитете как органе Министерства внутренних дел. Появившийся в 1883 г. журнал «Ветеринарное дело» (1883–1894 гг.) также зародился в обществе и отчасти служил его органом. Наконец, с 1889 г. общество начало издавать свой журнал под названием «Вестник общественной ветеринарии» (1889–1917 г.).

24 октября 1896 года в Санкт-Петербурге состоялось торжественное празднование 50-летия С.-Петербургского общества ветеринарных врачей. Санкт-Петербургское

общество, праздновавшее свой 50-летний юбилей, стало самым старейшим подобным обществом в России и послужило прототипом подобных же обществ в Москве, Одессе, Орле, Харькове и Варшаве.

Полувековой юбилей старейшего ветеринарного общества привлек внимание не только профессиональных ветеринаров, прибывших на торжества из весьма отдаленных концов России, но и учреждений, имевших то или иное отношение к ветеринарному делу. Приветственных писем и телеграмм было прислано более 300 из 72 губерний, на праздники прибыли более 530 специалистов, проживавших в 227 городах и селениях Российской империи.

В течение шести дней юбилейных торжеств был зачитан ряд научных докладов по насущным вопросам ветеринарии. В свободное от заседаний время гостям общества была предоставлена возможность ознакомиться с различными интересовавшими их учреждениями: Императорским институтом экспериментальной медицины, бактериологической лабораторией Главного военно-медицинского управления, городскими скотобойней, конебойней, скотопригонным, скотозагонным дворами и с микроскопической станцией, со скотской выгрузной платформой и промывочной станцией Николаевской железной дороги, Царскосельскими бойней и Императорской фермой и др.

24 октября 1896 года было принято высочайшее повеление, объявленное министром внутренних дел: «О принятии Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге под покровительство Его Высочества принца Александра Петровича Ольденбургского». (Не будем останавливаться на личности принца Александра Петровича Ольденбургского, его деятельность заслуживает отдельной публикации.)

Столь представительное собрание ветеринарных врачей из различных регионов империи вызвало желание общественности объединить усилия специалистов и создать всероссийскую ветеринарную ассоциацию. В 1901 году С.-Петербургское общество ветеринарных врачей было преобразовано в Российское ветеринарное общество. Деятельность общества привела к созданию отделений по всей России.

Авторитет Российского ветеринарного общества был столь высок, что оно было «хорошо известно научным органам не только Европы, но и других стран. Общество имело два своих специальных печатных журнала и ими вело обмен научной мысли со всеми культурными народами; неоднократно делегировало своих представителей на всемирный конгресс (Париж, Будапешт, Гаага, Лондон и др.); среди своих почетных членов имело Пастера, Мечникова, Банга, Острртага, Лазерана и др. представителей науки». Упомянутые выше научные журналы общества регулярно публиковали информацию о его заседаниях и доклады членов общества. Особым предметом гордости была библиотека общества. За время своей деятельности оно собрало старейшую в России ветеринарную библиотеку (более старой была лишь библиотека Юрьевского института). Значение библиотеки было таково, что при выборах руководящих органов всегда выбирался и заведующий библиотекой. В библиотеке числилось свыше 4600 книг, более 400 русских и 500 иностранных журналов.

Изучая архивные материалы второго десятилетия XX в. и печатные издания того времени, мы столкнулись с резким изменением деятельности общественных организаций и Санкт-Петербурга. Мировая война, две революции, распад государства, изменение его

политической системы (да и сами запросы общественности) сказались на работе общественных организаций. После краха империи (февраль 1917 г.) многие из них по факту приостановили свою деятельность, многие просто-напросто прекратили свое существование. Тем удивительнее, что всё это время Российское ветеринарное общество продолжало свою работу.

В короткий период Российской республики (февраль — октябрь 1917 г.) и непродолжительный период РСФСР (1918–1922 гг.) Российское ветеринарное общество не прекращало свою деятельность. Общество сохранило свою квартиру (арендовало помещения по адресу: угол Бассейной улицы (так тогда называлась ул. Некрасова) и Греческого проспекта, д. 68/8, кв. 38, и платило арендную плату. Сохранилась и работала библиотека общества, правда, для оплаты аренды квартиры часть книг и годовых подписок журналов были проданы. Члены общества регулярно платили членские взносы, на которые производилась подписка российской и зарубежной ветеринарной литературы и периодики. Но самое главное — продолжалась научная работа общества. За три года (1918–1921 гг.) на его заседаниях было заслушано 14 научных докладов.

В 1922 году согласно Постановлению ВЦИК от 10 августа Российское ветеринарное общество должно было перерегистрироваться, но не сделало этого. По объяснению самого общества «Эту регистрацию правление общества не произвело только потому, что было уверено в достаточности регистрации, произведенной им в отделе Управления Петрогубисполкома 26 мая 1922 года...». В итоге в конце октября 1922 г. по распоряжению административного отдела Петроградского губисполкома Российское ветеринарное общество было закрыто.

По решению правления общество 18 марта 1923 г. ходатайствовало перед Наркомом внутренних дел о восстановлении деятельности Российского ветеринарного общества и утверждении его нового устава. Подобное же ходатайство было подано в Петроградское отделение Управления научными учреждениями Академического центра. Характерно, что прошения подавались на сохранившихся бланках Российского ветеринарного общества, не изменилась и печать общества.

Устав же «нового-старого» общества практически повторял старый классический вариант устава. Правда, «при пересмотре устава, между прочим, была несколько изменена программа деятельности общества, задачами которого являлись чисто научные и научно-практические интересы в области ветеринарии и животноводства и развитие этих интересов среди работников данных отраслей, всё же вопросы общественно-бытового характера и профессиональные, входившие в программу деятельности общества, отпали, так как они перешли в круг интересов профсоюза».

Характерным пунктом устава стал § 41: «Годичные заседания О-ва происходят в день учреждения Первого Ветеринарного О-ва, 18 февраля...». Таким образом, была подтверждена преемственность общества. Местонахождением центрального органа был определен Петроград, «круг же деятельности — территория РС.Ф.С.Р.».

Секретариат Центрального ветеринарного управления Наркомата земледелия выдал свое заключение по обращению общества, которое переслал в Наркомат внутренних дел: «Центральное Ветеринарное Управление Наркомзема доводит до Вашего сведения, что оно признало по согласованию с ЦК Союза Всемедиксантруд организацию Российского Ветеринарного

Общества, устав которого был прислан на заключение, нецелесообразной». Трудно сказать, какова была реакция членов общества на это заключение, но реакция НКВД была неожиданной. 8 мая в Наркомат земледелия была отправлена депеша с пометкой «Срочная»: «Адморгуправление НКВД просит подтвердить Ваше заключение № 166109 по вопросу об утверждении устава Русского Ветеринарного Об-ва с изложением мотивов о нецелесообразности организации упомянутого Об-ва, т. к. в указанном отношении мотивы отсутствуют, между тем со стороны НКВД к утверждению устава Об-ва препятствий не встречается».

Возражать НКВД оппоненты не решились, поэтому пошли на попятную, но сохранив при этом лицо: на заседании президиума ЦК Всемедиксантруд было принято постановление: «а) Считать желательным и целесообразным организацию Научного Ветеринарного Об-ва, занимающегося исключительно научно-ветеринарными вопросами; б) Возрождение прежнего Р.В.О. на основании представленного устава, предусматривающего, кроме научных, также и иные цели, считать нецелесообразным».

В итоге Российское ветеринарное общество было зарегистрировано. На 1 января 1925 года среди почетных членов общества числились академик Иван Петрович Павлов, профессора Михаил Иванович Добротворский, Владимир Николаевич Матвеев, Василий Ларионович Якимов, Николай Петрович Пештич, Григорий Иванович Евтилов.

Председателями правления общества в разные годы были Владимир Николаевич Матвеев, Николай Александрович Покшишевский. Несколько слов об этих выдающихся деятелях ветеринарии.

Николай Александрович Покшишевский (1873–1934) — профессор Ленинградского ветеринарного института с 1924 г., директор Ленинградского ветеринарно-бактериологического института Наркомзема. До революции был земским ветеринарным врачом, заведовал ветеринарной лабораторией МВД. В 1912–1914 годах — магистр ветеринарных наук, сотрудник лаборатории прививок против бешенства Королевского института инфекционных болезней им. Р. Коха в Берлине. В 1917–1924 годах — профессор Донского ветеринарного института.

Владимир Николаевич Матвеев — профессор Ленинградского ветеринарного института. На заседании Российского общества ветеринарных врачей 20.04.1911 выступил с докладом «Задачи и роль ветеринарных врачей в борьбе с туберкулезом». В 1923 году, будучи председателем Российского общества ветеринарных врачей, занимался вопросами его перерегистрации.

Михаил Иванович Добротворский (1874–1928) — географ, этнограф, ветеринар. Из семьи профессора Казанского университета. Окончил Казанский ветеринарный институт, работал губернским санитарным врачом. Дважды ссылался по политическим мотивам. С 1903 года жил в Царском Селе, практиковал как ветеринарный врач, писал научные статьи, преподавал в высших учебных заведениях Санкт-Петербурга. Автор-составитель «Норвежско-русского словаря». Действительный член Русского географического общества. В 1928 году состоялось заседание Российского ветеринарного Общества, посвященное памяти М.И. Добротворского.

Василий Ларионович Якимов (1870–1940) — русский и советский паразитолог. Вместе со своими сподвижниками организовал Ветеринарно-зоотехнический институт (Ленинградский ветеринарный институт) (1919 г.),



Медаль в честь 50-летия Общества ветеринарных врачей.
Фото из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.»

где был избран директором (1919–1920 гг.) и профессором (с 1921 г.). Основал в институте кафедру паразитологии и был ее заведующим до самой смерти.

Отдельно хотелось бы сказать о Николае Петровиче Пештиче (1853–?) — российском ветеринарном враче, чиновнике, публицисте, человеке с удивительной биографией. С начала 1870-х гг. он учился в Ветеринарном институте при Императорской военно-медицинской академии (окончил его в 1877 г.). С 1871 до 1876 года неоднократно находился под следствием в связи с подозрением в участии в тайном обществе и распространении революционной литературы. Полицейский надзор за Пештичем был отменен лишь в 1891 г. В Санкт-Петербургском губернском земстве организовал ветеринарную часть, ввел в действие меру убивания чумного скота. В течение 19 лет состоял земским ветеринарным врачом в Санкт-Петербургском уезде, а затем в столице. Принимал деятельное участие во всех реформах по ветеринарной части. В 1898 году, несмотря на бурную молодость, был поставлен во главе ветеринарной части Министерства внутренних дел в качестве заведующего этой частью, а в 1901–1903 гг., после учреждения Ветеринарного управления, был его начальником. Был первым ветеринаром, поставленным во главе ветеринарной части в России; до него такие должности занимали медики или чиновники. С 1889 до 1898 года был редактором основанного по его инициативе журнала «Вестник общественной ветеринарии». В начале XX в. состоял постоянным сотрудником еженедельного журнала «Ветеринарный врач», работал в «Санкт-Петербургском земском вестнике». После революции занимал ответственные должности в Наркомземе СССР. Дата смерти не установлена.

Регламент работы общества в 20-х гг. XX в. был таков: один раз в неделю — заседания правления общества, один раз в две недели — научные заседания общества, три раза в неделю — работает библиотека общества, один раз в году — общее собрание членов общества.

На научных заседаниях общества выступали с докладами видные деятели ветеринарии: профессора Н.И. Скрябин («Работы гельминтологической экспедиции в Дальневосточном крае летом 1928 года»),

Н.А. Покришевский («Впечатления заграничной научной командировки»), В.Н. Матвеев («Итоги 4-го Всесоюзного туберкулезного съезда и впечатления поездки в Тифлис»), В.В. Конге («Деятельность проф. Д.И. Добротворского в Ленинградском Ветеринарном Институте»), В.М. Беленький («Участие М.И. Добротворского в строительстве ветеринарного дела в Ленинградской области»), В.В. Прокофьев («Очерк жизни и деятельности проф. М.И. Добротворского»), И.П. Бочкарев («К вопросу о взаимоотношениях и функциях вет- и медсаннадзора за сырыми и животными продуктами»), П.С. Анисимов («Клинические и патологоанатомические материалы Ленинградского зоосада») и др. На научных заседаниях общества присутствовали от 30 до 50 посетителей.

На 1 января 1929 года личный состав общества состоял из 96 человек (число, несопоставимое с довоеннолюционным), из них 11 почетных и 85 действительных членов: в Ленинграде проживали 88 человек, в Ленинградском округе — 2, в Москве — 2, в Казани, Харькове, Курске и Новгороде — по 1.

Практически сразу же после регистрации общества в Наркомат внутренних дел поступили заявления о регистрации региональных отделов общества — в Казани, Курске и Владимире. Разрешения были получены, но реальную работу начали лишь два из них — Казанский и Курский. Однако наличие региональных отделов позволило реорганизовать общество в Российскую ветеринарную ассоциацию.

Некоторое время спустя Наркомзем всё-таки добился своего: Российская ветеринарная ассоциация была реорганизована в Научную ветеринарную ассоциацию. Некоторое время спустя (в июне 1931 г.) общегородское собрание ветработников г. Ленинграда реорганизовало Научную ветеринарную ассоциацию в Ленинградское областное объединение работников ветеринарии и животноводства.

В деле Российской ветеринарной ассоциации была поставлена точка. Общество ветеринарных врачей в Санкт-Петербурге, родившееся 24 декабря 1846 года, пережившее три революции, мировую, гражданскую и несколько региональных войн, действовавшее в юрисдикции четырех государств, спустя 85 лет (20 июня 1931 г.) прекратило свое существование.

Закончить же небольшой экскурс в историю Общества ветеринарных врачей хочется словами Н.П. Пештича, сказанными на праздновании 50-летия общества: «...зародившись в виде тесного кружка иностранных товарищей-ветеринаров и долго оставаясь на этой фазе своего развития, оно <Общество> постепенно выросло в общественно-ветеринарный орган, занимающийся разработкой вопросов научной и практической ветеринарии, но с особой тщательностью следящий за развитием ветеринарно-санитарного дела. Наибольшие заботы теперешнего Общества устремлены на изыскание такого направления ветеринарного дела, при котором оно может принести наибольшие результаты на пользу государства и народа».

ИСТОЧНИКИ

1. Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей. Вып. 1. Материалы по истории общества. С.-Петербург: Типография Тренке и Фюсно. 1896.
2. Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей. Вып. 2. Юбилей общества. 24 октября 1896 года. С.-Петербург: Типография Тренке и Фюсно. 1896.
3. Центральный государственный архив. Фонд 1000. Опись 48. Дело 90. Устав, протоколы, отчеты и личный состав Российского ветеринарного общества.
4. Энциклопедический словарь. Изд-во Ф.А. Брокгауз, И.А. Ефрон. Санкт-Петербург. 1890–1907.
5. Русский биографический словарь. Издан под наблюдением председателя Императорского Русского исторического общества А.А. Половцова. Санкт-Петербург. 1896–1913.
6. Шарпило В.Г. Первая профессиональная общественная организация российских ветеринарных врачей. Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. Москва. 2017; 4.
7. Фотографии из книги «Пятидесятилетие Общества ветеринарных врачей в С.-Петербурге. 24 окт. 1846 г. — 24 окт. 1896 г.».

УДК 619:615.033

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-38-45

Sergei V. Abramov¹
Andrey V. Balyshev²
Vyacheslav V. Golovin¹ ✉
Maria S. Zhuravleva¹
Boris V. Violin³

¹BIOVIZOR LLC, Moscow, Russia²The Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production, Volgograd, Russia³Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia

✉ v.golovin@biovizor.ru

Received by the editorial office:
09.11.2023Accepted in revised:
10.02.2024Accepted for publication:
14.02.2024

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-38-45

С.В. Абрамов¹
А.В. Балышев²
В.В. Головин¹ ✉
П.П. Кочетков¹
М.С. Журавлева¹
Б.В. Виолин³

¹ООО «БИОВИЗОР», Москва, Россия²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясо-молочной продукции, Волгоград, Россия³Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук, Москва, Россия

✉ v.golovin@biovizor.ru

Поступила в редакцию:
09.11.2023Одобрена после рецензирования:
10.02.2024Принята к публикации:
14.02.2024

Study of bioequivalence of veterinary drugs “Pinpramil” and “Milbemax” in dogs

ABSTRACT

The article presents the results of studying the bioequivalence of the reproduced drug “Pinpramil” in comparison with the reference drug “Milbemax”. The experiments were conducted on 12 dogs, which were divided into two equal groups of 6 animals each. Dogs of one of the groups were given a reproduced drug, and animals of the other group were given a reference drug. The studied drugs were injected into the body of dogs once, individually, orally at a dose of the active substance, which corresponded to 0.5 mg of milbemycin oxime and 5 mg of praziquantel per 1 kg of body weight. After administration of the drugs, blood samples were taken from animals 14 times within 96 hours for subsequent production of serum, in which the content of praziquantel (including its active metabolite, trans-4-hydroxypraziquantel) and milbemycin oxime were determined by high-performance liquid chromatography. The obtained concentrations of these substances served as the basis for calculating their pharmacokinetic parameters in the body of dogs. The statistical analysis showed that the two-way confidence intervals for the C_{max} , AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$ ratios were in the range of 80–125%, and the C_{max}/AUC_{0-t} ratios were 75–133%. Thus, the research results have demonstrated that the drugs “Pinpramil” and “Milbemax” are bioequivalent.

Key words: bioequivalence, pharmacokinetics, milbemycin oxime, praziquantel, dogs, blood**For citation:** Abramov S.V., Balyshev A.V., Golovin V.V., P.P. Kochetkov, Zhuravleva M.S., Violin B.V. Study of bioequivalence of veterinary drugs “Pinpramil” and “Milbemax” in dogs. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 38–45 (in Russian).<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-38-45>

© Abramov S.V., Balyshev A.V., Golovin V.V., P.P. Kochetkov, Zhuravleva M.S., Violin B.V.

Изучение биоэквивалентности ветеринарных препаратов «Пинпрамил» и «Мильбемакс» в организме собак

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты изучения биоэквивалентности воспроизведенного препарата «Пинпрамил» в сравнении с референтным препаратом «Мильбемакс». Опыты были проведены на 12 собаках, которых разделили на две равные группы — по 6 животных. Собакам одной из групп задавали воспроизведенный препарат, животным другой группы — референтный. Изучаемые препараты вводили в организм собак однократно, индивидуально, пероральным путем в дозе по действующему веществу, которая соответствовала 0,5 мг мильбемицина оксима и 5 мг празиквантела на 1 кг массы тела. После введения препаратов у животных были отобраны пробы крови 14 раз в течение 96 часов для последующего получения сыворотки, в которой методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определяли содержание празиквантела (в том числе его активного метаболита — транс-4-гидроксипразиквантела) и мильбемицина оксима. Полученные значения концентраций этих веществ послужили основой для расчета их фармакокинетических параметров в организме собак. Проведенный статистический анализ показал, что двусторонние доверительные интервалы для отношений C_{max} , AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$ находились в пределах 80–125%, а отношений C_{max}/AUC_{0-t} — 75–133%. Таким образом, результаты исследований продемонстрировали, что препараты «Пинпрамил» и «Мильбемакс» являются биоэквивалентными.

Ключевые слова: биоэквивалентность, фармакокинетика, мильбемицина оксим, празиквантел, собаки, кровь**Для цитирования:** Абрамов С.В., Балышев А.В., Головин В.В., П.П. Кочетков, Журавлева М.С., Виолин Б.В. Изучение биоэквивалентности ветеринарных препаратов «Пинпрамил» и «Мильбемакс» в организме собак. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 38–45.<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-38-45>

© Абрамов С.В., Балышев А.В., Головин В.В., П.П. Кочетков, Журавлева М.С., Виолин Б.В.

Introduction/Введение

Helminthiasis in carnivores is a disease caused by parasitic worms, or helminths. Both adult and young animals (puppies and kittens) can be affected by them. The large number of parasite eggs released into the environment by infected individuals can lead to infection even in pets that have never left the confines of an apartment, due to the introduction of pathogens into the home on clothing and shoes. Additionally, there is currently a popular trend of pet owners joining clubs (including dog clubs), which requires regular participation of dogs in exhibitions and competitions, involving the movement of animals within the country and abroad. In such conditions, owners are forced to implement a comprehensive set of preventive measures, including deworming [1–3].

The eradication of parasitic worms presents a complex challenge, as adult individuals and their larvae react differently to various antiparasitic agents. Anthelmintic drugs may contain a single active component intended to destroy a specific class of worms, or they may have a complex action on multiple parasite species by incorporating several active components [4, 5].

The aim of the conducted study was to investigate the bioequivalence of complex antiparasitic drugs, “Pinpramil” (manufacturer/developer: LLC “VIC — Animal Health,” Russia) and “Milbemax” (manufacturer: Elanco France SAS, France). The drugs are available in the form of oral tablets, which contain milbemycin oxime and praziquantel as active ingredients.

Milbemycin oxime is a macrocyclic lactone obtained through the enzymatic activity of *Streptomyces hygroscopicus* var. *Aureolacrimosus*. It is active against nematode larvae and adults that parasitize the gastrointestinal tract of dogs, as well as against the larvae of *Dirofilaria immitis*. The mechanism of action of milbemycin is based on increasing the permeability of cell membranes to chloride ions (Cl⁻), leading to hyperpolarization of nerve and muscle cell membranes, paralysis, and death of the parasite [6–8].

Praziquantel is an acylated derivative of pyrazinoquinoline and exhibits pronounced activity against cestodes and nematodes. By increasing the permeability of the parasite’s cell membranes to calcium ions (Ca²⁺), it causes depolarization of the membranes, muscle

contraction, and tegument destruction, leading to the death of the parasite and its elimination from the animal’s body. Praziquantel is metabolized in the body to trans-4-hydroxypraziquantel.

The simultaneous use of two active ingredients with different spectra and mechanisms of antiparasitic action in one dosage form has allowed the creation of a universal complex drug that is prescribed to dogs for therapeutic and preventive purposes in cases of nematode and cestode infections, as well as mixed nematode-cestode infestations.

Bioequivalence studies allow for a relatively short-term assessment of the safety and efficacy of a new drug compared to a reference drug that has undergone a comprehensive set of clinical and preclinical studies. This enables the avoidance of prolonged and costly experiments on animals and facilitates the prompt introduction of a new drug to the veterinary market [9–12].

Materials and methods /

Материалы и методы исследования

The study described in the article was conducted in 2023. Two groups of mixed-breed dogs, aged 1–3 years and weighing 18.8–22.8 kg, were formed for the analog-based work. Each group consisted of 6 individuals. The dogs were housed in an animal shelter in the Moscow region.

A parallel study design was used for the experiments¹, which involved the simultaneous administration of the reproduced drug “Pinpramil” to one group of animals and the reference drug “Milbemax” to the dogs in the second group.

Before conducting the experiments, each animal was weighed to calculate the individual dose of the drug. The test drugs were administered to the dogs orally, individually, in a single dose. The dose of the drugs administered to each animal corresponded to 0.5 mg of milbemycin oxime and 5 mg of praziquantel per 1 kg of body weight.

In the experiment, tablets of “Pinpramil” and “Milbemax” were used, containing 12,5 mg of milbemycin oxime and 125 mg of praziquantel.

The individual body weight values of the experimental dogs and the corresponding doses of the active substances of the drugs are indicated in Table 1.

Blood samples were collected from dogs before the administration of the drugs (0 h) and at 15, 30, 45 minutes and 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 hours after drug administration. Blood samples were collected from 6 dogs in each group at each time point.

The blood was collected in disposable clot activator tubes. After clot formation and serum separation, the blood samples were centrifuged at 3500 rpm for 5 minutes. Subsequently, the serum was transferred to “Eppendorf” tubes in a volume of at least 1 ml, frozen, and transported in a frozen state in a thermos container to the “BIOVISOR” bioanalytical laboratory in Moscow (RUS).

During the study, the concentrations of active substances in the serum of dogs were determined. For this purpose, a validated method of quantitative determination of praziquantel, trans-4-hydroxypraziquantel, and milbemycin oxime in the serum samples was used, employing high-performance liquid chromatography with tandem mass spectrometric detection. The analysis was performed using a “Shimadzu LCMS-8050” chromatograph-mass spectrometer (Japan). The following parameters were considered during the validation of the method: linearity, extraction efficiency, specificity, precision, accuracy,

Table 1. Body weight of dogs and doses of drugs received by them

Таблица 1. Масса тела собак и полученные ими дозы препаратов

Animal No.	Gender	Body Weight, kg	Dose (of Milbemycin), mg per dog	Dose (of Praziquantel), mg per dog
“Milbemax”				
1	Male	22,1	11,1	110,5
2	Female	21,5	10,8	107,5
3	Male	20,3	10,2	101,5
4	Male	20,1	10,1	100,5
5	Female	18,8	9,4	94,0
6	Male	21,6	10,8	108,0
“Pinpramil”				
7	Female	22,3	11,2	111,5
8	Male	21,3	10,7	106,5
9	Male	19,0	9,5	95,0
10	Female	19,3	9,7	96,5
11	Male	22,4	11,2	112,0
12	Male	22,8	11,4	114,0

¹ Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated March 6, 2018, No. 101 “On the Approval of Rules for Conducting Preclinical Studies of a Veterinary Medicinal Product, Clinical Studies of a Veterinary Medicinal Product, and Bioequivalence Studies of a Veterinary Medicinal Product.”

limits of quantitative and qualitative determination, dilution acceptability, stability of the analyte and internal standard.

The obtained concentrations of praziquantel, trans-4-hydroxypraziquantel, and milbemycin oxime in the serum of dogs were used to calculate their pharmacokinetic parameters: the half-life of the active substance ($T_{1/2}$), the maximum concentration of the active substance (C_{max}), the area under the concentration-time curve from 0 to the last sampling time point (AUC_{0-t}), the area under the concentration-time curve from 0 to infinity ($AUC_{0-\infty}$), the mean residence time of the substance in the systemic circulation (MRT), and the ratio of AUC_{0-t} to $AUC_{0-\infty}$. The values of C_{max} , AUC_{0-t} , and $AUC_{0-\infty}$ served as the basis for evaluating the bioequivalence of the investigated drugs.

The data obtained during the study were statistically processed, which involved calculating the mean values, relative standard deviations from the means, and standard errors using "Microsoft Excel". The pharmacokinetic parameters were calculated using the PKSolver software (an add-in for Microsoft Excel, USA) with the application of a non-compartmental model for the distribution of the active substances of the drugs "Pinpramil" and "Milbemax" in the animal's body.

Results and discussion / Результаты и обсуждение

Based on the obtained data, it has been established that praziquantel is rapidly absorbed from the gastrointestinal tract, and it is detected in dog serum as early as 15 minutes after administration, both for the reproduced and reference formulations.

Fig. 1. Dynamics of changes in the concentration of praziquantel in the blood serum of dogs

Рис. 1. Динамика изменения концентрации празиквантела в сыворотке крови собак

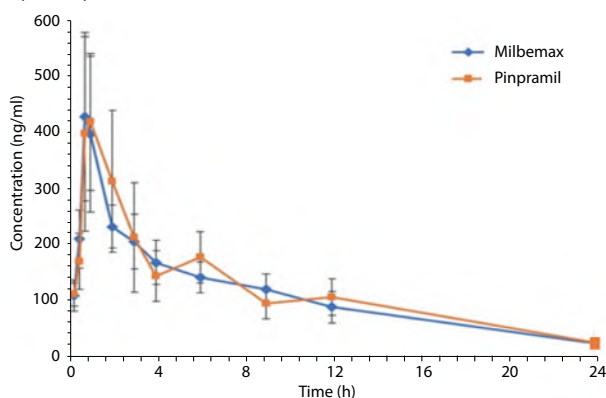


Fig. 2. Dynamics of changes in the concentration of trans-4-hydroxypraziquantel in the blood serum of dogs

Рис. 2. Динамика изменения концентрации транс-4-гидроксипразиквантела в сыворотке крови собак

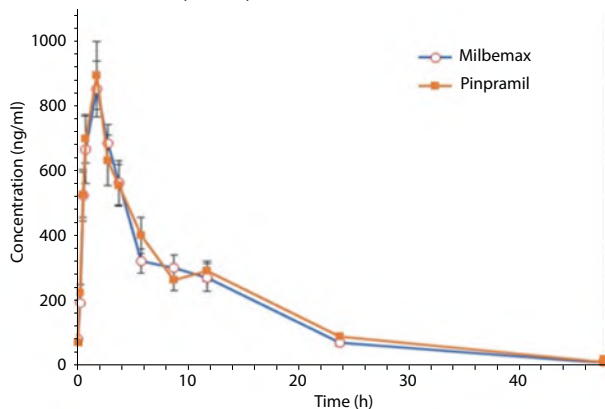


Table 2. Pharmacokinetic parameters of praziquantel

Таблица 2. Фармакокинетические параметры празиквантела

"Pinpramil"		
Parameter	Mean value	RSD, %
$T_{1/2}$, hour	6.79	20.4
C_{max} , ng/ml	531.54	14.4
AUC_{0-t} , ng/ml-h	2866.70	12.1
$AUC_{0-\infty}$, ng/ml-h	3122.17	13.5
$AUMC_{0-\infty}$, ng/ml-h	29 848.09	23.1
MRT, hour	9.47	11.0
$AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$	0.92	2.9
"Milbemax"		
Parameter	Mean value	RSD, %
$T_{1/2}$, hour	6.45	14.4
C_{max} , ng/ml	466.74	21.3
AUC_{0-t} , ng/ml-h	2657.28	8.3
$AUC_{0-\infty}$, ng/ml-h	2885.36	5.4
$AUMC_{0-\infty}$, ng/ml-h	26 981.08	8.5
MRT, hour	9.39	11.7
$AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$	0.92	3.0

For the reproduced formulation, "Pinpramil", the peak concentration of praziquantel in the blood was reached between 0.75 and 2 hours after administration, with a maximum level ranging from 413.32 to 607.26 ng/ml. Over the course of two days, the concentration of praziquantel in the serum gradually decreased and was below the limit of quantification of the method (5 ng/ml) after 48 hours.

A similar pattern was observed after administration of the reference formulation, "Milbemax": the concentration of praziquantel reached its maximum at 0.75 to 1 hour after administration and ranged from 359.18 to 594.31 ng/ml. Subsequently, its concentration in dog serum gradually decreased, and by 48 hours, it was also below the limit of quantification of the method (5 ng/ml)

The graph depicting the change in concentration of praziquantel in dog's blood is shown in Figure 1.

The obtained values of praziquantel concentration in the blood allowed for the calculation of its pharmacokinetic parameters, which are presented in Table 2.

By the course of the study, data were obtained indicating that praziquantel is rapidly metabolized to trans-4-hydroxypraziquantel, which is detected in the blood 15 minutes after administration of the drug.

For the reproduced "Pinpramil" preparation, the maximum concentration of trans-4-hydroxypraziquantel in the blood was reached within 1–3 hours after administration of the drug, with the maximum level ranging from 725.56 to 1171.87 ng/ml. Subsequently, the analyte content decreased and by 72 hours did not exceed the lower limit of quantification of the method.

In the case of the reference drug "Milbemax", the level of trans-4-hydroxypraziquantel reached its maximum within 1–3 hours after administration of the drug and ranged from 707.31 to 1046.70 ng/ml. Subsequently, the concentration of the metabolite in the blood serum of dogs decreased and by 72 hours did not exceed the lower limit of quantification of the method.

The comparative graph depicting the changes in the level of trans-4-hydroxypraziquantel in the blood of dogs is

shown in Figure 2.

Table 3. Pharmacokinetic parameters of trans-4-hydroxypraziquantel

Таблица 3. Фармакокинетические параметры транс-4-гидроксипразиквантела

"Pinpramil"		
Parameter	Mean value	RSD, %
T _{1/2} , hour	7.53	7.9
C _{max} , ng/ml	947.35	19.5
AUC _{0-t} , ng/ml·h	8703.71	8.0
AUC _{0-∞} , ng/ml·h	8813.92	8.0
AUMC _{0-∞} , ng/ml·h	97 749.74	11.3
MRT, hour	0.99	0.4
AUC _{0-t} /AUC _{0-∞}	0.92	2.9
"Milbemax"		
Parameter	Mean value	RSD, %
T _{1/2} , hour	6.98	20.3
C _{max} , ng/ml	920.63	13.0
AUC _{0-t} , ng/ml·h	8004.16	10.9
AUC _{0-∞} , ng/ml·h	8144.11	9.8
AUMC _{0-∞} , ng/ml·h	84 299.86	20.2
MRT, hour	10.31	14.4
AUC _{0-t} /AUC _{0-∞}	0.98	1.5

Based on the obtained values of trans-4-hydroxypraziquantel concentrations in the serum of dogs, its pharmacokinetic parameters were calculated and are presented in Table 3.

Pharmacokinetics of milbemycin oxime in the serum of dogs

The obtained data indicate that milbemycin oxime is rapidly absorbed from the gastrointestinal tract and can be detected in the serum of dogs as early as 0.25 hours after a single administration of the studied drugs.

For the reproduced "Pinpramil" formulation, the maximum concentration of milbemycin oxime in the blood was reached within 1–4 hours after oral administration, with the maximum level ranging from 146.95 to 200.10 ng/ml. Subsequently, the concentration of this analyte in the serum decreased but remained above the lower limit of quantification of the method (> 3 ng/ml) even after 96 hours (4.098–9.583 ng/ml).

Fig. 3. Dynamics of changes in the concentration of milbemycin oxime in the blood serum of dogs

Рис. 3. Динамика изменения концентрации мильбемицина оксима в сыворотке крови собак

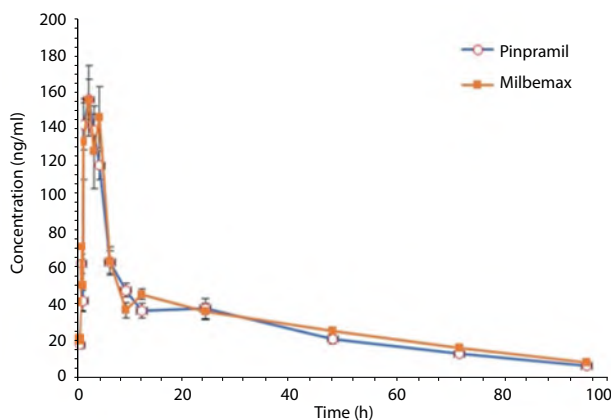


Таблица 4. Фармакокинетические параметры мильбемицина оксима

Table 4. Pharmacokinetic parameters of milbemycin oxime

"Pinpramil"		
Parameter	Mean value	RSD, %
T _{1/2} , hour	29.59	32.2
C _{max} , ng/ml	177.671	13.1
AUC _{0-t} , ng/ml·h	2651.35	15.0
AUC _{0-∞} , ng/ml·h	2920.80	15.8
AUMC _{0-∞} , ng/ml·h	113 728.38	27.1
MRT, hour	38.52	14.2
AUC _{0-t} /AUC _{0-∞}	0.91	4.2
"Milbemax"		
Parameter	Mean value	RSD, %
T _{1/2} , hour	30.30	18.5
C _{max} , ng/ml	186.72	16.8
AUC _{0-t} , ng/ml·h	3004.98	12.8
AUC _{0-∞} , ng/ml·h	3374.82	13.2
AUMC _{0-∞} , ng/ml·h	143 263.39	22.3
MRT, hour	42.18	13.5
AUC _{0-t} /AUC _{0-∞}	0.89	4.2

A similar pattern was observed after administration of the reference product "Milbemax": the concentration of milbemycin oxime reached its peak at 1–4 hours after administration and ranged from 144.498 to 230.568 ng/ml. The level of this substance then decreased, and at 96 hours, it ranged from 5.299 to 11.381 ng/ml.

The comparative graph depicting the changes in the concentration of milbemycin oxime in the blood of dogs is presented in Figure 3.

The pharmacokinetic parameters of milbemycin oxime, which were calculated based on the obtained values of its concentrations in the serum of dogs, are presented in Table 4.

The presence/absence of bioequivalence between the reproduced "Pinpramil" formulation and the reference product "Milbemax" (selected for studies based on similar pharmaceutical form and active substance content) was assessed in accordance with the Rules for Conducting Bioequivalence Studies of Medicinal Products of the Eurasian Economic Union (Decision No. 85 of the Eurasian Economic Commission). The bioequivalence of the products was evaluated based on the assumption of lognormal distribution of the measured parameters C_{max}, AUC_(0-t), AUC_(0-∞), and C_{max}/AUC_(0-t).

The results of calculating the confidence intervals for the ratios of pharmacokinetic parameters of the active substances in the "Pinpramil" and "Milbemax" formulations are presented in Tables 5–7.

Таблица 5. Сравнение фармакокинетических параметров празиквантела после применения препаратов «Мильбемакс (М)» и «Пинпрамил (П)»

Table 5. Comparison of pharmacokinetic parameters of praziquantel after the use of "Milbemax (M)" and "Pinpramil (P)"

Confidence interval for the ratios of pharmacokinetic parameters of the "Pinpramil"/"Milbemax" drugs					
The ratio of:	Mean value	min	max	min, %	max, %
C _{max} (P)/C _{max} (M)	1.150	0.948	1.396	82.4	121.4
AUC _{0-t} (P)/AUC _{0-t} (M)	1.076	0.967	1.196	89.9	111.2
AUC _{0-∞} (P)/AUC _{0-∞} (M)	1.075	0.967	1.195	90.0	111.2
C _{max} /AUC _{0-t} (P)/C _{max} /AUC _{0-t} (M)	1.070	0.881	1.299	82.4	121.4

Table 6. Comparison of pharmacokinetic parameters of trans-4-hydroxypraziquantel after the use of “Milbemax (M)” and “Pinpramil (P)”

Таблица 6. Сравнение фармакокинетических параметров транс-4-гидроксипразиквантела после применения препаратов «Мильбемакс (М)» и «Пинпрамил (П)»

Confidence interval for the ratios of pharmacokinetic parameters of the “Pinpramil”/“Milbemax” drugs					
The ratio of:	Mean value	min	max	min, %	max, %
$C_{max}(P)/C_{max}(M)$	1.020	0.853	1.220	83.6	119.6
$AUC_{0-t}(P)/AUC_{0-t}(M)$	1.090	0.987	1.204	90.5	110.5
$AUC_{0-\infty}(P)/AUC_{0-\infty}(M)$	1.084	0.988	1.189	91.1	109.7
$C_{max}/AUC_{0-t}(P)/C_{max}/AUC_{0-t}(M)$	0.936	0.785	1.117	83.8	119.3

Table 7. Comparison of pharmacokinetic parameters of milbemycin oxime after the use of “Milbemax (M)” and “Pinpramil (P)”

Таблица 7. Сравнение фармакокинетических параметров милбемицина оксима после применения препаратов «Мильбемакс (М)» и «Пинпрамил (П)»

Confidence interval for the ratios of pharmacokinetic parameters of the “Pinpramil”/“Milbemax” drugs					
The ratio of:	Mean value	min	max	min, %	max, %
$C_{max}(P)/C_{max}(M)$	0.956	0.815	1.121	85.2	117.3
$AUC_{0-t}(P)/AUC_{0-t}(M)$	0.881	0.757	1.024	86.0	116.3
$AUC_{0-\infty}(P)/AUC_{0-\infty}(M)$	0.864	0.738	1.010	85.5	117.0
$C_{max}/AUC_{0-t}(P)/C_{max}/AUC_{0-t}(M)$	1.085	0.939	1.253	86.6	115.5

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

REFERENCES

- Trunova S.A., Nurmagomedova S.G., Tutunova R.M. Age Dynamics of Helminthic Infestations in Dogs in the Plain Belt of Dagestan. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2023; 22(1): 63–70 (in Russian). <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-63-70>
- Popov A.P., Kosyaev N.I., Nikitina A.P. Helminths of dogs in the Chuvash Republic. *Promising technologies and innovations in the agro-industrial complex in the context of digitalization. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2023; 316–317 (in Russian). <https://elibrary.ru/jvtuvs>
- Makarova D.I., Luneva N.A. Factors influencing the invasion of dogs. *Theory and practice of modern agricultural science. Collection of the VI national (All-Russian) scientific conference with international participation*. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2023; 1124–1126 (in Russian). <https://elibrary.ru/fynddr>
- Тимербаева Р.Р., Бектемирова М. Р., Латыпов Д.Г. Helminthoses of carnivores of Soviet g.’s region of Kazan. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2018; (4): 186–190 (in Russian). <https://elibrary.ru/pjtyrp>
- Linovitskaya A.A., Saythanov E.O., Kontsevaya S.Yu. Zoonozy of plastic animals and persons on the territory of the city Kolonna Moscow region. study of the effectiveness of the “Milbemax” preparation. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2019; (1): 44–51 (in Russian). <https://elibrary.ru/dlrrqp>
- Violin B.V., Vereshchagina D.A. Therapeutic efficacy of an anthelmintic drug based on mebendazole/praziquantel for the treatment of helminthiasis in dogs. *The Veterinary Vrach*. 2006; (2): 32–33 (in Russian). <https://elibrary.ru/jxcqyz>
- Ponosov S.V., Poptsova S.V. Application of various complex anthelmintic preparations for dogs. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (6): 226–228 (in Russian). <https://elibrary.ru/cterhe>
- Orobets V.A., Sevostyanova O.I., Zaichenko I.V., Mukaseev S.V., Zeynalov O.A. Efficacy of the new anthelmintic drug “Supramil®” (tablets in intestinal helminthiasis of dogs and cats). *Russian Veterinary Journal*. 2022; (2): 30–41 (in Russian). <https://doi.org/10.32416/2500-4379-2022-2-30-41>

For praziquantel, trans-4-hydroxypraziquantel, and milbemycin oxime, the two-sided confidence intervals for the ratios of C_{max} , AUC_{0-t} , and $AUC_{0-\infty}$ were within the range of 80–125%, and the ratio of C_{max}/AUC_{0-t} was within the range of 75–133%. Thus, the conducted study demonstrated that “Milbemax” and “Pinpramil” products are bioequivalent.

Conclusion/ Выводы

The results of the study on the comparative pharmacokinetics of the reproduced “Pinpramil” drug and the reference “Milbemax” drug in dogs demonstrated that they are pharmaceutically equivalent. This was evidenced by the two-sided confidence intervals for the ratios of C_{max} , AUC_{0-t} , and $AUC_{0-\infty}$ being within the range of 80–125%, and the ratio of C_{max}/AUC_{0-t} being within the range of 75–133%.

Summarizing the conducted scientific research, it can be concluded that the biopharmaceutical properties of the “Pinpramil” drug are comparable to the similar properties of “Milbemax”, which was previously registered in the Russian Federation based on the results of preclinical and clinical studies confirming its quality, efficacy, and safety. Thus, the obtained results indicate that the domestically developed “Pinpramil” drug, created within the framework of import substitution, possesses safety and therapeutic effectiveness similar to the reference drug. This allows recommending it for the treatment and prevention of helminth infections in dogs.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Трунова С.А., Нурмагомедова С.Г., Тутунова Р.М. Возрастная динамика заражения собак гельминтами в равнинном поясе Дагестана. *Ветеринарная патология*. 2023; 22(1): 63–70. <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-63-70>
- Попов А.П., Косяев Н.И., Никитина А.П. Гельминты собак Чувашской Республики. *Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы II Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2023; 316–317. <https://elibrary.ru/jvtuvs>
- Макарова Д.И., Лулева Н.А. Факторы, влияющие на инвазирование собак. *Теория и практика современной аграрной науки. Сборник VI Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием*. Новосибирск: Золотой колос. 2023; 1124–1126. <https://elibrary.ru/fynddr>
- Тимербаева Р.Р., Бектемирова М.Р., Латыпов Д.Г. Гельминтозы плотоядных животных Советского района г. Казани. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2018; (4): 186–190. <https://elibrary.ru/pjtyrp>
- Линовицкая А.А., Сайтанов Э.О., Концевая С.Ю. Зоонозы плотоядных животных и человека на территории города Коломна Московской области. Исследование эффективности препарата «Мильбемакс». *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2019; (1): 44–51. <https://elibrary.ru/dlrrqp>
- Виолин Б.В., Верещagina Д.А. Терапевтическая эффективность применения антигельминтного препарата на основе мебендазола/празиквантела для лечения гельминтозов собак. *Ветеринарный врач*. 2006; (2): 32–33. <https://elibrary.ru/jxcqyz>
- Пonosov С.В., Попова С.В. Применение различных комплексных антигельминтных препаратов для собак. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (6): 226–228. <https://elibrary.ru/cterhe>
- Оробец В.А., Севостьянова О.И., Заиченко И.В., Мукасеев С.В., Зейналов О.А. Эффективность нового антигельминтного препарата Supramil® (таблетки при кишечных гельминтозах собак и кошек). *Российский ветеринарный журнал*. 2022; (2): 30–41. <https://doi.org/10.32416/2500-4379-2022-2-30-41>

9. Arisov M.V., Abramov V.E., Balyshev A.V., Demin A.I. Pharmacokinetic features of active ingredients of "Gelmintal" (syrup). *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2016; (12): 43–47 (in Russian). <https://elibrary.ru/xikebх>

10. Orobets V.A., Mukaseev S.V., Zeynalov O.A. Toxicological evaluation of an anthelmintic drug for dogs and cats "Supramil®" tablets. *Veterinary medicine*. 2022; (6): 55–62 (in Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.6.55-62>

11. Shinkarenko A.N., Kamenov K.S., Mukaseev S.V., Zeynalov O.A. Evaluation of a preventive efficacy for a new anthelmintic drug "Supramil®" (tablets regarding heartworm disease in dogs). *Russian Veterinary Journal*. 2022; (3–4): 31–35 (in Russian). <https://doi.org/10.32416/2500-4379-2022-3-4-31-35>

12. Ponomarev V.S., Lunegov A.M. Relevant bioequivalence study designs of medicinal products for veterinary use. *Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2021; (2): 81–84 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2021.2.81>

13. Ponomarev V.S. Quality management in bioequivalence assessment: problems and prospects. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2022; (2): 98–101 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.2.98>

14. Davydova K.S., Shokhin I.E., Ramenskaya G.V., Kukes V.G. Ways to establish equivalence of multisource drugs in current pharmaceutical practice. *News of Pharmacy*. 2010; (3): 66–68 (in Russian). <https://elibrary.ru/txunsb>

15. Sokolov A.V. et al. Pharmacokinetic approach to the question of interchangeability of drugs. *Journal Biomed*. 2015; 1(3): 43–51 (in Russian). <https://elibrary.ru/vctped>

9. Арисов М.В., Абрамов В.Е., Балышев А.В., Демин А.И. Особенности фармакокинетики действующих веществ препарата «Гельминтал» (сироп). *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2016; (12): 43–47. <https://elibrary.ru/xikebх>

10. Оробец В.А., Мукасеев С.В., Зейналов О.А. Токсикологическая оценка антигельминтного препарата Supramil® (таблетки для собак и кошек). *Ветеринария*. 2022; (6): 55–62. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.6.55-62>

11. Шинкаренко А.Н., Каменов К.С., Мукасеев С.В., Зейналов О.А. Оценка эффективности нового антигельминтного препарата Supramil® (таблетки для профилактики дирофиляриоза собак). *Российский ветеринарный журнал*. 2022; (3–4): 31–35. <https://doi.org/10.32416/2500-4379-2022-3-4-31-35>

12. Понамарев В.С., Лунегов А.М. Релевантные дизайны исследования на биоэквивалентность лекарственных средств для ветеринарного применения. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2021; (2): 81–84. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2021.2.81>

13. Понамарев В.С. Менеджмент качества при оценке биоэквивалентности: проблемы и перспективы. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022; (2): 98–101. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.2.98>

14. Давыдова К.С., Шохин И.Е., Раменская Г.В., Кукес В.Г. Подходы к оценке эквивалентности воспроизведенных лекарственных средств в современной фармацевтической практике. *Вестник фармации*. 2010; (3): 66–68. <https://elibrary.ru/txunsb>

15. Соколов А.В. и др. Фармакокинетический подход в вопросе о взаимозаменяемости лекарственных средств. *Биомедицина*. 2015; 1(3): 43–51. <https://elibrary.ru/vctped>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Владиславович Абрамов¹

кандидат ветеринарных наук
120.net@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>

Андрей Владимирович Балышев²

кандидат биологических наук
bav898@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9186-2671>

Вячеслав Викторович Головин¹

кандидат биологических наук
v.golovin@biovizor.ru
<https://orcid.org/0009-0001-5123-9068>

Мария Спартаковна Журавлева¹

кандидат ветеринарных наук
anama09@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-6121-8525>

Борис Викторович Виолин³

кандидат ветеринарных наук
b_viol@yahoo.com
<https://orcid.org/>

¹ООО «БИОВИЗОР»,
ул. Нагорная, 3А, Москва, 117186, Россия

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясо-молочной продукции,
ул. им. Рокоссовского, 6, Волгоград, 400131, Россия

³Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Рязанский пр-т, 24, корп. 1, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergei Vladislavovich Abramov¹

Candidate of Veterinary Sciences
120.net@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>

Andrey Vladimirovich Balyshev²

Candidate of Biological Sciences
bav898@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9186-2671>

Vyacheslav Viktorovich Golovin¹

Candidate of Biological Sciences
v.golovin@biovizor.ru
<https://orcid.org/0009-0001-5123-9068>

Maria Spartakovna Zhuravleva¹

Candidate of Veterinary Sciences
anama09@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-6121-8525>

Boris Viktorovich Violin³

Candidate of Veterinary Sciences
b_viol@yahoo.com
<https://orcid.org/>

¹"BIOVIZOR" LLC
3A Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russia

²The Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production,
6 Rokossovskiy Str., Volgograd, 400131, Russia

³Federal Scientific Centre VIEV,
24 Ryazansky Prospekt, building 1, Moscow, 109428, Russia

В. Б. Лейбова

М. В. Позовникова ✉

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста», Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ pozovnikova@gmail.com

Поступила в редакцию:
01.09.2023Одобрена после рецензирования:
10.02.2024Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-44-45

Victoria B. Leibova

Marina V. Pozovnikova ✉

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, St. Petersburg, Russia

✉ pozovnikova@gmail.com

Received by the editorial office:
01.09.2023Accepted in revised:
10.02.2024Accepted for publication:
14.02.2024

Изменчивость метаболических маркеров в крови у молочных коз с разной динамикой удоя в первой половине лактации

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель исследования — изучение биохимического профиля крови в первые три месяца после окота у коз-первокоток с разной динамикой удоя в первую половину лактации.

Методы. Работу проводили в хозяйстве с интенсивной технологией содержания коз зааненской породы (Ленинградская обл.). Отбор проб крови осуществляли в весенне-летний период: на 20–30-е сутки, 50–60-е сутки и 80–90-е сутки после окота. В сыворотке крови определяли концентрацию общего белка, альбумина, мочевины, креатинина, глюкозы, общего холестерина, триглицеридов. Для анализа биохимического профиля крови по окончании 4-го месяца лактации козы были разделены на две группы. В группу I ($n = 9$) вошли животные, достигшие максимального удоя во 2-м месяце лактации, к группе II ($n = 8$) отнесены особи с выходом на пик удоя в 3-м месяце лактации.

Результаты. Удой за первые три месяца после окота не имел различий между группами. На 4-й месяц лактации удой был на 22,3% выше в группе II ($p_{Adjusted} < 0,05$).

По двум из семи биохимических показателей крови было выявлено различие: в группе I концентрация глюкозы в крови на 50–60-е сутки после окота была на 7,7% ниже ($p_{Adjusted} < 0,05$), а содержание сывороточного креатинина на 80–90-е сутки — на 10,1% выше ($p_{Adjusted} < 0,01$) по сравнению с группой II. Данные различия могут быть обусловлены особенностями адаптации к метаболической нагрузке у коз-первокоток с разным временным периодом от окота до выхода на максимальный удой.

Ключевые слова: козы, лактационная кривая, биохимический профиль крови, креатинин, глюкоза

Для цитирования: Лейбова В.Б., Позовникова М.В. Изменчивость метаболических маркеров в крови у молочных коз с разной динамикой удоя в первой половине лактации. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 44–45.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-44-45>

© Лейбова В.Б., Позовникова М.В.

Variability of metabolic markers in the blood of dairy goats with different dynamics of milk yield in the first half of lactation

ABSTRACT

Relevance. The aim of the study was to study the biochemical profile of blood in the first three months after lambing in first-year goats with different dynamics of milk yield in the first half of lactation.

Methods. The work was carried out on a farm with intensive technology for keeping goats of the Zaanen breed (Leningrad region). Blood sampling was carried out in the spring and summer period: on the 20th–30th day, 50–60 days and 80–90 days after lambing. The concentration of total protein, albumin, urea, creatinine, glucose, total cholesterol, and triglycerides was determined in the blood serum. To analyze the biochemical profile of the blood at the end of the 4th month of lactation, the goats were divided into two groups. Group I ($n = 9$) included animals that reached maximum milk yield in the 2nd month of lactation, group II ($n = 8$) included individuals with peak milk yield in the 3rd month of lactation. Milk yield for the first three months after lambing did not differ between the groups.

Results. At the 4th month of lactation, milk yield was 22.3% higher in group II ($p_{Adjusted} < 0.05$).

Two of the seven biochemical blood parameters showed a difference: in group I, the blood glucose concentration on the 50–60 days after lambing was 7.7% lower ($p_{Adjusted} < 0.05$), and the serum creatinine content on the 80–90 days was 10.1% higher ($p_{Adjusted} < 0.01$) compared with group II. These differences may be due to the peculiarities of adaptation to metabolic load in first-year goats with different time periods from lambing to reaching maximum milk yield.

Key words: goats, lactation curve, biochemical blood profile, creatinine, glucose

For citation: Leibova V.B., Pozovnikova M.V. Variability of metabolic markers in the blood of dairy goats with different dynamics of milk yield in the first half of lactation. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 44–45 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-44-45>

© Leibova V.B., Pozovnikova M.V.

Введение/Introduction

Анализ молочной продуктивности включает в себя оценку лактационной кривой, которая влияет на временной масштаб производства молока, на пищевые потребности животного и, как следствие, на его здоровье [1]. Форма лактационной кривой зависит от ряда факторов, среди которых порода, возраст, сезон окота, особенности кормления и содержания [2–4].

Лактация в первые месяцы оказывает наибольшее влияние на получение максимального удоя у молочных животных и, кроме того, влияет на репродуктивный успех в последующем сезоне разведения [5]. Высокопродуктивным молочным животным, в том числе козам, требуется большое количество энергии. В этот период секреторные клетки молочной железы используют для синтеза молока 80% циркулирующих в крови метаболитов [6], но обменная энергия, полученная при потреблении корма, не покрывает затрат на синтез молока, что заставляет животных мобилизовать энергетические резервы своего организма [7]. Рост у особей в первую лактацию продолжается [8], а это приводит к дополнительной нагрузке на обмен веществ в организме. Однако при сходных условиях кормления и содержания козы проявляют разную адаптационную способность к метаболической нагрузке в первые месяцы лактации [5].

В связи с этим представляется актуальным определение динамичности изменения биохимических параметров крови как показателя метаболической активности у лактирующих животных, особенно на стадии подъема лактации.

Цель исследования — изучение биохимического профиля крови в первые три месяца после окота у коз-первоковок с разной динамикой удоя в первую половину лактации (весенне-летний период).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование было проведено в 2020 году в ЗАО ПЗ «Приневское» (Ленинградская обл., Россия) с интенсивной технологией содержания коз зааненской породы: животные круглогодично размещались в секциях (не менее 100 голов в каждой) на глубокой подстилке; доение трехразовое машинное. Козы на протяжении исследования получали сбалансированный монокорм в соответствии с их физиологическим статусом.

В исследуемую выборку вошли козы-первоколки 2019 г. р. Возраст животных на дату окота составлял 429 ± 3 дня.

Показатели удоя были взяты из программы учета AfiGoat3,07b (Afikim, Израиль), используемой в хозяйстве.

По окончании 4-го месяца лактации животные были разделены на две группы: в группу I вошли козы с достижением максимального удоя во 2-м месяце лактации ($n = 9$); к группе II отнесены особи с пиком удоя в 3-м месяце лактации ($n = 8$). Две особи были выведены за рамки исследования, так как имели другие формы кривых удоя.

Отбор проб крови у коз осуществляли трехкратно: на 20–30-е сутки, 50–60-е сутки и 80–90-е сутки после окота ($n = 19$).

В сыворотке крови определяли концентрацию общего белка, альбумина, мочевины, креатинина, глюкозы,

общего холестерина, триглицеридов при использовании автоматического анализатора PKL 125 (Paramedical srl, Италия)¹ с реагентами фирмы «Витал Девелопмент Корпорэйшн» (Россия).

Полученные данные обрабатывались методом однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA)² и однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями (One Way Repeated Measures Analysis of Variance) программа SigmaPlot 12,5 (SystatSoftware, Inc., США) и выражали как средние значения \pm стандартные ошибки (Mean \pm SEM). Для оценки сравниваемых показателей в случае их нормального распределения, которое определяли с помощью критерия Шапиро — Уилка, использовали критерий Холма — Сидака, при его отсутствии — критерий Данна. Был принят уровень значимости $p_{Adjusted} < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом этапе исследования были рассмотрены особенности кривых удоя за четыре месяца лактации у животных I и II групп (рис. 1).

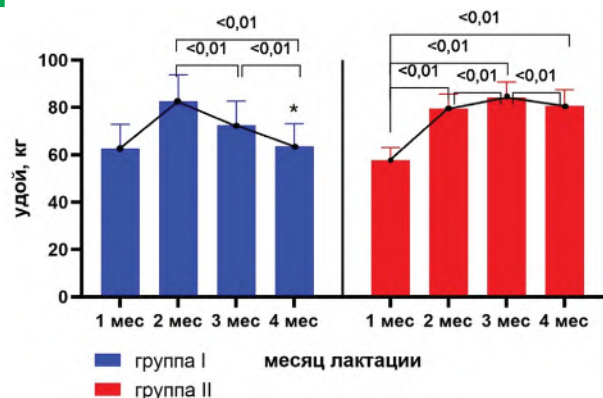
Средние значения удоя по месяцам лактации внутри разных групп достоверно различаются (однофакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями). У коз группы I во 2-й месяц после окота удой был на 18,4% выше по сравнению с 1-м месяцем, но это различие не имело статистической значимости из-за более высокой вариабельности этого показателя в ранний послеродовой период.

На 3-м и 4-м месяце лактации удой последовательно уменьшился на 13,6% и 12,3% соответственно ($p_{Adjusted} < 0,01$). У особей группы II ко 2-му месяцу лактации удой увеличился на 40,8% ($p_{Adjusted} < 0,01$), на 3-й месяц по сравнению с предыдущим вырос еще на 6,5% ($p_{Adjusted} < 0,01$), в 4-м месяце показал снижение на 3,4% ($p_{Adjusted} < 0,01$). При этом удой за первые три месяца лактации у животных группы I и группы II статистически значимых различий не имел, но в 4-м месяце на 22,3% ($p_{Adjusted} < 0,05$) был выше у коз группы II.

Таким образом, помимо различий во времени достижения максимального удоя, козы двух групп отличались динамичностью его изменения и после достижения

Рис. 1. Кривые и средние значения удоя у коз за первые четыре месяца лактации (весенне-летний период). Различия по удою между группами в каждом месяце лактации (однофакторный дисперсионный анализ): * $p_{Adjusted} < 0,05$

Fig. 1. Curves and average values of milk yield in goats for the first four months of lactation (spring-summer period). Differences in milk yield between groups in each month of lactation (one-way ANOVA): * $p_{Adjusted} < 0.05$



¹ Методы анализа: End Point, 2 End Point Kinetic, Fix time и т. д.

² <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/saas?topic=features-one-way-anova>

Таблица 1. Биохимические показатели крови в первые три месяца лактации (Mean ± SEM)
Table 1. Blood biochemical parameters in the first three months of lactation (Mean ± SEM)

Показатели	Группа					
	I			II		
	1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц	1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц
Общий белок, г/л	64,41 ± 1,52 ^c	69,00 ± 1,00 ^{d, e}	65,74 ± 1,01 ^f	66,13 ± 1,33 ^c	70,00 ± 1,22 ^d	64,61 ± 2,12 ^c
Альбумин, г/л	31,53 ± 0,61 ^d	32,03 ± 0,42 ^{a, c}	33,30 ± 0,41 ^{b, d}	31,81 ± 0,60 ^e	32,63 ± 0,52	33,00 ± 0,72 ^f
Глюкоза, ммоль/л	3,12 ± 0,09 ^a	3,00 ± 0,09 ^a	2,40 ± 0,09 ^b	3,21 ± 0,06 ^a	3,30 ± 0,08 ^a	2,47 ± 0,08 ^b
Креатинин, мкмоль/л	63,11 ± 3,20 ^c	68,92 ± 2,11 ^{a, d}	58,20 ± 1,51 ^{b, d}	61,62 ± 1,91 ^a	63,30 ± 3,33 ^a	52,31 ± 1,80 ^{b, *}
Мочевина, ммоль/л	6,78 ± 0,41 ^a	6,93 ± 0,60 ^a	9,44 ± 0,69 ^b	6,70 ± 0,38 ^a	6,07 ± 0,44 ^a	9,09 ± 0,39 ^b
Холестерин, ммоль/л	2,00 ± 0,12 ^c	2,17 ± 0,01	2,34 ± 0,12 ^d	1,81 ± 0,07 ^c	2,09 ± 0,08 ^d	2,03 ± 0,10 ^d
Триглицериды, ммоль/л	0,094 ± 0,013 ^c	0,258 ± 0,081 ^d	0,158 ± 0,026	0,090 ± 0,014 ^c	0,149 ± 0,025 ^d	0,139 ± 0,033 ^d

Примечание: Средние значения по месяцам лактации внутри групп достоверно различаются: ^{a, b}p_{Adjusted} < 0,001, ^{c, d}p_{Adjusted} < 0,01, ^{e, f}p_{Adjusted} < 0,05. Различия между группами: * p_{Adjusted} < 0,05.

наибольшей продуктивности. Сравнительный анализ показал сходную направленность изменений биохимического профиля крови в обеих группах, но выявил различия между ними по двум показателям — концентрации глюкозы и креатинина (табл. 1).

Высокопродуктивные лактирующие жвачные животные остро нуждаются в глюкозе для производства молока, поскольку она является основным субстратом синтеза лактозы.

Козы с наибольшим удоем во 2-м месяце лактации (группа I) на 50–60-е сутки имели содержание глюкозы в крови на 7,7% (p_{Adjusted} < 0,05) ниже по сравнению с самками, раздой которых продолжался (группа II). Тем не менее наименьшее содержание этого метаболита в крови за три месяца лактации у самок обеих групп было установлено в конце 3-го месяца, что ниже по сравнению с 1-м и 2-м месяцем лактации не менее чем на 20% и 23,1% соответственно (p_{Adjusted} < 0,001). У молочных коз подобное снижение концентрации глюкозы (например, к 140-м суткам по сравнению с 20-ми сутками лактации) показано некоторыми исследователями [9].

Концентрация сывороточного креатинина у коз группы I по сравнению с группой II на 80–90-е сутки лактации была выше на 10,1% (p_{Adjusted} < 0,01). Однако в обеих группах это были самые низкие значения за период исследований: не менее чем на 7,8–15,5% ниже содержания данного метаболита в крови в 1-й и 2-й месяцы лактации. Увеличение секреции молока оказывает влияние на интенсивность мобилизации тканей организма.

По данным F. Zamuner *et al.* (2020 г.), в послеродовой период наряду с мобилизацией жировых запасов тела у коз первой лактации по сравнению с самками двух и более лактаций активно расходуются мышечные резервы организма [10]. Известно, что показатель уровня креатинина в крови у животных, не имеющих

почечной патологии, тесно связан с их мышечной массой [11], а ее расщепление, при котором глюкогенные аминокислоты используются в целях глюконеогенеза, способствует поддержанию уровня глюкозы в крови. Поэтому способность к мобилизации мышечного белка может влиять на лактационную кривую. Повышение уровня альбумина на 3-м месяце лактации в данном случае может быть обусловлено улучшением состояния печени, в том числе ее белковосинтезирующей функции после высокой метаболической нагрузки в период ранней лактации [12].

Увеличение концентрации мочевины в сыворотке крови связано с повышенным печеночным дезаминированием аминокислот. В исследовании на коровах в послелактационный период [13] было показано, что изменение уровня креатинина в крови связано с мышечной массой, но при этом концентрация азота мочевины оставалась неизменной в течение всего периода исследования.

В работе Salama *et al.* (2012 г.) по воздействию теплового стресса на метаболизм коз установлено, что при снижении уровня креатинина в крови концентрация мочевины имела тенденцию к повышению (то есть изменения были разнонаправлены); авторы также объясняли изменение уровня креатинина деградацией мышечного белка [14]. По-видимому, на изменение содержания мочевины в сыворотке крови оказывали влияние факторы, не рассматриваемые в данном исследовании, например кормовой рацион.

Выводы/Conclusion

Результаты исследования показывают, что при общих закономерностях изменения биохимического профиля крови у коз-первоковок с разной формой кривой удоя в первую половину лактации концентрация некоторых метаболитов имеет различия по месяцам лактации.

У коз с наибольшим удоем во 2-й месяц лактации (группа I) содержание глюкозы на 50–60-е сутки после окота было на 7,7% ниже (p_{Adjusted} < 0,05), а содержание креатинина на 80–90-е сутки на 10,1% выше (p_{Adjusted} < 0,01) по сравнению с особями, наибольший удой которых пришелся на 3-й месяц лактации (группа II).

Подобные различия предполагают особенности адаптации к метаболической нагрузке у коз с разным временным периодом от окота до выхода на максимальный удой.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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 по проекту № 121052600354-7.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the State assignment for project No. 121052600354-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солоднева Е.В., Смольников Р.В., Баженов С.А., Воробьева Д.А., Столповский Ю.А. Лактационные кривые как инструмент своевременного мониторинга состояния здоровья животных и их продуктивности. Мини-обзор. *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(2): 257–271. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.257rus>
2. Arnal M., Robert-Granié C., Larroque H. Diversity of dairy goat lactation curves in France. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(12): 11040–11051. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14980>
3. Garcés R.A., Boza J.L., Acevedo P.S., Brandl E., Bruckmaier R.M., Luis López J.F. Índice de persistencia y descripción de los primeros 100 días de la curva de lactancia de cabras Saanen primíparas y multiparas mantenidas en confinamiento. *Agricultura Técnica*. 2004; 64(3): 319–326. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072004000300014>
4. Goetsch A.L., Zeng S.S., Gipson T.A. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*. 2011; 101(1–3): 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.025>
5. Лейбова В.Б., Позовникова М.В. Значение биохимических показателей крови в раннюю лактацию в прогнозировании воспроизводительной способности у молочных коз в последующем сезоне разведения. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2022; (3): 68–71. <https://www.elibrary.ru/gdemve>
6. Assan N. Influence of stage of lactation on quantitative and qualitative milk production parameters in goats. *Scientific Journal of Animal Science*. 2014; 3(12): 291–300.
7. de Souza R. et al. Lactation curves and economic results of Saanen goats fed increasing dietary energy levels obtained by the addition of calcium salts of fatty acids. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2014; 43(2): 73–79. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000200004>
8. Coffey M.P., Hickey J., Brotherstone S. Genetic Aspects of Growth of Holstein-Friesian Dairy Cows from Birth to Maturity. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(1): 322–329. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72097-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72097-5)
9. Antunović Z. et al. Blood metabolic profile and acid-base balance of dairy goats and their kids during lactation. *Veterinarski arhiv*. 2017; 87(1): 43–55.
10. Zamuner F., DiGiacomo K., Cameron A.W.N., Leury B.J. Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(6): 5616–5628. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18040>
11. Kokkonen T. et al. Effect of Body Fatness and Glucogenic Supplement on Lipid and Protein Mobilization and Plasma Leptin in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88(3): 1127–1141. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72779-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72779-X)
12. Соломахин А.А., Сmealова А.А., Лебедева И.Ю. Показатели работы печени в послеродовой период у коров с депрессией овариальной функции в первую и последующие лактации. *Зоотехния*. 2020; (12): 20–25. <https://www.elibrary.ru/lbboqx>
13. Megahed A.A., Hiew M.W.H., Ragland D., Constable P.D. Changes in skeletal muscle thickness and echogenicity and plasma creatinine concentration as indicators of protein and intramuscular fat mobilization in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(6): 5550–5565. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15063>
14. Salama A.A.K., Hamzaoui S., Albanell E., Such X., Caja G. Metabolic and behavior responses of lactating goats under heat stress. *Small Ruminant Research*. 2021; 203: 106496. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106496>

ОБ АВТОРАХ

Виктория Борисовна Лейбова

кандидат биологических наук
leib1406@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7017-9988>

Марина Владимировна Позовникова

кандидат биологических наук
pozovnikova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8658-2026>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

REFERENCES

1. Solodneva E.V., Smolnikov R.V., Bazhenov S.A., Vorobyeva D.A., Stolpovskiy Yu.A. Lactation curves as a tool for monitoring the health and performance of dairy cows. A mini-review. *Agricultural Biology*. 2022; 57(2): 257–271. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.257eng>
2. Arnal M., Robert-Granié C., Larroque H. Diversity of dairy goat lactation curves in France. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(12): 11040–11051. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14980>
3. Garcés R.A., Boza J.L., Acevedo P.S., Brandl E., Bruckmaier R.M., Luis López J.F. Persistence index and description of first 100 days of the lactation curve of primiparous and multiparous Saanen goats maintained in confinement. *Agricultura Técnica*. 2004; 64(3): 319–326 (in Spanish). <https://doi.org/10.4067/S0365-28072004000300014>
4. Goetsch A.L., Zeng S.S., Gipson T.A. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*. 2011; 101(1–3): 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.025>
5. Leibova V.B., Pozovnikova M.V. The Value of Blood's Biochemical Parameters in Early Lactation in Predicting the Reproductive Ability of Dairy Goats in the Subsequent Breeding Season. *Russian Agricultural Sciences*. 2022; 48(4): 316–320. <https://doi.org/10.3103/S1068367422040097>
6. Assan N. Influence of stage of lactation on quantitative and qualitative milk production parameters in goats. *Scientific Journal of Animal Science*. 2014; 3(12): 291–300.
7. de Souza R. et al. Lactation curves and economic results of Saanen goats fed increasing dietary energy levels obtained by the addition of calcium salts of fatty acids. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2014; 43(2): 73–79. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000200004>
8. Coffey M.P., Hickey J., Brotherstone S. Genetic Aspects of Growth of Holstein-Friesian Dairy Cows from Birth to Maturity. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(1): 322–329. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72097-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72097-5)
9. Antunović Z. et al. Blood metabolic profile and acid-base balance of dairy goats and their kids during lactation. *Veterinarski arhiv*. 2017; 87(1): 43–55.
10. Zamuner F., DiGiacomo K., Cameron A.W.N., Leury B.J. Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(6): 5616–5628. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18040>
11. Kokkonen T. et al. Effect of Body Fatness and Glucogenic Supplement on Lipid and Protein Mobilization and Plasma Leptin in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88(3): 1127–1141. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72779-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72779-X)
12. Solomakhin A.A., Smealova A.A., Lebedeva I.Yu. Indicators of liver function in the postpartum period in cows with depression of the ovarian function during the first and subsequent lactations. *Zootekhnika*. 2020; (12): 20–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lbboqx>
13. Megahed A.A., Hiew M.W.H., Ragland D., Constable P.D. Changes in skeletal muscle thickness and echogenicity and plasma creatinine concentration as indicators of protein and intramuscular fat mobilization in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(6): 5550–5565. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15063>
14. Salama A.A.K., Hamzaoui S., Albanell E., Such X., Caja G. Metabolic and behavior responses of lactating goats under heat stress. *Small Ruminant Research*. 2021; 203: 106496. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106496>

ABOUT THE AUTHORS

Victoria Borisovna Leibova

Candidate of Biological Sciences
leib1406@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7017-9988>

Marina Vladimirovna Pozovnikova

Candidate of Biological Sciences
pozovnikova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8658-2026>

The All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals is a branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ academician L.K. Ernst, 55A Moskovskoe Shosse, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

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

Федеральный центр охраны здоровья
животных Москва, Россия

✉ m.belyaeva@rambler.ru

Поступила в редакцию:
20.08.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-48-45

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

Federal Center for Animal Health, Moscow,
Russia

✉ m.belyaeva@rambler.ru

Received by the editorial office:
20.08.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Верификация тест-системы для выявления антител к вирусу диареи крупного рогатого скота иммуноферментным методом «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс»

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Сельскохозяйственные предприятия Российской Федерации с интенсивным ведением животноводства ежегодно сталкиваются с проблемой респираторно-кишечной патологии, особенно у молодняка. Это влечет за собой большие экономические потери. В возникновении данной проблемы у животных вирусная диарея крупного рогатого скота занимает одно из ведущих мест. Актуальность проблемы заключается в большом экономическом ущербе, который складывается из-за рождения нежизнеспособного потомства, гибели новорожденного молодняка, развития различных форм пневмоний, снижения продуктивности, нарушения функции воспроизводства животных, а также в расходах на проведение профилактических, карантинных и ликвидационных мероприятий. Достоверная лабораторная диагностика позволяет правильно выстроить стратегию борьбы с заболеванием. В статье представлены результаты верификации тест-системы для выявления антител к вирусу диареи крупного рогатого скота иммуноферментным методом «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс»

Методы. Оценка диагностической значимости тест-системы проводили по показателям чувствительности, специфичности и прецизионности в условиях повторяемости и воспроизводимости.

Результаты. Коэффициент вариации (CV) для иммуноферментного метода составил от 1,9 до 11,2%, что свидетельствует о хорошей сходимости результатов в условиях внутрилабораторной прецизионности в условиях повторяемости и воспроизводимости.

Ключевые слова: вирусная диарея крупного рогатого скота, метод иммуноферментного анализа, реакция нейтрализации, верификация тест-системы

Для цитирования: Лобова Т.П., Михайлова В.В., Скворцова А.Н., Шишкина М.С. Верификация тест-системы для выявления антител к вирусу диареи крупного рогатого скота иммуноферментным методом «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс». *Аграрная наука.* 2024; 378(1): 48–45.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-48-45>

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

Verification of a test system for detecting antibodies to bovine diarrhea virus using the enzyme immunoassay method «Cattle VD — SEROTEST plus»

ABSTRACT

Relevance. Agricultural enterprises of the Russian Federation with intensive livestock farming are annually faced with the problem of a respiratory-intestinal nature, especially in young animals. This entails large losses. As a result of problems arising in animals, viral diarrhea of cattle occupies one of the leading places. The urgency of the problem lies in the large economic damage that occurs due to the birth of non-viable offspring, the death of newborn young animals, the development of various forms of pneumonia, decreased productivity, dysfunction of animal reproduction, as well as the costs of carrying out preventive, quarantine and liquidation measures. Reliable laboratory diagnostics allows you to correctly build a strategy to combat the disease. The article presents the results of verification of a test system for detecting antibodies to bovine diarrhea virus using the enzyme immunoassay method “Cattle VD — SEROTEST plus”.

Methods. The diagnostic significance of the test system was assessed according to the indicators of sensitivity, specificity and precision under conditions of repeatability and reproducibility.

Results. The coefficient of variation (CV) for the enzyme-linked immunosorbent assay ranged from 1.9 to 11.2%, indicating good consistency of results with intra-laboratory precision under conditions of repeatability and reproducibility.

Key words: bovine viral diarrhea, enzyme immunoassay method, neutralization reaction, test system verification

For citation: Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N., Shishkina M.S. Verification of a test system for detecting antibodies to bovine diarrhea virus using the enzyme immunoassay method “Cattle VD - SEROTEST plus”. *Agrarian science.* 2024; 378(1): 48–45 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-48-45>

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

Введение/Introduction

Развитие промышленного животноводства в Российской Федерации обострило проблему респираторно-кишечной патологии, особенно у молодняка крупного рогатого скота. Ежегодно по этой причине гибнут до 40% телят в возрасте от одного до шести месяцев [1]. Одним из факторов больших экономических потерь в животноводстве является широкое распространение вируса вирусной диареи крупного рогатого скота (ВД КРС). Экономический ущерб складывается из снижения удоя у коров, потери продуктивности, гибели новорожденного молодняка, рождения нежизнеспособного потомства, развития различных форм пневмоний, нарушения функции воспроизводства животных, а также из значительных расходов на проведение лечебных, профилактических, карантинных и ликвидационных мероприятий [2–4]. Также вирус вирусной диареи является сильнейшим иммуносупрессором [5].

Важнейшей задачей в недопущении распространения этой инфекции остается своевременная постановка диагноза, который устанавливают на основании эпизоотологических, клинических, патологоанатомических и лабораторных исследований.

Одним из методов диагностики вирусной диареи ВД КРС является иммуноферментный анализ (ИФА)¹ [6]. «Золотым стандартом» для диагностики болезни остается реакция нейтрализации (РН) в культуре клеток [7, 8]. Однако данный метод требует больших трудозатрат и используется в основном в научно-исследовательских институтах [9–11].

Специалисты ВНИИЗЖ² на регулярной основе проводят испытания диагностических тест-систем, представленных на российском рынке.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Выявление антител к вирусу ВД КРС методом ИФА проводили в 2023 году тест-системой «ВД КРС — СЕРО-ТЕСТ плюс» производством ООО «Ветбиохим» (г. Москва, Россия) согласно инструкции производителя.

В рамках выполнения данной работы проведена верификация тест-системы для выявления антител к ВД КРС иммуноферментным методом «ВД КРС — СЕРО-ТЕСТ плюс» по критериям чувствительность, специфичность, повторяемость, воспроизводимость.

Верификацию тест-системы проводили в соответствии с рекомендациями МЭБ³ [13, 14].

Реакцию нейтрализации ставили согласно методическим рекомендациям⁴. РН проводили в перевиваемой культуре клеток ПТ-80 (почка теленка) с рабочей дозой 300–350 ТЦД₅₀/мл. Титр вируса рассчитывали по методу Рида и Менча⁵ и выражали в IgТЦД₅₀/мл. Исходный титр вируса составлял 5,5 IgТЦД₅₀/мл. За диагностический титр принимали разведение сыворотки 1:16 и выше [15].

Критерий повторяемости определяли с помощью одного оператора в пяти параллельных исследованиях на одном и том же оборудовании⁶.

Прецизионность в условиях воспроизводимости проводили в разные дни на одном оборудовании двумя операторами⁷.

Чувствительность тест-системы устанавливали, используя референтные сыворотки крови производства фирмы IDvet (Франция), содержащие антитела к вирусу ВД — А1, А2, А3.

Специфичность определяли с референтными сыворотками крови КРС производства фирмы IDvet (Франция), не содержащими антитела к вирусу ВД — А4, А5 (сыворотка крови, содержащая антитела к вирусу инфекционного ринотрахеита КРС).

Также исследовали 1000 полевых образцов сыворотки крови КРС, из которых 360 проб не содержат антитела к ВД КРС, но положительные к другим респираторно-кишечным инфекциям, и 640 проб от инфицированных вирусом ВД КРС и вакцинированных животных, ранее проверенных референтными методами ВОЗЖ (Всемирная организация здоровья животных)⁸ и в реакции РН.

Для оценки прецизионности в условиях повторяемости и воспроизводимости вычисляли стандартное отклонение SD (или S) и коэффициент вариации CV по следующим формулам:

$$S = \sqrt{\frac{\sum n_{i-1}(x - \bar{x})^2}{n - 1}},$$

$$CV = S/\bar{x} \times 100\%,$$

где \bar{x} — среднее арифметическое значение всех определений, S — стандартное отклонение, n — общее число измерений.

Провели сравнение полученных результатов исследования сывороток крови методами РН и ИФА. Определили сопоставимость результатов исследования 1000 проб сывороток крови по расчету диагностической чувствительности [8].

$$ДЧ = \text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛО}) \times 100\%,$$

где ДЧ — диагностическая чувствительность, ИП — истинно положительные результаты теста, ЛО — ложно отрицательные результаты теста.

Диагностическую специфичность рассчитывали по формуле:

$$ДС = \text{ИО} / (\text{ИО} + \text{ЛП}) \times 100\%,$$

где ДС — диагностическая специфичность, ИО — истинно отрицательные результаты теста, ЛП — ложноположительные результаты теста.

¹ Стратегии борьбы с вирусной диареей КРС: экспертное мнение. Аграрная наука. 2019; (1): 14–16. <https://www.elibrary.ru/yvtret>

² <https://www.arriah.ru>

³ OIE. Terrestrial Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (Mammals, Birds and Bees). Validation Guidelines 3.6.1. Development and optimisation of antibody detection assay. Paris, France. 2014. — URL: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/GUIDELINE_3.6.1_ANTIBODY_DETECT.pdf

⁴ Методические рекомендации по постановке реакции нейтрализации микрометодом в перевиваемых культурах клеток ПТ-80, КСТ для обнаружения антител к вирусу вирусной диареи — болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота (утв. ФГБУ ЦНМВЛ от 11.12. 2021).

⁵ Белоусова Р.В., Троценко Н.И., Преображенская Э.А. Практикум по ветеринарной вирусологии. 3-е изд., перераб. и доп. М.: КолосС. 2006; 99–101.

⁶ ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. М.: Госстандарт России. 2002.

⁷ ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. М.: Госстандарт России. 2002.

⁸ <https://www.waoh.org/>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для определения критериев повторяемости, воспроизводимости и специфичности (отсутствия ложноположительных результатов) для методов РН и ИФА были проведены исследования положительных референтных (A1, A2, A3) и отрицательных референтных (A4, A5) сывороток крови одним или двумя операторами в зависимости от критерия определения. Результаты исследований представлены в таблицах 1–4.

Таблица 1. Результаты определения критерия повторяемости по выявлению антител к вирусу ВД в РН с вычислениями параметров стандартного отклонения и коэффициента вариации.
Table 1. Results of determining the repeatability criterion for detecting antibodies to the VD virus in RN with calculations of the standard deviation and coefficient of variation parameters.

№ п/п	Наименование образца	x	x'	x - x'	(x - x') ²	s	Cv, %
1	A1	1:32,2	1:28	4	16	7,2	25,7
2		1:32		4	16		
3		1:16,3		-12	144		
4		1:32,3		4	16		
5		1:32		4	16		
6	A2	1:16,1	1:22	-6	36	6,4	33,0
7		1:16,3		-6	36		
8		1:16		-6	36		
9		1:32		10	100		
10		1:32		10	100		
11	A3	1:256	1:230	26	676	57,2	24,8
12		1:256,9		26	676		
13		1:256		26	676		
14		1:256		26	676		
15		1:128,4		-102	10 404		

Как видно из таблицы 1, при постановке РН с заведомо положительными референтными сыворотками крови коэффициент вариации по критерию повторяемости находился в диапазоне 24,8–33,0%.

Таблица 2. Результаты определения критерия воспроизводимости по выявлению антител к вирусу ВД в РН с вычислениями среднеарифметических параметров стандартных отклонений и коэффициентов вариации
Table 2. Results of determining the reproducibility criterion for detecting antibodies to the VD virus in RN with calculations of arithmetic mean parameters of standard deviations and coefficients of variation

№ п/п	Наименование образца	x	x'	x - x'	(x - x') ²	s	Cv, %
1	A1	1:32	1:28,4	4	16	7,2	25,35
2		1:32		4	16		
3		1:16,7		-12	144		
4		1:29,3		4	16		
5		1:32		4	16		
6	A2	1:16	1:22	-6	36	6,4	33,0
7		1:16,33		-6	36		
8		1:16,3		-6	36		
9		1:32,2		10	100		
10		1:29,1		10	100		
11	A3	1:256,33	1:205	-51,4	2601	70,1	34,1
12		1:256,6		-51,6	2662		
13		1:128,6		-76,4	5776		
14		1:256		-51	2601		
15		1:128,33		-76,67	5867		

Из данных таблицы 2 видно, что при постановке РН с заведомо положительными референтными сыворотками крови крупного рогатого скота коэффициент вариации по критерию воспроизводимости находился в интервале 25,35–34,1%.

Таблица 3. Результаты определения критерия повторяемости по выявлению антител к вирусу ВД в ИФА с вычислениями параметров стандартного отклонения и коэффициента вариации
Table 3. Results of determining the repeatability criterion for detecting antibodies to the VD virus in ELISA with calculations of the standard deviation and coefficient of variation parameters

№ п/п	Наименование образца	Оптическая плотность	Результат	S	Cv, %
1	A1	0,595	положительный	74,8	6,8
		0,512			
		0,498			
		0,565			
		0,400			
2	A2	0,930	положительный	108,1	7,6
		0,710			
		0,700			
		0,893			
		0,872			
3	A3	0,155	положительный	63,9	1,9
		0,168			
		0,149			
		0,152			
		0,140			
4	A4	1,940	отрицательный	0	0
		1,824			
		1,900			
		1,786			
		1,984			
5	A5	1,769	отрицательный	0	0
		1,865			
		1,879			
		1,667			
		1,698			

Как видно из таблицы 3, при постановке ИФА с заведомо положительными референтными сыворотками крови коэффициент вариации по критерию повторяемости находился в интервале 1,9–7,6%.

Таблица 4. Результаты определения критерия воспроизводимости по выявлению антител к вирусу вирусной диареи в ИФА с вычислениями среднеарифметических параметров стандартных отклонений и коэффициентов вариации
Table 4. Results of determining the reproducibility criterion for detecting antibodies to the viral diarrhea virus in ELISA with calculations of arithmetic mean parameters of standard deviations and coefficients of variation

№ п/п	Наименование образца	Оптическая плотность	Результат	S	Cv, %
1	A1	0,489	положительный	43,8	11,06
		0,462			
		0,390			
		0,465			
		0,399			
2	A2	0,834	положительный	43,1	11,2
		0,800			
		0,788			
		0,839			
		0,732			
3	A3	0,169	положительный	11,2	6,6
		0,178			
		0,160			
		0,154			
		0,180			
4	A4	1,846	отрицательный	0	0
		1,999			
		1,956			
		1,789			
		1,867			
5	A5	1,909	отрицательный	0	0
		1,945			
		1,776			
		1,867			
		1,847			

Из данных таблицы 4 видно, что при постановке ИФА с заведомо положительными референтными сыворотками крови коэффициент вариации по критерию воспроизводимости находился в интервале 6,6–11,2%.

При постановке двух референтных отрицательных сывороток крови A4 и A5 (в пяти повторях каждая) методом РН и тест-системой ИФА «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс» были получены отрицательные результаты, что отвечает критерию 100%-ной специфичности.

Провели сравнение двух методов, ИФА и РН, по критериям диагностической чувствительности и диагностической специфичности. Результаты исследований 1000 полевых сывороток крови крупного рогатого скота представлены в таблице 5.

После математической обработки результатов исследований (табл. 6) ДЧ-метода РН и ИФА составила от 96,5 до 97,7% соответственно, ДС — от 95,0 до 97,0% соответственно. Полученные данные говорят о приемлемых аналитических характеристиках тест-системы «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс» для выявления антител к ВД КРС иммуноферментным методом.

Выводы/Conclusion

Тест-система ИФА для выявления антител к ВД КРС «ВД КРС — СЕРОТЕСТ плюс» показала приемлемые аналитические характеристики.

По критериям повторяемости, воспроизводимости получены следующие результаты: коэффициент вариации составил от 1,9 до 7,6% и от 6,6 до 11,2% соответственно. Рассчитанное значение стандартного отклонения, выраженного в процентах, не выше задаваемых параметров. Методика соответствует

Таблица 5. Сравнение двух методов (ИФА и РН) по критериям чувствительности, специфичности, сходимости по результатам исследований 1000 полевых сывороток крови
Table 5. Comparison of two ELISA and RN methods according to the criteria of sensitivity, specificity, and convergence based on the results of studies of 1000 field blood sera

Наименование методов	Количество исследованных полевых сывороток крови	Результаты исследования					
		Положительные	ИП	ИО	ЛП	ЛО	отрицательные
ИФА	1000	625	640	360	12	15	348
РН	1000	617	640	360	20	23	340

требованием верификации по внутрилабораторной прецизионности.

При проверке критерия специфичности с двумя отрицательными референтными и 360 полевыми образцами сыворотки крови получены отрицательные результаты, что свидетельствует о специфичности данной тест-системы.

Таким образом, тест-система ИФА позволяет отличать гомологичные антитела от гетерологичных и может быть рекомендована для использования в лабораторной практике для выявления антител к вирусу ВД КРС после утверждения в установленном порядке.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования проводились в рамках выполнения НИР «Разработка комплекса методик по обеспечению пищевой и биологической безопасности». Этап 2. «Разработка методики по лабораторной диагностике вирусной диареи крупного рогатого скота».

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

FINANCING

The research was carried out as part of the research work "Development of a set of methods to ensure food and biological safety." Stage 2. "Development of methods for laboratory diagnosis of viral diarrhea in cattle."

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукьянова И.А., Ермакова Т.В., Плешакова В.И. Клинико-патоморфологические особенности течения вирусно-бактериальных респираторно-кишечных инфекций у телят. *Ветеринарная медицина*. 2012; 4(90): 49–51. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17685687>
2. Акимова О.А. и др. Выделение и идентификация вируса вирусной диареи крупного рогатого скота 3-го типа в животноводческом хозяйстве Российской Федерации. *Ветеринария*. 2021; (7): 17–22. <https://www.elibrary.ru/rdmmeee>
3. Безбородова Н.А., Вялых И.В., Томских О.Г. Значение идентификации генотипов и субтипов BVDV для оценки эпизоотического процесса. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2018; (4): 69–73. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2018.4.69>
4. Блохин А.А., Молев А.И. Клинико-морфологическая манифестация вирусной диареи крупного рогатого скота у новорожденных телят. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2013; 6(37): 42–46. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20679851>
5. Глотов А.Г., Глотова Т.И., Шуляк А.Ф. Пестивиролы жвачных животных. *Вопросы вирусологии*. 2016; 2(61): 59–62. DOI: 10.18821/0507-4088-2016-61-2-59-62
6. Глотов А.Г., Глотова Т.И., Семёнова О.В., Котенева С.В., Никонова А.А. Индикаторы циркуляции вирусной диареи (болезни слизистых оболочек) крупного рогатого скота на молочных комплексах в условиях Сибири. *Сельскохозяйственная биология*. 2016; 51(4): 483–490. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.4.483rus>
7. Гулюкин М.И., Юров К.П., Глотов А.Г., Донченко Н.А. Стратегия борьбы с вирусной диареей — болезнью слизистых крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Российской Федерации. *Вопросы вирусологии*. 2013; 58(6): 13–18. <https://www.elibrary.ru/rpbqpu>
8. Жидков С.А., Лебедев А.И., Белова Н.Б. Патогенез и формы инфекционного течения вирусной диареи — болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота. *Ветеринарная патология*. 2005; (3): 24–31. <https://www.elibrary.ru/hsqdv>
9. Кунгуртсева О.В., Глотова Т.И., Глотов А.Г. Влияние антигенной вариативности вируса вирусной диареи — болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота на результаты серологической диагностики. *Ветеринарная патология*. 2010; (1): 20–24. <https://www.elibrary.ru/obmnch>
10. Костюк С.А. Валидация молекулярно-биологических методов лабораторной диагностики. *Медицинские новости*. 2012; (4): 16–19. <https://www.elibrary.ru/oxtrj>

REFERENCES

1. Lukyanova I.A., Ermakova T.V., Pleshakova V.I. Clinical and pathomorphological features of the course of viral-bacterial respiratory and intestinal infections in calves. *Veterinary medicine*. 2012; 4(90): 49–51 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17685687>
2. Akimova O.A. et al. Isolation and identification of bovine viral diarrhea virus type 3 at a farm in Russian Federation. *Veterinary medicine journal*. 2021; (7): 17–22 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rdmmeee>
3. Bezborodova N.A., Vyalykh I.V., Tomskikh O.G. The relevance of genotyping and subtyping of BVDV in assessing the epizootic process. *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. 2018; (4): 69–73 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2018.4.69>
4. Blokhin A.A., Molev A.I. Clinical and morphological manifestation of bovine viral diarrhea in newborn calves. *Agricultural Science of the Euro-North-East*. 2013; 6(37): 42–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20679851>
5. Glotov A.G., Glotova T.I., Shulyak A.F. Pestiviruses of ruminants. *Questions of virology*. 2016; 2(61): 59–62 (in Russian). DOI: 10.18821/0507-4088-2016-61-2-59-62
6. Glotov A.G., Glotova T.I., Semenova O.V., Koteneva S.V., Nikonova A.A. The bovine viral diarrhea indicators in the cattle on the big dairy farms in Siberia. *Agricultural Biology*. 2016; 51(4): 483–490. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.4.483eng>
7. Gulyukin M.I., Yurov K.P., Glotov A.G., Donchenko N.A. Bovine viral diarrhea control in Russian Federation. *Problems of virology*. 2013; 58(6): 13–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rpbqpu>
8. Zhidkov S.A., Lebedev A.I., Belova N.B. Pathogenesis and forms of infectious course of viral diarrhea — diseases of the mucous membranes of cattle. *Veterinary Pathology*. 2005; (3): 24–31 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hsqdv>
9. Kungurtseva O.V., Glotova T.I., Glotov A.G. The influence of antigenic variability of the viral diarrhea virus, a disease of the mucous membranes of cattle, on the results of serological diagnosis. *Veterinary Pathology*. 2010; (1): 20–24 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/obmnch>
10. Kostyuk S.A. Molecular-biological laboratory diagnostics methods validation. *Meditsinskie novosti*. 2012; (4): 16–19 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oxtrj>

11. Khodakaram-Tafti A., Farjanikish G.H. Persistent bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infection in cattle herds. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2017; 18(3): 154–163.
12. Преображенская А.С. и др. Лабораторные испытания ОТ-ПЦР тест-системы VetMAX BVDV Screening для обнаружения генома вируса вирусной диареи крупного рогатого скота фирмы Thermo Fisher. *Аграрная наука*. 2020; (5): 28–33.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-28-34>
13. Jacobson R.H. Validation of serological assays for diagnosis of infectious diseases. *Rev. Sci. Tech. OIE*. 1998; 2(17): 469–486.
14. Луговская Н.Н. и др. Валидация методики определения уровня противоящурных антител в реакции жидкофазного блокирующего сэндвич-варианта иммуноферментного анализа. *Ветеринария сегодня*. 2015; 3(14): 22–29.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24343424>
15. Скворцова А.Н., Михайлова В.В., Шишкина М.С., Лобова Т.П. Использование перевиваемых культур клеток ПТ-80 и КСТ для постановки реакции нейтрализации на обнаружение антител к вирусу вирусной диареи крупного рогатого скота. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2022; (12–2): 59–56.
<https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202212207>

ОБ АВТОРАХ

Вера Владимировна Михайлова
младший научный сотрудник отдела вирусологии
vera.mihaylova.74@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9325-7299>

Татьяна Петровна Лобова
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник отдела вирусологии
t.lobova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9167-2317>

Мария Сергеевна Шишкина
младший научный сотрудник отдела вирусологии
m.belyaeva@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6930-5043>

Анастасия Николаевна Скворцова
младший научный сотрудник отдела вирусологии
nefedovi5748@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3071-0225>

Федеральный центр охраны здоровья животных,
ул. Оранжерейная, 23, Москва, 111622, Россия

11. Khodakaram-Tafti A., Farjanikish G.H. Persistent bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infection in cattle herds. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2017; 18(3): 154–163.
12. Преобразженская А.С. и др. Laboratory tests of the VetMAX BVDV Screening RT-PCR test system for detecting the genome of the bovine viral diarrhoea virus by Thermo Fisher. *Agrarian science*. 2020; (5): 28–34 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-28-34>
13. Jacobson R.H. Validation of serological assays for diagnosis of infectious diseases. *Rev. Sci. Tech. OIE*. 1998; 2(17): 469–486.
14. Lugovskaya N.N. et al. Validation of a method for determining the level of anti-foot-and-mouth disease antibodies in the reaction of a liquid-phase blocking sandwich version of an enzyme-linked immunosorbent assay. *Veterinary medicine today*. 2015; 3(14): 22–29 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24343424>
15. Skvortsova A.N., Mikhailova V.V., Shishkina M.S., Lobova T.P. The use of transplanted cultures of PT-80 cells, KST, to set up a neutralization reaction to the detection of antibodies to the bovine viral diarrhoea virus. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2022; (12–2): 59–56 (in Russian).
<https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202212207>

ABOUT THE AUTHORS

Vera Vladimirovna Mikhailova
Junior Researcher at the Virology Department
vera.mihaylova.74@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9325-7299>

Tatyana Petrovna Lobova
Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher at the Department of Virology
t.lobova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9167-2317>

Maria Sergeevna Shishkina
Junior Researcher at the Virology Department
m.belyaeva@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6930-5043>

Anastasia Nikolaevna Skvortsova
Junior Researcher at the Virology Department
nefedovi5748@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3071-0225>

Federal center for animal health,
23 Orangerейnaya Str., Moscow, 111622, Russia

Е.А. Йылдырым¹ ✉
Л.А. Ильина¹
Г.Ю. Лаптев¹
В.А. Филиппова¹
А.В. Дубровин¹
Д.Г. Тюрина¹
К.А. Калиткина¹
А.С. Дубровина¹
Е.С. Пономарева¹
В.И. Фисинин²
И.А. Егоров²
Т.А. Егорова²
В.А. Манукян²
Т.Н. Ленкова²
О.Н. Дегтярева²
М.С. Тищенко²
Е.С. Демидова²
Л.М. Кашпоров²
В.Е. Пашченко²

¹ ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, Москва, Россия

✉ deniz@biotrof.ru

Поступила в редакцию:
25.11.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-53-79

Elena A. Yildirim¹ ✉
Larisa A. Ilyina¹
George Yu. Laptev¹
Valentina A. Filippova¹
Andrey V. Dubrovin¹
Darya G. Tyurina¹
Xenia A. Kalitkina¹
Alisa S. Dubrovina¹
Ekaterina S. Ponomareva¹
Vladimir I. Fisinin²
Ivan A. Egorov²
Tatyana A. Egorova²
Vardges A. Manukyan²
Tatyana N. Lenkova²
Olga N. Degtyareva²
Maria S. Tishenkova²
Ekaterina S. Demidova²
Lev M. Kashporov²
Viktoria E. Pashchenko²

¹ «БИОТРОФ+» Ltd, Saint-Petersburg, Russia

² All-Russian Research and Technological Poultry Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ deniz@biotrof.ru

Received by the editorial office:
24.07.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Влияние различных источников аминокислот на состав кишечной микрофлоры мясных кур и петухов родительского стада кросса «Смена 9»

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Кишечная микробиота играет решающую роль в переваривании корма и усвоении питательных веществ у сельскохозяйственной птицы, оказывая влияние на зоотехнические показатели. **Цель исследования** — сравнение влияния добавления в рацион лизина и метионина в различных формах на состав кишечной микрофлоры кур и петухов кросса «Смена 9», а также установление связи состава микрофлоры на разных рационах с зоотехническими показателями птиц.

Методы. Проведены физиологические исследования на мясных курах породы плимутрок и петухах породы корнш родительского стада отечественного кросса «Смена 9» селекции СГЦ «Смена». Были сформированы 4 группы (контрольная 1А и опытные 2А-4А) по 9 голов кур и 4 группы по 9 голов петухов (контрольная 1Б и опытные 2Б-4Б). Анализ проб содержимого слепых отростков кишечника птиц проводили методом ПЦР.

Результаты. Как показал метод количественной ПЦР, изучаемые факторы кормления: различные источники лизина и метионина и сниженный на 5% уровень обменной энергии корма по-разному повлияли на состав микрофлоры кур и петухов родительского поголовья нового кросса «Смена 9». Так, например, при снижении уровня обменной энергии в рационах кур наблюдалось уменьшение от 1,2 до 5,0 раз таких представителей нормофлоры, как *Bacteroidetes* и *Eubacteriaceae*, по сравнению с аналогичными группами с базовым количеством обменной энергии ($p \leq 0,05$). При введении в рацион лизина в форме монохлоргидрата и DL-метионина отмечено снижение массы яичников с яйцеводом на 6,9 г на фоне уменьшения уровня обменной энергии по сравнению с соответствующей группой с базовым содержанием обменной энергии ($p \leq 0,05$), тогда как при использовании лизина в форме сульфата и метионина в форме гидроксиданалога метионина подобного эффекта снижения не отмечено ($p > 0,05$). При этом сдвиги в составе микрофлоры на фоне изменения рационов не имели какой-либо связи с изученными зоотехническими параметрами у кур и петухов.

Ключевые слова: кросс «Смена 9», лизин, метионин, инкубационные яйца, микрофлора кишечника, количественная ПЦР

Для цитирования: Йылдырым Е.А. и др. Влияние различных источников аминокислот на состав кишечной микрофлоры мясных кур и петухов родительского стада кросса «Смена 9». *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 53–79.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-53-79>

© Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Лаптев Г.Ю., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Тюрина Д.Г., Калиткина К.А., Дубровина А.С., Пономарева Е.С., Фисинин В.И., Егоров И.А., Егорова Т.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Дегтярева О.Н., Тищенко М.С., Демидова Е.С., Кашпоров Л.М., Пашченко В.Е.

Influence of various sources of amino acids on composition of intestinal microflora of meat chickens and roosters of parent herd of cross «Smena 9»

ABSTRACT

Relevance. The intensin's microbiota plays a crucial role in feed digestion and nutrient digestion in farm poultry, influencing zootechnical performance.

The aim of the study was to compare the effect of the addition of lysine and methionine in various forms to the diet on the composition of the intestinal microflora of chickens and roosters of the «Smena 9» cross, as well as to establish a connection between the composition of microflora in different diets with the zootechnical indicators of birds.

Methods. Physiological research were carried out on meat chickens of the Plimutrock breed and roosters of the Cornish breed of the parent herd of the domestic cross «Smena 9» selection of the «Smena» SSC. 4 groups were formed (control 1A and experimental 2A-4A) such as of 9 laying heads and 4 groups of 9 rooster heads (control 1B and experimental 2B-4B). Analysis of samples of the contents of blind processes of the intestine of birds was carried out by PCR.

Results. As shown by the quantitative PCR method, the studied feeding factors: various sources of lysine and methionine and a 5% reduced level of metabolic energy of feed had a different effect on the composition of the microflora of chickens and roosters of the parent stock of the new cross «Smena 9». For example, with a decrease in the level of metabolic energy in the diets of chickens, there was a decrease from 1.2 to 5.0 times in such representatives of the normoflora as *Bacteroidetes* and *Eubacteriaceae*, compared with similar groups with a basic amount of metabolic energy ($p < 0.05$). When lysine was introduced into the diet in the form of monochlorohydrate and DL-methionine, a decrease in the weight of ovaries with an oviduct by 6.9 g was noted against the background of a decrease in the level of metabolic energy compared with the corresponding group with a base content of metabolic energy ($p \leq 0.05$), whereas when using lysine in the form of sulfate and methionine in the form of a hydroxylanalogue of methionine, a similar effect was reduced not noted ($p > 0.05$). At the same time, shifts in the composition of microflora against the background of changes in diets did not have any connection with the studied zootechnical parameters in chickens and roosters.

Key words: cross «Smena 9», lysine, methionine, incubation eggs, intestinal microflora, quantitative PCR

For citation: Yildirim E.A. and. al. Influence of various sources of amino acids on composition of intestinal microflora of meat chickens and roosters of parent herd of cross «Smena 9». *Agrarian science*. 2024; 378(1): 53–79 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-53-79>

© Yildirim E.A., Ilyina L.A., Laptev G.Yu., Filippova V.A., Dubrovin A.V., Tyurina D.G., Kalitkina K.A., Dubrovina A.S., Ponomareva E.S., Fisinin V.I., Egorov I.A., Egorova T.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., Degtyareva O.N., Tishenkov M.S., Demidova E.S., Kashporov L.M., Pashchenko V.E.

Введение/Introduction

Реализация генетического потенциала птиц без дополнительного включения в комбикорма основных незаменимых синтетических аминокислот невозможно. Однако в последние годы произошло резкое увеличение стоимости данных важнейших сырьевых компонентов, необходимых для производства комбикормов, что инициирует проведение исследований в направлении поиска наиболее экономически эффективных источников аминокислот.

Как известно, метионин является первой лимитирующей незаменимой аминокислотой для сельскохозяйственной птицы [1]. Различные источники метионина могут быть использованы организмом птицы с помощью уникального ферментативного пути, включающего оксидазу D-аминокислот, которая может превращать D-изомер или аналог в L-изомер в печени и почках. Традиционно метионин вводят в рацион птиц в основном в виде DL-метионина. Однако синтетическим источником метионина в комбикорме может явиться не только сухой DL-метионин, но и его жидкий гидроксипропанал, применение которого экономически более выгодно [2]. Ряд исследователей считают, что гидроксипропанал метионина не менее эффективен, чем DL-метионин. Другие авторы имеют противоположную точку зрения [3], поэтому значение форм метионина в птицеводстве требует более углубленного исследования.

Лизин также является незаменимой аминокислотой для птиц [4], но чрезмерная концентрация кормового лизина может оказывать негативное воздействие на птиц, например снижать набор живой массы и увеличивать частоту серьезных проблем с лапами [5].

Обычной формой, в которой лизин добавляется в рацион бройлеров, является лизин гидрохлорид, который содержит 78% доступного лизина. Сульфат L-лизина является альтернативой L-лизину гидрохлориду. Он содержит 52% доступного лизина, его использование является весьма привлекательным как по экологическим, так и по экономическим причинам. Ввод монохлоргидрата лизина приводит к завышению в корме уровня хлора в комбикормах при их балансировании по лизину.

Как известно, избыток хлора в рационе вызывает такие негативные эффекты, как снижение иммунитета и нарушение обмена веществ. В отличие от кристаллического лизина гидрохлорида, лизин сульфат не содержит хлора, но содержит побочные продукты ферментации углеводов и высушенные микробные клетки. По мнению некоторых исследователей, присутствие высушенных микробных клеток придает L-лизин сульфату дополнительную питательную ценность [6], что может положительно отражаться на продуктивности и метаболических характеристиках цыплят-бройлеров. Однако, как показали Н. Jia и соавт. [7], чрезмерное добавление лизина сульфата в рацион из кукурузно-соевой муки оказывает негативное воздействие на бройлеров.

С другой стороны, эффективность использования племенной птицы родительских стад, в частности количество цыплят, полученных от каждой родительской пары, в высокой степени определяется воспроизводительными качествами несушек и петухов [8]. Но необходимо отметить, что некоторые значимые признаки продуктивности сельскохозяйственных птиц имеют отрицательную биологическую корреляционную зависимость. Так, живая масса и масса яиц находятся

в отрицательной связи с воспроизводительными качествами, к которым относят яйценоскость, оплодотворяемость и выводимость яиц, а также выход молодняка [9, 10]. Поэтому для снижения отложения в организме птиц родительского поголовья жира и сдерживания нарастания живой массы применяется количественное ограничение в корме, в том числе уменьшение уровня аминокислот и энергии за счет включения в рецепты комбикормов компонентов с повышенным уровнем клетчатки [11]. Тем не менее этот прием не должен оказывать отрицательное влияние на состояние здоровья. Существуют противоречивые сведения о воздействии рационов со сниженным количеством обменной энергии на здоровье животных и птиц [12, 13]. Кроме того, на птице родительского поголовья нового кросса «Смена 9» такие исследования не проводились.

Важно отметить, что желудочно-кишечный тракт цыплят, где происходят переваривание и всасывание компонентов рациона (в том числе аминокислот), содержит очень сложные и разнообразные микробные сообщества, включающие как полезные, так и нежелательные бактерии [14]. Но динамический баланс, как правило, поддерживается таким образом, что полезные бактерии преобладают над вредными [15].

Кишечная микробиота играет решающую роль в переваривании корма и усвоении питательных веществ у сельскохозяйственной птицы. Она имеет связь с коэффициентом конверсии корма, приростом массы тела, здоровьем, мясной и яичной продуктивностью птиц. Количество и тип микробных сообществ в каждом отделе кишечника варьируют в зависимости от поступления питательных веществ из рациона, иммунных реакций хозяина и метаболитов, вырабатываемых этой сложной микробной системой в кишечнике [14].

Такие факторы, как стрессы и условия содержания, а также состав рациона, могут вызывать пагубные изменения в изменении баланса кишечной микрофлоры, приводящие к ухудшению здоровья птиц, снижению производственных показателей, включая качество и выход инкубационных яиц, а также репродуктивное здоровье кур и петухов [16].

Ранее в опытах изучено влияние гидроксипропанала метионина на состав микрофлоры кишечника бройлеров кросса «Росс 308» [17, 18]. Тем не менее отсутствуют данные о специфическом воздействии различных источников метионина, лизина и рационов со сниженным (по сравнению с нормой) количеством обменной энергии на состав микрофлоры кишечника птиц нового отечественного кросса «Смена 9».

Цель исследования — сравнение влияния добавления в рацион кормления лизина и метионина в различных формах на фоне базового и сниженного количества обменной энергии на состав кишечной микрофлоры кур и петухов кросса «Смена 9», а также установление связи состава микрофлоры на разных рационах с зоотехническими показателями птиц, включая качество инкубационных яиц.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

На базе вивария СГЦ «Загорское ЭПХ»¹ (Московская обл., Россия) в 2023 году проведены физиологические исследования на мясных курах породы плимутрок и петухах породы корниш родительского стада

¹ Селекционно-генетический центр «Загорское экспериментальное племенное хозяйство» — филиал ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук».

Таблица 1. Схема опыта на мясных курах породы плимутрок и петухах породы корниш родительского стада кросса «Смена 9»
Table 1. Scheme of experience on meat chickens of the Plimutrock breed and roosters of the Cornish breed of the parent herd of the cross «Smena 9»

Группы		Состав рациона
куры	петухи	
Контрольная 1А	Контрольная 1Б	Основной рацион (ОР), сбалансированный по всем питательным веществам согласно «Руководству по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с применением монохлоргидрата лизина и DL-метионина
Опытная 2А	Опытная 2Б	ОР с применением сульфата лизина и гидроксианалога метионина
Опытная 3А	Опытная 3Б	ОР с пониженными на 5% уровнями лизина в форме монохлоргидрата и DL-метионина и обменной энергии
Опытная 4А	Опытная 4Б	ОР с пониженными на 5% уровнями лизина (в форме сульфата) и метионина (в форме гидроксианалога метионина) и обменной энергии

Таблица 2. Структура и рецепты комбикормов для кур
Table 2. Structure and recipes of compound feeds for chickens

Компонент	Группа			
	1А	2А	3А	4А
	Уровень ввода, %			
Пшеница 11,5%	33,22	33,25	40,91	40,19
Кукуруза 8,5%	25,00	25,00	20,52	20,94
Овес 10,5%*	7,00	7,00	7,00	7,00
Жмых подсолнечный 32%	11,13	11,00	10,64	11,00
Соевый шрот 44%	10,48	10,54	9,29	9,19
Мука рыбная 67,0%	1,50	1,50	1,50	1,50
Монокальцийфосфат	1,22	1,22	1,21	1,21
Известняк Са 36%	6,89	6,89	6,91	6,91
Масло соевое	2,50	2,50	1,00	1,00
Премикс 0,5%	0,50	0,50	0,50	0,50
Соль	0,29	0,29	0,29	0,29
Лизин сульфат 70%	–	0,11	–	0,10
Лизин HCl	0,08	–	0,08	–
Холин хлорид	0,08	0,08	0,08	0,08
Треонин	0,02	0,02	0,01	0,01
Родимет	–	0,09	–	0,07
Метионин	0,08	–	0,06	–
Фекорд	0,01	0,01	0,01	0,01
Обменная энергия, Ккал / 100 г МДж/кг	280,00 11,73	280,00 11,73	270,00 11,31	270,00 11,31

отечественного кросса «Смена 9» селекции СГЦ «Смена»² (Московская обл., Россия).

В начале продуктивного периода в возрасте 25 недель были сформированы 4 группы (контрольная 1А и опытные 2А–4А) по 9 голов кур и 4 группы по 9 голов петухов (контрольная 1Б и опытные 2Б–4Б). Каждая птица размещалась в отдельной клетке.

Питательность комбикормов для мясных кур контрольной группы соответствовала «Руководству по работе с птицей мясного кросса «Смена 9»», 2021 г.³

Птиц кормили рассыпными комбикормами. Структура и рецепт комбикормов для кур представлены в таблице 2. Каждая несушка на пике продуктивности получала ежедневно в утренние часы по 165 г комбикорма в расчете на голову.

Каждый петух ежедневно в утренние часы получал по 130 г комбикорма и через два часа — по 15 г зерна овса.

Таблица 3. Структура и рецепты комбикормов для петухов
Table 3. Structure and recipes of feed for roosters

Компонент	Группа			
	1-я К	2-я	3-я	4-я
Уровень ввода, %				
Пшеница 11,5%	45,04	44,94	49,13	49,12
Кукуруза 8,5%	15,00	15,00	10,00	10,00
Овес 10,5%*	12,00	12,00	12,00	12,00
Жмых подсолнечный 32%	10,16	10,07	3,03	2,95
Отруби пшеничные 14,4%	8,97	9,07	14,00	14,00
Мука травяная 16,0%	3,00	3,00	6,00	6,00
Мука рыбная 67,0%	1,50	1,50	1,50	1,50
Монокальцийфосфат	1,12	1,12	1,12	1,12
Известняк Са 36%	1,01	1,01	0,96	0,96
Масло соевое	1,00	1,00	1,00	1,00
Премикс 0,5%	0,50	0,50	0,50	0,50
Соль	0,31	0,31	0,32	0,32
Лизин сульфат 70%	–	0,26	–	0,27
Лизин HCl	0,18	–	0,19	–
Холин хлорид	0,08	0,08	0,08	0,08
Треонин	0,07	0,07	0,09	0,09
Родимет	–	0,06	–	0,08
Метионин	0,05	–	0,07	–
Фекорд	0,01	0,01	0,01	0,01
Обменная энергия, Ккал / 100 г МДж/кг	275 11,52	275 11,52	266,80 11,18	266,88 11,18

Примечание: * 15 г овса, включенные в рецепт комбикорма, скармливали ежедневно в натуральном виде.

Уровни добавки в комбикорма всех биологически активных веществ обеспечивали за счет использования премикса.

Для поения использовали nipple-поилки, а для освещения применяли лампы накаливания, длина светового дня составляла 14 часов при интенсивности освещения 20–25 лк.

Оплодотворяющую способность спермы от петухов всех групп определяли путем искусственного осеменения кур породы плимутрок. Для взятия спермы 2 раза в неделю петухов массажировали и полученной спермой в 35-недельном возрасте осеменяли 4 группы кур-несушек породы плимутрок (по 10 голов в каждой).

От каждой группы собирали по 100 яиц и закладывали на инкубацию.

Убой кур и петухов проводили в 35-недельном возрасте.

При постановке эксперимента были соблюдены требования Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях⁴ (ETS № 123, г. Страсбург, 1986).

Отбор проб содержимого слепых отростков кишечника птиц (в трех повторностях) проводили в конце эксперимента (35 недель) с максимально возможным соблюдением условий асептики. Все образцы замораживали при -20 °С и транспортировали в сухом льду в лабораторию ООО «БИОТРОФ».

Тотальную ДНК из образцов выделяли с использованием набора Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, Inc., США) согласно инструкции. Реакции амплификации проводили на амплификаторе DTLight (ДНК-Технология, Россия). Праймеры для детекции микроорганизмов в пробах были разработаны с использованием программы NCBI/Primer-BLAST⁵ Анализ

² <https://spsmena.ru/> Селекционно-генетический центр «Смена» — филиал ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук.

³ Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской формой / Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова и др. Под общ. ред В.И. Фисинина. Сергиев Посад. 2021; 99.

⁴ <https://rm.coe.int/168007a6a8> Текст изменен в соответствии с положениями Протокола (СЕД № 170) (вступление в силу 2 декабря 2005 года).

⁵ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast>

бактерий в пробах проводили методом ПЦР в реальном времени с помощью «Набора реактивов для проведения ПЦР-РВ в присутствии интеркалирующего красителя EVA Green» (ЗАО «Синтол», Россия) и праймеров (5'-3').

Математическую и статистическую обработку результатов осуществляли методом многофакторного дисперсионного анализа (Multifactor ANalysis of VAriance, ANOVA) в программах Microsoft Excel XP/2003 (США), R-Studio (Version 1.1.453)⁶. Достоверность различий устанавливали по t-критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Средние значения сравнивали с использованием теста достоверно значимой разницы Тьюки (HSD) и функции TukeyHSD в пакете R Stats Package⁷.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для выявления возможных различий в составе микробиоты кишечника с зоотехническими показателями птиц были изучены параметры живой массы, воспроизводительной способности и качества инкубационных яиц кур кросса «Смена 9» (табл. 4).

Из таблицы 4 видно, что достоверных изменений между группами по таким показателям, как яйценоскость, масса яиц, выход инкубационных яиц, инкубационные качества яиц, не отмечено ($p > 0,05$). При этом снижение уровня обменной энергии в рационах (опытные группы 3А и 4А) от уровня базового рациона (контрольная группа 1А и опытная 2А) приводило к ожидаемому эффекту — уменьшению живой массы кур в группе 3А в 26 недель, в группе 4А — в 39 недель ($p \leq 0,05$). Однако в группе 3А при введении в рацион лизина в форме монохлоргидрата и DL-метионина отмечено и снижение массы яичников с яйцеводом на 6,9 г на фоне уменьшения уровня обменной энергии по сравнению с группой 1А с базовым уровнем обменной энергии ($p \leq 0,05$). При этом в группе 4А при использовании лизина в форме сульфата и метионина в форме гидроксиданалога метионина подобного эффекта снижения не отмечено ($p > 0,05$), что свидетельствует о большей эффективности этих источников аминокислот.

Важно подчеркнуть изучаемые факторы кормления: различные источники лизина и метионина и уровня обменной энергии по-разному повлияли на организм кур и петухов.

Таблица 4. Зоотехнические показатели мясных кур материнской родительской формы кросса «Смена 9» за 13 недель продуктивного периода

Table 4. Zootechnical indicators of meat chickens of the parent form of the "Smena 9" cross-section for 13 weeks of the productive period

Показатели	Группы			
	1А	2А	3А	4А
Сохранность поголовья, %	100,0	100,0	100,0	100,0
Живая масса (г) в:				
26 недель	3572 ± 34,5 ^a	3587 ± 33,8 ^a	3492 ± 32,3 ^b	3510 ± 38,4 ^{ab}
39 недель	4220 ± 35,5 ^{ab}	4242 ± 36,2 ^a	4170 ± 29,4 ^{bc}	4105 ± 34,5 ^c
Яйценоскость на начальную несущую за 13 недель продуктивного периода, шт.	68,0	70,0	67,0	68,0
Масса яиц в 30-недельном возрасте, г	58,01 ± 0,22	58,21 ± 0,33	57,72 ± 0,30	57,94 ± 0,31
Выход инкубационных яиц, %	95,6	95,7	94,0	95,6
Инкубационные качества яиц:				
оплодотворенность, %	91,0	92,0	90,0	92,0
выводимость, %	86,8	88,0	85,1	89,1
вывод цыплят, %	84,0	86,0	83,0	85,0
Масса яичника с яйцеводом (г) в возрасте 39 недель	156,2 ± 1,11 ^a	160,4 ± 1,72 ^a	149,3 ± 1,69 ^b	160,7 ± 1,84 ^a

Примечание: а-с — данные с общим верхним индексом достоверно не различаются ($p > 0,05$) между группами.

⁶ <https://rstudio.com>

⁷ <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/O0Index.html>

Таблица 5. Живая масса и масса семенников мясных петухов отцовской родительской формы кросса «Смена 9» в 35 недель

Показатель	Группа			
	1Б	2Б	3Б	4Б
Живая масса, г	4705 ± 151,4 ^a	4772 ± 160,2 ^a	4712 ± 154,4 ^a	4705 ± 171,6 ^a
Масса семенников, г	39,1 ± 3,11 ^a	42,9 ± 4,22 ^a	37,7 ± 3,12 ^a	42,8 ± 4,17 ^a
Относительная масса семенников (к живой массе), %	0,83 ± 0,06 ^a	0,90 ± 0,05 ^a	0,80 ± 0,07 ^a	0,91 ± 0,04 ^a

Примечание: а — данные достоверно не различаются ($p > 0,05$) между группами.

Таблица 6. Содержание некоторых групп микроорганизмов в пробах слепых отростков кишечника мясных кур материнской родительской формы кросса «Смена 9» методом количественной ПЦР, геномов/г

Table 6. Content of certain groups of microorganisms in samples of blind intestinal processes of meat chickens of maternal parent cross form "Smena 9" by quantitative PCR, genomes/g

Наименование таксона бактерий	Группы			
	1А	2А	3А	4А
Нормофлора				
<i>Bacteroidetes</i>	1,3 × 10 ⁸ ± 7,95 × 10 ⁶ ^a	1,6 × 10 ⁸ ± 9,41 × 10 ⁶ ^a	6,3 × 10 ⁷ ± 4,40 × 10 ⁶ ^b	5,0 × 10 ⁷ ± 3,28 × 10 ⁶ ^b
<i>Eubacteriaceae</i>	2,0 × 10 ⁶ ± 1,47 × 10 ⁵ ^a	1,0 × 10 ⁶ ± 1,32 × 10 ⁵ ^a	7,9 × 10 ⁵ ± 1,89 × 10 ⁴ ^b	4,0 × 10 ⁵ ± 1,39 × 10 ⁴ ^c
<i>Clostridiaceae</i>	7,9 × 10 ⁷ ± 4,63 × 10 ⁶ ^a	4,0 × 10 ⁷ ± 1,23 × 10 ⁶ ^b	4,0 × 10 ⁷ ± 2,50 × 10 ⁶ ^b	1,6 × 10 ⁷ ± 9,98 × 10 ⁶ ^c
<i>Lactobacillus spp.</i>	2,5 × 10 ⁶ ± 1,34 × 10 ⁵	2,0 × 10 ⁶ ± 9,97 × 10 ⁴	2,5 × 10 ⁶ ± 2,20 × 10 ⁵	1,6 × 10 ⁶ ± 1,53 × 10 ⁵
<i>Selenomonadaceae</i>	4,0 × 10 ⁶ ± 2,45 × 10 ⁵ ^a	2,0 × 10 ⁶ ± 1,11 × 10 ⁵ ^b	3,2 × 10 ⁶ ± 1,02 × 10 ⁵ ^a	1,0 × 10 ⁶ ± 8,47 × 10 ⁴ ^a
Нежелательная и условно-патогенная микрофлора				
<i>Peptostreptococcus spp.</i>	1,0 × 10 ⁶ ± 1,07 × 10 ⁵ ^a	7,9 × 10 ⁵ ± 1,96 × 10 ⁴ ^b	7,9 × 10 ⁵ ± 8,70 × 10 ³ ^b	3,2 × 10 ⁵ ± 9,45 × 10 ³ ^c
<i>Enterobacteriaceae</i>	1,3 × 10 ⁵ ± 1,03 × 10 ⁴ ^a	4,0 × 10 ⁴ ± 2,52 × 10 ³ ^b	1,3 × 10 ⁵ ± 1,12 × 10 ⁴ ^a	4,0 × 10 ⁴ ± 8,74 × 10 ³ ^b
<i>Actinomycetales</i>	1,3 × 10 ⁵ ± 5,22 × 10 ⁴ ^a	1,3 × 10 ⁴ ± 2,30 × 10 ³ ^b	2,5 × 10 ⁴ ± 3,62 × 10 ³ ^b	2,0 × 10 ⁴ ± 1,03 × 10 ³ ^b
Таксоны, среди которых нередко встречаются патогены				
<i>Fusobacteriaceae</i>	1,0 × 10 ⁶ ± 1,06 × 10 ⁵ ^a	6,3 × 10 ³ ± 6,27 × 10 ² ^b	6,3 × 10 ⁴ ± 7,54 × 10 ³ ^c	7,9 × 10 ³ ± 6,80 × 10 ² ^b
<i>Streptococcus spp.</i>	—	—	—	—
<i>Staphylococcus spp.</i>	6,3 × 10 ⁴ ± 5,41 × 10 ³ ^a	1,3 × 10 ⁵ ± 1,69 × 10 ⁴ ^b	4,0 × 10 ⁴ ± 3,32 × 10 ³ ^a	6,3 × 10 ⁴ ± 4,45 × 10 ³ ^a

Примечание: а-с — данные с общим верхним индексом достоверно не различаются ($p > 0,05$) между группами.

Как видно из таблицы 5, показатели живой массы, а также абсолютной и относительной массы семенников во всех вариантах были неизменны ($p > 0,05$).

Методом количественной ПЦР в пробах слепых отростков кишечника кур и петухов (табл. 6) подопытного и контрольного поголовья было установлено изменение некоторых представителей нормофлоры, условно-патогенной и патогенной микрофлоры под влиянием изучаемых параметров.

Исследования показали, что не было отмечено связи между применением разных источников аминокислот в комбикормах, а также снижением обменной энергии на 5% с составом

микрофлоры слепых отростков кишечника несушек, однако в группах 2А–4А изменялось количественное соотношение некоторых таксонов бактерий по сравнению с контрольной группой 1А ($p \leq 0,05$).

Так, при снижении уровня обменной энергии в рационе наблюдалось уменьшение (от 1,2 до 5,0 раз) таких представителей нормофлоры, как *Bacteroidetes* и *Eubacteriaceae* в группах 3А и 4А по сравнению с контролем 1А и группой 2А ($p \leq 0,05$). Это могло быть связано со снижением живой массы кур, поскольку, как было показано в опытах на млекопитающих, численность бактерий *Bacteroidetes* находится в прямой зависимости от набора массы тела и ожирения [19]. *Bacteroidetes* и *Eubacteriaceae* — это бактерии-комменсалы, которые вырабатывают летучие жирные кислоты (ЛЖК), такие как ацетат, пропионат, бутират и лактат [20]. Эти ЛЖК играют специфическую роль в пищеварительной системе, такую как вклад в увеличение уровня энергии за счет усиления глюконеогенеза [21] и уменьшение нежелательных видов бактерий в кишечнике.

ЛЖК стимулируют пролиферацию и дифференцировку клеток эпителия кишечника и увеличивают высоту ворсинок, тем самым увеличивая площадь поглощающей поверхности кишечника. Ацетат и пропионат также действуют как энергетический субстрат для тканей. Большинство филоципов бактерий, распространенных у птиц с более высоким потреблением корма и более высокими показателями прироста живой массы, являются, как правило, микроорганизмами с известными полезными метаболическими характеристиками [22].

Ранее многочисленные исследования показали, что состав рациона вносит основной вклад в изменение разнообразия кишечного микробиома — как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе [23]. Например, было доказано, что рацион с высоким содержанием животного белка был связан с увеличением количества *Bacteroides* spp., *Alistipes* spp. и *Bilophila* spp., в то время как количество *Lactobacillus* spp. и *Roseburia* spp. уменьшалось [24, 25].

Кроме того, в опытных группах 2А–4А происходило снижение практически во всех случаях нежелательных бактерий, таких как пептострептококки, энтеробактерии и актиномицеты, а также патогенных фузобактерий по сравнению с контролем 1А ($p \leq 0,05$), которые при ослаблении резистентности могут вызывать воспалительные заболевания у птиц. Так, например, снижение фузобактерий в группах 2А–4А достигало от 126,6 до 158,7 раза по сравнению с контрольной группой 1А ($p \leq 0,05$). Ранее S. Kumar и соавт. [26] обнаружили увеличение содержания пептострептококков в слепых отростках кишечника при снижении уровня метионина в рационе бройлеров Cobb 500 в возрасте 21 и 42 дней. Хотя пептострептококк является частью нормальной микробиоты кишечника [27], он считается условно-патогенным микроорганизмом [28]. L. Yan и соавт. [29] обнаружили, что крупноизмельченная кукуруза увеличивала количество пептострептококка в подвздошной кишке, то есть пептострептококк потенциально процветает в условиях, богатых питательными веществами.

Проведенные исследования еще раз доказывают, что в результате изменения рациона может быть снижен или, напротив, увеличен риск определенных заболеваний, в частности возникающих из-за воспаления эпителия кишечника.

По мнению авторов, изменения в составе микрофлоры в группе 2А по сравнению с группой 1А могут быть

связаны с тем, что гидроксиданалог метионина по сравнению с DL-метионином связан со снижением буферной емкости корма.

Необходимо отметить, что изменение в составе микрофлоры в группе 3А могло иметь связь со снижением массы яичников с яйцеводом. Ранее было высказано предположение [30], что кишечная микробиота и ее метаболиты, такие как короткоцепочечные жирные кислоты, желчные кислоты и производные триптофана, косвенно влияют на воспроизводительную способность птиц по оси «микробиота — кишечник — печень / мозг — репродуктивный тракт». Обилие некоторых кишечных микробов положительно коррелировало с уровнями фолликулостимулирующего гормона в сыворотке крови, лютеинизирующего гормона и эстрадиола [31], что дополнительно указывает на связи, участвующие в регуляции продуктивных показателей у кур-несушек.

Улучшение структуры эпителия кишечника, вызванное метаболитами бактерий — летучими жирными кислотами вейлионелл, способствовало всасыванию кальция, увеличивая отложение кальция в яичной скорлупе и толщину яичной скорлупы [32].

Исследования на петухах показали, что содержание *Eubacteriaceae*, *Peptostreptococcus* spp. и *Enterobacteriaceae* в слепых отростках кишечника, в отличие от кур, в группах 1Б–4Б оставалось одинаковым и не менялось в зависимости от источников аминокислот и количества обменной энергии в рационе ($p > 0,05$) (табл. 7).

Интересно, что в группе 3Б (на фоне снижения обменной энергии) не было отмечено каких-либо изменений в составе всех исследованных представителей нормофлоры по сравнению с контрольной группой 1Б ($p > 0,05$). Такие изменения могут быть связаны с

Таблица 7. Содержание некоторых групп микроорганизмов в пробах слепых отростков кишечника петухов отцовской родительской формы кросса «Смена 9» методом количественной ПЦР, геномов/г

Table 7. Content of certain groups of microorganisms in samples of blind intestinal processes of roosters of paternal parental cross form "Smena 9" by quantitative PCR, genomes/g

Группы микроорганизмов	Группы			
	1Б	2Б	3Б	4Б
Нормальная микрофлора				
<i>Bacteroidetes</i>	$4,0 \times 10^7 \pm 3,05 \times 10^6$ ^a	$1,3 \times 10^8 \pm 8,45 \times 10^6$ ^b	$5,0 \times 10^7 \pm 3,89 \times 10^6$ ^a	$1,6 \times 10^8 \pm 9,40 \times 10^6$ ^b
<i>Eubacteriaceae</i>	$1,0 \times 10^6 \pm 1,01 \times 10^5$ ^b	$2,0 \times 10^6 \pm 1,04 \times 10^5$ ^b	$1,0 \times 10^6 \pm 9,63 \times 10^4$ ^b	$1,6 \times 10^6 \pm 3,78 \times 10^5$ ^b
<i>Clostridiaceae</i>	$2,5 \times 10^7 \pm 3,33 \times 10^6$ ^a	$5,0 \times 10^7 \pm 2,78 \times 10^6$ ^b	$2,5 \times 10^7 \pm 1,40 \times 10^6$ ^a	$6,3 \times 10^7 \pm 5,71 \times 10^6$ ^b
<i>Lactobacillus</i> spp.	$3,2 \times 10^5 \pm 2,32 \times 10^4$ ^b	$2,0 \times 10^5 \pm 1,15 \times 10^4$ ^b	$3,2 \times 10^5 \pm 1,02 \times 10^4$ ^b	$4,0 \times 10^5 \pm 3,17 \times 10^4$ ^b
<i>Selenomonadaceae</i>	$2,5 \times 10^6 \pm 1,10 \times 10^5$ ^a	$7,9 \times 10^5 \pm 5,16 \times 10^5$ ^b	$2,5 \times 10^6 \pm 3,30 \times 10^5$ ^a	$2,0 \times 10^6 \pm 9,17 \times 10^4$ ^a
Нежелательная и условно-патогенная микрофлора				
<i>Peptostreptococcus</i> spp.	$6,3 \times 10^5 \pm 2,19 \times 10^4$ ^b	$7,9 \times 10^5 \pm 5,32 \times 10^4$ ^b	$5,0 \times 10^5 \pm 3,78 \times 10^4$ ^b	$7,9 \times 10^5 \pm 5,30 \times 10^4$ ^b
<i>Enterobacteriaceae</i>	$4,0 \times 10^5 \pm 2,31 \times 10^4$ ^a	$5,0 \times 10^5 \pm 4,67 \times 10^3$ ^a	$2,0 \times 10^5 \pm 2,12 \times 10^4$ ^a	$1,0 \times 10^6 \pm 9,47 \times 10^4$ ^b
<i>Actinomycetales</i>	$4,0 \times 10^3 \pm 4,33 \times 10^2$ ^a	$1,6 \times 10^4 \pm 1,02 \times 10^3$ ^b	$1,0 \times 10^4 \pm 8,63 \times 10^2$ ^b	$1,0 \times 10^4 \pm 9,14 \times 10^2$ ^b
Патогены				
<i>Fusobacteriaceae</i>	$1,0 \times 10^5 \pm 9,45 \times 10^3$ ^a	$3,2 \times 10^3 \pm 5,78 \times 10^2$ ^b	$3,2 \times 10^6 \pm 2,44 \times 10^5$ ^c	$2,0 \times 10^5 \pm 1,18 \times 10^4$ ^a
<i>Streptococcus</i> spp.	–	–	–	–
<i>Staphylococcus</i> spp.	$1,3 \times 10^5 \pm 8,64 \times 10^3$ ^a	$6,3 \times 10^4 \pm 5,19 \times 10^3$ ^b	$3,2 \times 10^4 \pm 3,30 \times 10^3$ ^b	$7,9 \times 10^4 \pm 5,45 \times 10^3$ ^b

Примечание: а–с — данные с общим верхним индексом достоверно не различаются ($p > 0,05$) между группами.

различным гормональным фоном у самок и самцов. Ранее в исследовании, проведенном на зимующих птицах, показано, что разнообразие и равномерность микробиоты были выше у самцов, чем у самок [33]. J.G. Kers и соавт. указывали на различия в составе микрофлоры между курами и петухами у промышленного поголовья птиц [34]. Тем не менее в слепых отростках кишечника петухов отзывчивыми на изменение рациона оказались такие бактерии, как *Actinomycetales*, *Fusobacteriaceae* и *Staphylococcus spp.* Общей тенденцией для всех групп оказалось то, что содержание *Actinomycetales* увеличивалось в группах 2Б–4Б по сравнению с контролем 1Б, а *Staphylococcus spp.*, напротив, снижалось ($p \leq 0,05$). Ранее было установлено, что некоторые кишечные микроорганизмы активно экспрессируют γ -аминомасляную кислоту (ГАМК). Интересно, что ГАМК связана с процессом конденсации сперматозоидов, способствует фосфорилированию тирозина белка спермы, который является показателем емкости сперматозоидов, а также акросомной реакции, которая ингибируется селективными антагонистами ГАМК-рецепторов [35].

Исследование на грызунах показало, что ГАМК уменьшает чрезмерную активацию сперматозоидов путем ингибирования связывания 5-HT с 5-HT₂ рецепторами, тем самым совместно регулируя активацию сперматозоидов с помощью 5-HT [36]. Тем не менее в исследовании отсутствовала связь состава изученных микроорганизмов с показателями массы семенников у петухов, а также показателями оплодотворяемости.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования поддержаны грантом РФФИ 22-66-00061 «Экспрессия генов продуктивности и резистентности кур нового отечественного кросса «Смена 9» и ее влияние на иммунитет, особенности реализации генетического потенциала продуктивности при разном энергоаминокислотном питании».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vieira S.L., Lemme A., Goldenberg D.B., Bruggali I. Responses of growing broilers to diets with increased sulfur amino acids to lysine ratios at two dietary protein levels. *Poultry Science*. 2004; 83(8): 1307–1313. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1307>
2. Wickramasuriya S.S. et al. Differential Effects of Dietary Methionine Isomers on Broilers Challenged with Acute Heat Stress. *The Journal of Poultry Science*. 2019; 56(3): 195–203. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0180072>
3. Bauriedel W.R. The Effect of Feeding D-Methionine on the D-Amino Acid Oxidase Activity of Chick Tissues. *Poultry Science*. 1963; 42(1): 214–217. <https://doi.org/10.3382/ps.0420214>
4. Jackson M. A closer look at lysine sources: L-lysine sulfate plus fermentation co-products. *Feed International*. 2001; 22: 18–20.
5. Henry M.H. et al. The Performance of Broiler Chicks Fed Diets Containing Extruded Cottonseed Meal Supplemented with Lysine. *Poultry Science*. 2001; 80(1): 762–768. <https://doi.org/10.1093/ps/80.6.762>
6. Schutte J.B., Pack M. Biological efficacy of L-lysine preparations containing biomass compared to L-lysine-HCl. *Archiv für Tierernaehrung*. 1994; 46(3): 261–268. <https://doi.org/10.1080/17450399409381775>
7. Jia H. et al. Effects of L-lysine-H₂SO₄ product on the intestinal morphology and liver pathology using broiler model. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2019; 10: 10. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0318-9>
8. Егорова А.В., Ефимов Д.Н., Емануйлова Ж.В., Комаров А.А. Эффект селекции отцовской линии породы корниш селекционно-генетического центра «Смена». *Птицеводство*. 2020; (3): 4–9. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-3-4-9>
9. Егорова А.В. Основные направления работы с мясными курами родительского стада бройлеров. *Птицеводство*. 2017; (3): 16–21. <https://elibrary.ru/ykfcfr>

Выводы/Conclusion

Как показал метод количественной ПЦР, изучаемые факторы кормления — различные источники лизина и метионина и сниженный на 5% уровень обменной энергии корма — по-разному повлияли на состав микрофлоры кур и петухов родительского поголовья нового кросса «Смена 9».

Судя по зоотехническим показателям и составу кишечной микрофлоры, куры оказались более чувствительны к изменению состава рациона, чем петухи. На фоне уменьшения уровня обменной энергии при введении в рацион лизина в форме монохлоргидрата и DL-метионина у кур отмечено снижение массы яичников с яйцеводом, тогда как при использовании лизина в форме сульфата и метионина в форме гидроксиданалога метионина подобно-о эффекта не отмечено, что, вероятно, свидетельствует о лучшем влиянии этих источников аминокислот на показатели репродуктивного здоровья. При этом сдвиги в составе микрофлоры на фоне изменения рационов были связаны с изменением живой массы кур, а также массы яичников, однако не имели какой-либо связи с изученными зоотехническими параметрами у петухов.

Кроме того, изменение рациона и, как следствие, состава микрофлоры кишечника не показало какой-либо связи с выходом инкубационных яиц и их качеством. Однако точные механизмы, с помощью которых различные источники лизина и метионина и сниженный уровень обменной энергии корма повлияли на состав микрофлоры кур и петухов в данном исследовании, остаются неясными, что требует проведения дополнительных исследований в этом направлении.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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

Research supported by Russian Science Foundation grant 22-66-00061 «Expression of genes for productivity and resistance of chickens of the new domestic cross-section “Change 9” and its effect on immunity, features of the implementation of the genetic potential of productivity with different energy-amino acid nutrition».

REFERENCES

1. Vieira S.L., Lemme A., Goldenberg D.B., Bruggali I. Responses of growing broilers to diets with increased sulfur amino acids to lysine ratios at two dietary protein levels. *Poultry Science*. 2004; 83(8): 1307–1313. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1307>
2. Wickramasuriya S.S. et al. Differential Effects of Dietary Methionine Isomers on Broilers Challenged with Acute Heat Stress. *The Journal of Poultry Science*. 2019; 56(3): 195–203. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0180072>
3. Bauriedel W.R. The Effect of Feeding D-Methionine on the D-Amino Acid Oxidase Activity of Chick Tissues. *Poultry Science*. 1963; 42(1): 214–217. <https://doi.org/10.3382/ps.0420214>
4. Jackson M. A closer look at lysine sources: L-lysine sulfate plus fermentation co-products. *Feed International*. 2001; 22: 18–20.
5. Henry M.H. et al. The Performance of Broiler Chicks Fed Diets Containing Extruded Cottonseed Meal Supplemented with Lysine. *Poultry Science*. 2001; 80(1): 762–768. <https://doi.org/10.1093/ps/80.6.762>
6. Schutte J.B., Pack M. Biological efficacy of L-lysine preparations containing biomass compared to L-lysine-HCl. *Archiv für Tierernaehrung*. 1994; 46(3): 261–268. <https://doi.org/10.1080/17450399409381775>
7. Jia H. et al. Effects of L-lysine-H₂SO₄ product on the intestinal morphology and liver pathology using broiler model. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2019; 10: 10. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0318-9>
8. Egorova A.V., Efimov D.N., Emanuylova Zh.V., Komarov A.A. The effects of selection of paternal Cornish line of broiler breeders at the Center for Genetics & Selection “Smena”. *Pitisevodstvo*. 2020; (3): 4–9 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-3-4-9>
9. Egorova A.V. The Principal Directions in Selection of Broiler Breeder Females. *Pitisevodstvo*. 2017; (3): 16–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/ykfcfr>

10. Коноплева А.П., Ефимов Д.Н., Байковская Е.Ю., Емануйлова Ж.В. Воспроизводительные качества петухов отцовской линии СМ5 кросса «Смена 9». *Птицеводство*. 2021; (11): 16–20. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-11-16-20>
11. Коноплева А.П. Эффективные приемы работы с петухами мясных кроссов в селекционных и родительских стадах. *Птицеводство*. 2021; (5): 43–49. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-5-43-49>
12. Savory C.J., Lariviere J.-M. Effects of qualitative and quantitative food restriction treatments on feeding motivational state and general activity level of growing broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science*. 2000; 69(2): 135–147. [https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(00\)00123-4](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(00)00123-4)
13. de Jong I.C., Enting H., van Voorst A., Blokhuis H.J. Do low-density diets improve broiler breeder welfare during rearing and laying? *Poultry Science*. 2005; 84(2): 194–203. <https://doi.org/10.1093/ps/84.2.194>
14. Oviedo-Rondón E.O., Hume M.E., Hernández C., Clemente-Hernández S. Intestinal Microbial Ecology of Broilers Vaccinated and Challenged with Mixed *Eimeria* Species, and Supplemented with Essential Oil Blends. *Poultry Science*. 2006; 85(5): 854–860. <https://doi.org/10.1093/ps/85.5.854>
15. Sugiharto S. Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2016; 15(2): 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.001>
16. Liu H.N. *et al.* Effects of dietary supplementation of quercetin on performance, egg quality, cecal microflora populations, and antioxidant status in laying hens. *Poultry Science*. 2014; 93(2): 347–353. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03225>
17. Merciera Y., Francesch M., Badiola I., Pérez De Rozas A., Geraert P.-A. Effects of Methionine Sources and NSP Enzymes on Broiler Gut Microflora. *16th European Symposium on Poultry Nutrition. Proceedings*. Strasbourg. 2007; 332.
18. Stadtman E.R., Van Remmen H., Richardson A., Wehr N.B., Levine R.L. Methionine oxidation and aging. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Proteins and Proteomics*. 2005; 1703(2): 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2004.08.010>
19. Clarke S.F. *et al.* The gut microbiota and its relationship to diet and obesity. *New insights. Gut Microbes*. 2012; 3(3): 186–202. <https://doi.org/10.4161/gmic.20168>
20. van Der Wielen P.W.J.J., Biesterveld S., Notermans S., Hofstra H., Urlings B.A., van Knapen F. Role of Volatile Fatty Acids in Development of the Cecal Microflora in Broiler Chickens during Growth. *Applied and Environmental Microbiology*. 2000; 66(6): 2536–2540. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.6.2536-2540.2000>
21. De Vadder F. *et al.* Microbiota-Generated Metabolites Promote Metabolic Benefits via Gut-Brain Neural Circuits. *Cell*. 2014; 156(1–2): 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.12.016>
22. Stanley D. *et al.* Identification of chicken intestinal microbiota correlated with the efficiency of energy extraction from feed. *Veterinary Microbiology*. 2013; 164(1–2): 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.030>
23. Beam A., Clinger E., Hao L. Effect of Diet and Dietary Components on the Composition of the Gut Microbiota. *Nutrients*. 2021; 13(8): 2795. <https://doi.org/10.3390/nu13082795>
24. Erridge C., Attina T., Spickett C.M., Webb D.J. A high-fat meal induces low-grade endotoxemia: evidence of a novel mechanism of postprandial inflammation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2007; 86(5): 1286–1292. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.5.1286>
25. Ghoshal S., Witta J., Zhong J., de Villiers W., Eckhardt E. Chylomicrons promote intestinal absorption of lipopolysaccharides. *Journal of Lipid Research*. 2009; 50(1): 90–97. <https://doi.org/10.1194/jlr.M800156-JLR200>
26. Kumar S., Adhikari P., Oakley B., Kim W.K. Changes in cecum microbial community in response to total sulfur amino acid (TSAA: DL-methionine) in antibiotic-free and supplemented poultry birds. *Poultry Science*. 2019; 98(11): 5809–5819. <https://doi.org/10.3382/ps/pez380>
27. Kollaricikova M. *et al.* Use of 16S rRNA gene sequencing for prediction of new opportunistic pathogens in chicken ileal and cecal microbiota. *Poultry Science*. 2019; 98(6): 2347–2353. <https://doi.org/10.3382/ps/pey594>
28. Murphy E.C., Frick I.-M. Gram-positive anaerobic cocci — commensals and opportunistic pathogens. *FEMS Microbiology Reviews*. 2013; 37(4): 520–553. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12005>
29. Yan L. *et al.* Effects of corn particle size on growth performance, gastrointestinal development, carcass indices and intestinal microbiota of broilers. *Poultry Science*. 2022; 101(12): 102205. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102205>
30. Dai D., Qi G.-h., Wang J., Zhang H.-j., Qiu K., Wu S.-g. Intestinal microbiota of layer hens and its association with egg quality and safety. *Poultry Science*. 2022; 101(9): 102008. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102008>
31. Liu T., Tang J., Feng F. Medium-chain α -monoglycerides improves productive performance and egg quality in aged hens associated with gut microbiota modulation. *Poultry Science*. 2020; 99(12): 7122–7132. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.049>
32. Feng J. *et al.* Dietary oregano essential oil supplementation improves intestinal functions and alters gut microbiota in late-phase laying hens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021; 12: 72. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00600-3>
33. Liu G. *et al.* Effects of Sex and Diet on Gut Microbiota of Farmland-Dependent Wintering Birds. *Frontiers in Microbiology*. 2020; 11: 587873. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.587873>
34. Kers J.G., Velkers F.C., Fischer E.A.J., Hermes G.D.A., Stegeman J.A., Smidt H. Host and Environmental Factors Affecting the Intestinal Microbiota in Chickens. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 235. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00235>
35. Kurata S., Hiradate Y., Umezaki K., Hara K., Tanemura K. Capacitation of mouse sperm is modulated by gamma-aminobutyric acid (GABA) concentration. *Journal of Reproduction and Development*. 2019; 65(4): 327–334. <https://doi.org/10.1262/jrd.2019-008>
10. Konopleva A.P., Efimov D.N., Baykovskaya E.Yu., Emanuylova Zh.V. The Reproductive Performance in Cornish Cocks of SM5 Line of Smena-9 Broiler Cross at 34–50 Weeks of Age. *Pitisevodstvo*. 2021; (11): 16–20 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-11-16-20>
11. Konopleva A.P. The Effective Techniques of Rearing and Management of Cocks of Broiler Crosses in Parental and Parental Flocks. *Pitisevodstvo*. 2021; (5): 43–49 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-5-43-49>
12. Savory C.J., Lariviere J.-M. Effects of qualitative and quantitative food restriction treatments on feeding motivational state and general activity level of growing broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science*. 2000; 69(2): 135–147. [https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(00\)00123-4](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(00)00123-4)
13. de Jong I.C., Enting H., van Voorst A., Blokhuis H.J. Do low-density diets improve broiler breeder welfare during rearing and laying? *Poultry Science*. 2005; 84(2): 194–203. <https://doi.org/10.1093/ps/84.2.194>
14. Oviedo-Rondón E.O., Hume M.E., Hernández C., Clemente-Hernández S. Intestinal Microbial Ecology of Broilers Vaccinated and Challenged with Mixed *Eimeria* Species, and Supplemented with Essential Oil Blends. *Poultry Science*. 2006; 85(5): 854–860. <https://doi.org/10.1093/ps/85.5.854>
15. Sugiharto S. Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2016; 15(2): 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.001>
16. Liu H.N. *et al.* Effects of dietary supplementation of quercetin on performance, egg quality, cecal microflora populations, and antioxidant status in laying hens. *Poultry Science*. 2014; 93(2): 347–353. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03225>
17. Merciera Y., Francesch M., Badiola I., Pérez De Rozas A., Geraert P.-A. Effects of Methionine Sources and NSP Enzymes on Broiler Gut Microflora. *16th European Symposium on Poultry Nutrition. Proceedings*. Strasbourg. 2007; 332.
18. Stadtman E.R., Van Remmen H., Richardson A., Wehr N.B., Levine R.L. Methionine oxidation and aging. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Proteins and Proteomics*. 2005; 1703(2): 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2004.08.010>
19. Clarke S.F. *et al.* The gut microbiota and its relationship to diet and obesity. *New insights. Gut Microbes*. 2012; 3(3): 186–202. <https://doi.org/10.4161/gmic.20168>
20. van Der Wielen P.W.J.J., Biesterveld S., Notermans S., Hofstra H., Urlings B.A., van Knapen F. Role of Volatile Fatty Acids in Development of the Cecal Microflora in Broiler Chickens during Growth. *Applied and Environmental Microbiology*. 2000; 66(6): 2536–2540. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.6.2536-2540.2000>
21. De Vadder F. *et al.* Microbiota-Generated Metabolites Promote Metabolic Benefits via Gut-Brain Neural Circuits. *Cell*. 2014; 156(1–2): 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.12.016>
22. Stanley D. *et al.* Identification of chicken intestinal microbiota correlated with the efficiency of energy extraction from feed. *Veterinary Microbiology*. 2013; 164(1–2): 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.030>
23. Beam A., Clinger E., Hao L. Effect of Diet and Dietary Components on the Composition of the Gut Microbiota. *Nutrients*. 2021; 13(8): 2795. <https://doi.org/10.3390/nu13082795>
24. Erridge C., Attina T., Spickett C.M., Webb D.J. A high-fat meal induces low-grade endotoxemia: evidence of a novel mechanism of postprandial inflammation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2007; 86(5): 1286–1292. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.5.1286>
25. Ghoshal S., Witta J., Zhong J., de Villiers W., Eckhardt E. Chylomicrons promote intestinal absorption of lipopolysaccharides. *Journal of Lipid Research*. 2009; 50(1): 90–97. <https://doi.org/10.1194/jlr.M800156-JLR200>
26. Kumar S., Adhikari P., Oakley B., Kim W.K. Changes in cecum microbial community in response to total sulfur amino acid (TSAA: DL-methionine) in antibiotic-free and supplemented poultry birds. *Poultry Science*. 2019; 98(11): 5809–5819. <https://doi.org/10.3382/ps/pez380>
27. Kollaricikova M. *et al.* Use of 16S rRNA gene sequencing for prediction of new opportunistic pathogens in chicken ileal and cecal microbiota. *Poultry Science*. 2019; 98(6): 2347–2353. <https://doi.org/10.3382/ps/pey594>
28. Murphy E.C., Frick I.-M. Gram-positive anaerobic cocci — commensals and opportunistic pathogens. *FEMS Microbiology Reviews*. 2013; 37(4): 520–553. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12005>
29. Yan L. *et al.* Effects of corn particle size on growth performance, gastrointestinal development, carcass indices and intestinal microbiota of broilers. *Poultry Science*. 2022; 101(12): 102205. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102205>
30. Dai D., Qi G.-h., Wang J., Zhang H.-j., Qiu K., Wu S.-g. Intestinal microbiota of layer hens and its association with egg quality and safety. *Poultry Science*. 2022; 101(9): 102008. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102008>
31. Liu T., Tang J., Feng F. Medium-chain α -monoglycerides improves productive performance and egg quality in aged hens associated with gut microbiota modulation. *Poultry Science*. 2020; 99(12): 7122–7132. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.049>
32. Feng J. *et al.* Dietary oregano essential oil supplementation improves intestinal functions and alters gut microbiota in late-phase laying hens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021; 12: 72. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00600-3>
33. Liu G. *et al.* Effects of Sex and Diet on Gut Microbiota of Farmland-Dependent Wintering Birds. *Frontiers in Microbiology*. 2020; 11: 587873. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.587873>
34. Kers J.G., Velkers F.C., Fischer E.A.J., Hermes G.D.A., Stegeman J.A., Smidt H. Host and Environmental Factors Affecting the Intestinal Microbiota in Chickens. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 235. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00235>
35. Kurata S., Hiradate Y., Umezaki K., Hara K., Tanemura K. Capacitation of mouse sperm is modulated by gamma-aminobutyric acid (GABA) concentration. *Journal of Reproduction and Development*. 2019; 65(4): 327–334. <https://doi.org/10.1262/jrd.2019-008>

36. Fujinoki M., Takei G.L γ -Aminobutyric acid suppresses enhancement of hamster sperm hyperactivation by 5-hydroxytryptamine. *Journal of Reproduction and Development*. 2017; 63(1): 67–74. <https://doi.org/10.1262/jrd.2016-091>

ОБ АВТОРАХ

Елена Александровна Йылдырым¹
доктор биологических наук
deniz@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

Лариса Александровна Ильина¹

доктор биологических наук

ilina@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

Георгий Юрьевич Лаптев¹

доктор биологических наук

laptev@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

Валентина Анатольевна Филиппова¹

биотехнолог

filippova@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>

Андрей Валерьевич Дубровин¹

кандидат ветеринарных наук

dubrowin.a.v@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8424-4114>

Дарья Георгиевна Тюрина¹

кандидат экономических наук

tiurina@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9001-2432>

Ксения Андреевна Калиткина¹

биотехнолог

ksenya.k.a@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

Алиса Сергеевна Дубровина¹

биотехнолог

dasvet@biotrof.ru

<https://orcid.org/0009-0005-1879-7497>

Екатерина Сергеевна Пономарева¹

биотехнолог

kate@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

Владимир Иванович Фисинин²

академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель

<https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

Иван Афанасьевич Егоров²

академик РАН, доктор биологических наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

Татьяна Анатольевна Егорова²

доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научно-исследовательской работе

eta164@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

Вардгес Агавардович Манукян²

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом питания птицы

manukyan@vntip.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

Татьяна Николаевна Ленкова²

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, устный секретарь

dissovet@vntip.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

Ольга Николаевна Дегтярева²

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

fncvntip@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7243-7381>

Мария Сергеевна Тищенко²

младший научный сотрудник

tishenkova.m@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2911-5640>

Екатерина Сергеевна Демидова²

младший научный сотрудник

mixalysha@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0108-2218>

Лев Михайлович Кашпоров²

специалист

lev-lud2@live.ru

<https://orcid.org/0009-0000-5100-4843>

Виктория Евгеньевна Пашченко²

аспирант, младший научный сотрудник

viktoria_pashchenko@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7484-196X>

¹ ООО «БИОТРОФ+»,

бульвар Загребский, 19/1, Санкт-Петербург, 192284, Россия

² Федеральное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» ул. Птицеградская, 10, Сергиев Посад, 141311, Россия

36. Fujinoki M., Takei G.L γ -Aminobutyric acid suppresses enhancement of hamster sperm hyperactivation by 5-hydroxytryptamine. *Journal of Reproduction and Development*. 2017; 63(1): 67–74. <https://doi.org/10.1262/jrd.2016-091>

ABOUT THE AUTHORS

Elena Alexandrovna Yildirim¹

Doctor of Biological Sciences

deniz@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

Larisa Alexandrovna Ilina¹

Doctor of Biological Sciences

ilina@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

George Yurievich Laptev¹

Doctor of Biological Sciences

laptev@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

Valentina Anatolievna Filippova¹

Biotechnologist

filippova@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>

Andrey Valerievich Dubrovin¹

Candidate of Veterinary Sciences

dubrowin.a.v@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8424-4114>

Darya Georgievna Tyurina¹

Candidate of Economic Sciences

tiurina@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9001-2432>

Xenia Andreevna Kalitkina¹

Biotechnologist

ksenya.k.a@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

Alisa Sergeevna Dubrovina¹

Biotechnologist

dasvet@biotrof.ru

<https://orcid.org/0009-0005-1879-7497>

Ekaterina Sergeevna Ponomareva¹

Biotechnologist

kate@biotrof.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

Vladimir Ivanovich Fisinin²

Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific Supervisor

<https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

Ivan Afanasievich Egorov²

Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

Tatiana Anatolievna Egorova²

Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research

eta164@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

Vardges Agavardovich Manukyan²

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Poultry Nutrition

manukyan@vntip.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

Tatyana Nikolaevna Lenkova²

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific Secretary

dissovet@vntip.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

Olga Nikolaevna Degtyareva²

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher

fncvntip@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7243-7381>

Maria Sergeevna Tishenkova²

Junior Researcher

tishenkova.m@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2911-5640>

Ekaterina Sergeevna Demidova²

Junior Researcher

mixalysha@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0108-2218>

Lev Mikhailovich Kashporov²

Specialist

lev-lud2@live.ru

<https://orcid.org/0009-0000-5100-4843>

Victoria Evgenievna Pashchenko²

Graduate Student, Junior Researcher

viktoria_pashchenko@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7484-196X>

¹ BIOTROF+ Ltd,

19/1 Zagrebkiy Ave., Saint-Petersburg, 1192284, Russia

² All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, 10 Ptitsegradskaya Str., Sergiev Posad, 141311, Russia

УДК 636.5.033

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-61-45

О.В. Кван
Е.А. Сизова
И.А. Вершинина ✉

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

✉ gavrish.irina.ogu@gmail.com

Поступила в редакцию:
20.08.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-61-45

Olga V. Kvan
Elena A. Sizova
Irina A. Vershinina ✉

Federal Research Center for Biological
Systems and Agrotechnologies of the Russian
Academy of Sciences, Orenburg, Russia

✉ gavrish.irina.ogu@gmail.com

Received by the editorial office:
20.08.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Влияние ультрадисперсных частиц меди и железа на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изучение бактериального разнообразия кишечника при воздействии различных факторов позволяет исследовать изменения качественного и количественного состава при воздействии различных факторов.

Методы. В работе был изучен бактериальный профиль образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров. Для оценки влияния ультрадисперсных частиц *Cu* и *Fe* на обмен веществ в организме животных, находящихся на полусинтетическом рационе, было отобрано 120 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом пар-аналогов разделили на 4 группы ($n = 30$). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность эксперимента составила 28 суток.

Для решения поставленных задач были использованы цыплята-бройлеры, которым в рацион вносились ультрадисперсные частицы *Cu* и *Fe* с целью изучения их влияния на микробиоценоз пищеварительной системы птицы. Методом пар-аналогов было сформировано 4 группы по 30 цыплят-бройлеров в каждой в возрасте 7 дней. Во время проведения исследования условия содержания и кормления были идентичны для всех групп. Исследование было проведено в течение 4 недель. Для кормления готовили полусинтетический рацион (K_1) и полусинтетический рацион, дефицитный по микроэлементам, модифицированный авторами (K_2).

Результаты. Было показано, что использование ультрадисперсных частиц меди и железа способствует изменению бактериального сообщества кишечника цыплят-бройлеров. Таким образом, исходя из данных, можно сделать вывод, что облигатные бактерии слепого кишечника птиц могут модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении различных веществ. Согласно полученным данным ультрадисперсные частицы железа позволили сохранить нормальное разнообразие пищеварительной микробиоты птицы, что было выражено в том числе в уменьшении численности представителей семейства *Enterobacteriaceae*, в число которых входят представители патогенных и условно-патогенных таксонов, в то время как внесение ультрадисперсных частиц меди способствовало повышению численности представителей данного семейства.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, ультрадисперсные частицы, медь, железо, бактериальный профиль слепой кишки, накопление химических элементов

Для цитирования: Кван О.В., Сизова Е.А., Вершинина И.А. Влияние ультрадисперсных частиц меди и железа на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 61–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-61-45>

© Кван О.В., Сизова Е.А., Вершинина И.А.

Influence of ultrafine particles of copper and iron on the microbiocenosis of the intestines of poultry

ABSTRACT

Relevance. Studying the bacterial diversity of the intestine under the influence of various factors makes it possible to study changes in the qualitative and quantitative composition under the influence of various factors.

Methods. In our work, we studied the bacterial profile of samples of the contents of the cecum of broiler chickens. To assess the effect of ultrafine particles of *Cu* and *Fe* on the metabolism in the body of animals fed a semi-synthetic diet, 120 heads of one-week-old broiler chickens were selected, which were divided into 4 groups ($n = 30$) using the analog pair method. During the experiment, all birds were under the same housing and feeding conditions. The duration of the experiment was 28 days. To solve the problems, broiler chickens were used, which were supplemented with ultrafine *Cu* and *Fe* particles in their diet in order to study their effect on the microbiocenosis of the poultry digestive system. Using the analogue pair method, four groups of 30 broiler chickens each at the age of 7 days were formed. During the study, housing and feeding conditions were identical for all groups. The study was conducted over 4 weeks. For feeding, we prepared a semi-synthetic diet (K_1) and a semi-synthetic diet, deficient in microelements, modified by us (K_2).

Results. The use of ultrafine copper and iron particles has been shown to alter the intestinal bacterial community of broiler chickens. Thus, based on the data, we can conclude that obligate bacteria in the cecum of birds can modulate the level of accumulation of chemical elements in the bird's body when various substances are introduced. According to the data obtained, ultrafine iron particles made it possible to maintain the normal diversity of the digestive microbiota of poultry, which was expressed, among other things, in a decrease in the number of representatives of the *Enterobacteriaceae* family, which includes representatives of pathogenic and opportunistic taxa, while the introduction of ultrafine copper particles contributed to an increase in the number of representatives of this family.

Key words: broiler chickens, ultrafine particles, copper, iron, caecum bacterial profile, accumulation of chemical elements

For citation: Kvan O.V., Sizova E.A., Vershinina I.A. The influence of ultrafine particles of copper and iron on the intestinal microbiocenosis of broiler chickens. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 61–45 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-61-45>

© Kvan O.V., Sizova E.A., Vershinina I.A.

Введение/Introduction

Исследование генетического разнообразия бактериального сообщества пищеварительной системы птицы является инструментом, помогающим изучить влияние различных факторов на нормальное бактериальное сообщество кишечника птицы. Нормальный микробиоценоз кишечника птицы представлен совокупностью сообществ микроорганизмов, которые имеют определяющее влияние на процессы, протекающие в пищеварительной системе птиц. Прежде всего это процессы расщепления питательных веществ и их усвоения.

Известно, что различные бактерии используют различный субстрат. Так, *Ruminococcus* расщепляют сложные углеводы, например целлюлозу [1–3]. Бактериальное сообщество кишечника птиц влияет на качественный и количественный состав пищевых веществ, которые будут доступны организму сельскохозяйственной птицы, одновременно оказывая влияние на морфологию стенок кишечника, обуславливая увеличение поверхности ворсинок [4, 5]. Нормальное бактериальное сообщество кишечника птиц обуславливает и устойчивость к различным инфекционным заболеваниям, препятствуя заселению пищеварительной системы птицы патогенными бактериями [6].

На сегодняшний день остро стоит вопрос об обеспечении продовольственной безопасности и о снабжении населения высококачественной продукцией сельского хозяйства, в том числе мясом птицы [7]. При этом исследователи предлагают пересмотреть традиционные нормы кормления в части использования новых перспективных добавок, например применения ультрадисперсных частиц (УДЧ) микроэлементов. Научные данные свидетельствуют о том, что такие формы химических элементов являются более биодоступными и имеют меньшую токсичность, чем традиционно применяемые соединения в качестве кормовых добавок [8]. Существуют многочисленные исследования о влиянии УДЧ на морфобиохимические показатели цыплят-бройлеров [9–11], однако сведений о влиянии УДЧ на метагеномное разнообразие пищеварительного тракта птицы недостаточно, что и предопределило цель работы.

Цель работы — исследование влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на микробиоценоз кишечника сельскохозяйственной птицы

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальные исследования на цыплятах-бройлерах кросса Арбор Айкрес проведены в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»¹ в 2022 году.

В экспериментальных исследованиях в качестве источников микроэлементов были использованы модифицированные УДЧ Fe, Cu, предоставленные д-ром биол. наук Н.Н. Глушенко (Институт энергетических проблем химической физики им. В.Л. Тальрозе — подразделение Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук, г. Москва, Россия)².

Материаловедческая аттестация препаратов включала электронную сканирующую и просвечивающую микроскопию на приборах JSM 7401F и JEM-2000FX (JEOL, Япония).

В ходе экспериментальных исследований УДЧ были приготовлены путем диспергирования водных смесей частиц ультразвуком (f — 35 кГц, N — 300 (450) Вт, A — 10 мкм) в течение 30 минут. Смешивание проводилось ступенчато.

При выполнении работы были использованы цыплята-бройлеры, которым в рацион вносились УДЧ Cu и Fe с целью изучения их влияния на микробиоценоз пищеварительной системы птицы.

Методом пар-аналогов были сформированы 4 группы по 30 цыплят-бройлеров в каждой в возрасте 7 дней.

Во время проведения исследования условия содержания и кормления были идентичны для всех групп. Исследование было проведено в течение 4 недель. Для кормления готовили полусинтетический рацион (K_1), рекомендованный Scott (1969), и полусинтетический рацион (K_2), дефицитный по микроэлементам, модифицированный авторами [12].

В рацион I опытной группы вносили УДЧ Cu в концентрации 2,5 мг/кг корма, а II опытной группы — УДЧ Fe в концентрации 2,5 мг/кг корма.

Метагеномное секвенирование содержимого слепых отделов толстого отдела кишечника проводили, как описано в работе [12], в ЦКП «Персистенция микроорганизмов»³ Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН (г. Оренбург, Россия).

Бактериальное биоразнообразие слепого отдела кишечника птицы оценивали на 42-е сутки. Для этого выделяли бактериальную ДНК путем инкубирования проб при 37 °С в течение 30 мин. в 300 мкл стерильного буфера для лизиса (20 mM EDTA, 1400 mM NaCl, 100 mM TrisHCl, pH 7,5; 50 мкл раствора лизоцима в концентрации 100 мг/мл).

Оценку чистоты ДНК проводили электрофорезом в 1,5%-ном агарозном геле с фотометрией (NanoDrop 8000, Thermo Fisher Scientific, Inc., США). Концентрацию ДНК определяли флуориметрическим методом (прибор Qubit 2.0 с высокой чувствительностью определения dsDNA, Life Technologies, США).

ДНК-библиотеки для секвенирования были созданы по протоколу Illumina, Inc. (США) с праймерами S-D-Bact-0341-b-S-17 и S-D-Bact0785-a-A-21 к варибельному участку V3-V4 гена 16S рPHK (24). NGS-секвенирование выполняли на платформе MiSeq (Illumina, Inc., США) с набором реактивов MiSeq Reagent Kit V3 PE600 (Illumina, Inc., США). Полученные операционные таксономические единицы (ОТЕ) классифицировали с использованием интерактивного инструмента VAMPS и базы данных RDP⁴. Некоторые ОТЕ выравнивали, используя алгоритм BLAST⁵, базы данных нуклеотидных последовательностей nr/nt (National Center for Biotechnological Information, NCBI⁶) и выровненных последовательностей генов рибосомальной РНК SILVA⁷.

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США). Результаты представлены в виде средних арифметических значений (M) и стандартных ошибок среднего ($\pm SEM$). Различия

¹ <http://fncbst.ru/>

² <https://www.chph.ras.ru/index.php/9-struktura/282-obosoblennoe-strukturnoe-podrazdelenie-inepkhf>

³ <https://ikvs.info/institut/laboratorii/czpk/>

⁴ <http://rdp.cme.msu.edu>

⁵ <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>

⁶ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

⁷ <https://www.arbsilva.de>

считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$ (t-критерий Стьюдента). При биоинформатической обработке результатов секвенирования применяли комплекс программ USEARCH v8.0.1623_win32⁸. Обработка включала слияние парных ридов в операционных таксономических единицах, фильтрацию ридов по качеству и длине (минимальный размер — 300 п. н.), удаление химер, даблтонов и синглтонов, кластеризацию ридов в ОТЕ на уровне сходства 97%.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы SPSS Statistics 20 (IBM, США).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполняли в соответствии с «Позицией по этике использования животных в исследованиях, выполняемых при поддержке Российского научного фонда»⁹ и The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов (протокол от 21.05.2021 № 1).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализируя полученные данные высокопроизводительного метагеномного секвенирования, было показано, что в образцах содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров в группе с ПР было обнаружено 188 OTU, в группе с ПДР — 204 OTU, при внесении УДЧ *Cu* — 225 OTU, при внесении УДЧ *Fe* — 161 OTU.

В содержимом слепой кишки, по данным метагеномных исследований, были обнаружены различия в качественном и количественном составе бактериального сообщества. Так, изменения в опытных группах обнаруживались как по отношению к контролю, получавшему полусинтетический рацион, так и к контролю, получавшему дефицитный по микроэлементам рацион.

Так, по отношению к первой контрольной группе, получавшей полусинтетический рацион, в I опытной группе снизилось содержание представителей *Proteobacteria* (на 64,1%) и *Actinobacteria* (на 72,5%). Одновременно с этим повысилось содержание представителей *Bacteroidetes* (на 135,1%) и *Firmicutes* (на 93,1%).

По отношению к первой контрольной группе, получавшей полусинтетический рацион, во II опытной группе снизилось содержание представителей *Proteobacteria* (на 44,1%), *Firmicutes* (на 86,2%), *Actinobacteria* (на 82,5%). Одновременно с этим повысилось содержание представителей *Bacteroidetes* (на 108,4%).

По отношению ко второй контрольной группе, получавшей полусинтетический рацион, в I опытной группе снизилось содержание представителей *Bacteroidetes* (на 9,4%). Одновременно с этим повысилось содержание представителей *Proteobacteria* (на 108,1%), *Firmicutes* (более чем в 10 раз). Содержание *Actinobacteria* осталось без изменений.

По отношению ко второй контрольной группе, получавшей полусинтетический рацион, во II опытной группе снизилось содержание представителей *Actinobacteria* (на 36,3%). Одновременно с этим повысилось содержание представителей *Proteobacteria* (на 68,4%), *Firmicutes* (на 33,3%), *Bacteroidetes* (на 19,8%).

По сравнению с таксонами, указанными выше, оценка качественного и количественного соотношения родов может также предоставить ряд данных, указывающих на

Таблица 1. Бактериальный профиль образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров на уровне рода, % от общего количества
Table 1. Bacterial profile of broiler chicken litter content samples at the genus level, % of the total

Таксон	Группы			
	K ₁	K ₂	I	II
<i>Lactobacillus</i>	32,50±5,46	4,10±1,72	4,20±1,53	0,10±0,02
<i>Bacteroides</i>	16,40±0,89	72,20±5,90	52,90±3,42	44,90±4,80
<i>unclassified</i>	13,30±0,76	7,60±0,87	10,80±1,03	9,10±1,00
<i>Alistipes</i>	11,70±0,42	4,30±0,36	16,20±1,12	13,60±0,96
<i>Faecalibacterium</i>	10,50±0,96	0,40±0,05	0,30±0,02	1,10±0,22
<i>Enterobacter</i>	2,70±0,32	0,20±0,01	4,20±0,05	0,10±0,03
<i>Mediterraneibacter</i>	2,50±0,40	2,80±0,12	0,80±0,03	4,00±0,12
<i>Limosilactobacillus</i>	1,90±0,22	0,10±0,02	1,30±0,04	15,10±1,24
<i>Ligilactobacillus</i>	1,40±0,11	0,10±0,01	0,10±0,03	0,10±0,02
<i>Intestinimonas</i>	0,30±0,04	1,60±0,03	1,10±0,10	0,50±0,03
<i>Pseudoflavonifractor</i>	0,20±0,01	1,10±0,02	0,70±0,05	0,30±0,01
<i>Coprobacter</i>	0,10±0,03	0,10±0,01	0,05±0,01	2,70±0,25
<i>Weissella</i>	0,10±0,01	0,10±0,03	0,02±0,01	2,00±0,36

процессы, протекающие в пищеварительной системе птиц. Были зафиксированы отличия как в контрольных группах, так и при внесении УДЧ (табл. 1).

В группе, получавшей полусинтетический рацион, треть всего родового разнообразия составляли *Lactobacillus*, чье содержание 32,5%. Многочисленными были представители *Bacteroidetes* (16,4%), *Alistipes* (11,7%) и *Faecalibacterium* (10,5%). Следующий пул бактерий, чье содержание в образце колебалось от 1,4 до 2,7%, был представлен такими таксонами, как *Enterobacter*, *Mediterraneibacter*, *Limosilactobacillus* и *Ligilactobacillus*. Менее 1% было содержание таких родов, как *Blautia*, *Merdimonas*, *Hydrogeniiclostridium*, *Rubneribacter*, и других. Их можно охарактеризовать как минорных представителей микробиоценоза слепой кишки цыплят-бройлеров.

В контрольной группе, которая получала рацион, дефицитный по микроэлементам, наибольшее содержание было выявлено для таксона *Bacteroides*. По сравнению с первой контрольной группой его содержание было выше в 4,4 раза. Вторым по численности таксоном в группе K₂ являлся род *Alistipes*, чье содержание было в 2,7 раза меньше, чем в группе K₁. Содержание *Lactobacillus* в образце было в 7,9 раза меньше, чем в первой контрольной группе. Среди таксонов, чья численность была выше 1%, можно отметить *Mediterraneibacter*, *Intestinimonas*, *Merdimonas* (1,5%) и *Pseudoflavonifractor*.

Изучая микробиоценоз слепой кишки при даче цыплятам-бройлерам УДЧ меди, было показано, что преобладающим родом являлся *Bacteroides*. Его содержание было в 3,2 раза выше, чем в первой контрольной группе, и в 1,4 раза ниже, чем во второй контрольной группе. Следующим по содержанию в образце стал род *Alistipes*, чье содержание в 1,4 раза и 3,7 раза превосходило таковые значения при даче полусинтетического рациона и рациона, дефицитного по микроэлементам, соответственно.

По сравнению с контрольными группами при даче УДЧ меди была высока доля бактерий *Enterobacter*

⁸ <https://www.drive5.com/usearch/download.html>

⁹ https://rsf.ru/fondfiles/PotE_rus.pdf

в 1,8 раза и более чем в 20 раз выше, чем в первой и второй контрольных группах, соответственно. В число бактерий с долей выше 1% вошли представители *Limosilactobacillus* и *Intestinomonas*.

При внесении в рацион цыплятам-бройлерам УДЧ железа в образцах слепой кишки, как и при даче УДЧ меди, доминировали представители *Bacteroides*. Их содержание было выше в 2,7 раза, чем в первой контрольной группе, и в 1,6 раза ниже, чем во второй контрольной группе, соответственно.

По отношению к группе с внесением УДЧ меди содержание *Bacteroides* снизилось в 1,2 раза. На втором месте по численности оказались бактерии рода *Limosilactobacillus*, чье содержание было выше в 8 раз и в 11,6 раза выше, чем в первой контрольной группе и группе с внесением УДЧ меди. Содержание *Alistipes* превосходило в 1,16 раза и в 3,1 раза таковые значения в первой и второй контрольных группах соответственно. Однако по сравнению с группой с внесением УДЧ меди содержание таксона уменьшилось в 1,2 раза. Среди таксонов, чья численность была выше 1%, стоит отметить *Mediterraneibacter*, *Coprobacter*, *Weissella* и *Faecalibacterium*.

Было отмечено, что добавление в рацион цыплят-бройлеров УДЧ меди при повышении содержания *Bacteroides* одновременно увеличивало накопление в теле птицы таких элементов, как кобальт ($r = 0,91$) и никель ($r = 0,92$). При этом внесение дополнительного источника железа, в качестве которого выступали УДЧ, повышение содержания *Bacteroides* одновременно увеличивало накопление в теле птицы таких элементов, как кальций ($r = 0,57$) и кобальт ($r = 0,91$).

Исходя из данных, можно сделать вывод, что облигатная микрофлора слепого кишечника птиц может модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении различных веществ. Это открывает новые перспективы в разработке технологий по управлению накоплением химических элементов в теле цыплят-бройлеров.

Обобщая представленные результаты в научной литературе, можно отметить, что схожие результаты по преобладанию таксонов (*Lactobacillus*, *Bacteroidetes*, *Alistipes* и *Faecalibacterium*) в кишечнике цыплят-бройлеров были получены в [13–15].

Согласно полученным данным, УДЧ железа позволили сохранить нормальное разнообразие пищеварительной системы птицы, что было выражено в уменьшении численности представителей семейства *Enterobacteriaceae*, в число которых входят представители патогенных и условно-патогенных бактерий, в то время как внесение УДЧ меди способствовало повышению численности представителей данного семейства.

При этом стоит отметить, что в контрольной группе, получавшей полусинтетическую диету, преобладали молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*. Однако во всех других группах их количество было гораздо ниже, что может быть связано с дефицитом микроэлементов.

При этом на полусинтетическом рационе численность *Bacteroides* была ниже, чем в других группах. Известно, что данные бактерии обладают ферментами для расщепления крахмалистых полисахаридов (например, амилазы), что указывает на более полное метаболизирование птицей легкогидролизуемых компонентов кормов [16]. То есть внесением УДЧ меди и железа можно модулировать интенсивность и направление пищеварительных процессов. Вышесказанное справедливо и для динамики численности *Alistipes* в эксперименте.

Отметим, что в группах, получавших рацион К2 и УДЧ меди и железа, было снижено число бактерий рода *Faecalibacterium*. Данные бактерии играют ключевую роль в поддержании здоровья кишечника и являются важным регулятором экспрессии генов, воспаления, дифференцировки и апоптоза в клетках-хозяевах [17]. Однако увеличение численности *Enterobacter*, которые относятся к патогенным микроорганизмам, было зафиксировано только при даче УДЧ меди, а при даче УДЧ железа отмечали снижение численности, что позволяет говорить о необходимости дальнейшего изучения возможности внесения УДЧ в рацион птицы при дефицитных рационах.

В эксперименте наблюдали увеличение численности бактерий филума *Bacteroidetes* при даче УДЧ, при этом известно, что данные бактерии способны стимулировать пищеварение в кишечнике, поскольку они играют фундаментальную роль в гидролизе сложных молекул до более простых [18].

Накопление представителями *Bacteroidetes* различных химических элементов может быть связано с механизмом конкурентного поглощения химических элементов [19].

В дальнейшем изучение корреляции накопления химических элементов с определенными таксонами бактерий может быть использовано для технологий кормления с целью коррекции минерального статуса птицы.

Выводы/Conclusion

Использование УДЧ меди и железа способствует изменению бактериального сообщества кишечника цыплят-бройлеров.

Таким образом, исходя из данных, можно сделать вывод, что облигатные микроорганизмы слепого кишечника птиц могут модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении различных веществ. Это открывает новые перспективы в разработке технологий по управлению накоплением химических элементов в теле цыплят-бройлеров.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 20-16-00078П.
<https://rscf.ru/project/23-16-45005/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Qi Z., Shi S., Tu J., Li S. Comparative metagenomic sequencing analysis of cecum microbial diversity and function in broilers and layers. *3 Biotech*. 2019; 9: 316.
<https://doi.org/10.1007/s13205-019-1834-1>

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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 research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant No. 20-16-00078P.
<https://rscf.ru/project/23-16-45005/>

REFERENCES

1. Qi Z., Shi S., Tu J., Li S. Comparative metagenomic sequencing analysis of cecum microbial diversity and function in broilers and layers. *3 Biotech*. 2019; 9: 316.
<https://doi.org/10.1007/s13205-019-1834-1>

2. Alvarenga B.O., Paiva J.B., Souza A.I.S., Rodrigues D.R., Tizioto P.C., Piantino Ferreira A.J. Metagenomics analysis of the morphological aspects and bacterial composition of broiler feces. *Poultry Science*. 2023; 102(2): 102401. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102401>
3. Qiu K., Wang X., Zhang H., Wang J., Qi G., Wu S. Dietary Supplementation of a New Probiotic Compound Improves the Growth Performance and Health of Broilers by Altering the Composition of Cecal Microflora. *Biology*. 2022; 11(5): 633. <https://doi.org/10.3390/biology11050633>
4. Скворцова Л.Н. Функции микрофлоры желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы. *Научный журнал КубГАУ*. 2020; 161: 44–51. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-161-005>
5. Мёрфи Р. Нормализация функции кишечника. *Животноводство России*. 2019; (10): 49–51. <https://www.elibrary.ru/bxxqwy>
6. Маилая Э.С. Проблема использования антибиотиков в животноводстве и пути контроля микробной антибиотикорезистентности. *БИО*. 2021; (12): 4–16. <https://www.elibrary.ru/prglpy>
7. Магомедов М.Д., Алексейчева Е.Ю., Карабанова О.В. Обеспечение продовольственной безопасности на рынке мяса птицы и мясных продуктов. *Мясная индустрия*. 2022; (5): 7–13. <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-05-07-13>
8. Мирошникова Е.П., Русакова Е.А., Кван О.В., Рахматуллин Ш.Г. Влияние комплекса ультрадисперсных металлов-микроэлементов и пробиотического препарата на обмен веществ и интерьерные особенности цыплят-бройлеров. *Животноводство и кормопроизводство*. 2020; 103(1): 33–46. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-1-33>
9. Гарипова Н.В., Рязанов В.А. Ультрадисперсные частицы железа в животноводстве (обзор). *Микроэлементы в медицине*. 2022; 23(4): 3–13. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2022-23-4-3-13>
10. Сизова Е.А., Мирошников С.А., Лебедев С.В., Левахин Ю.И., Бабичева И.А., Косилов В.И. Сравнительные испытания ультрадисперсного сплава, солей и органических форм Си и Zn как источников микроэлементов в кормлении цыплят-бройлеров. *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(2): 393–403. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.393rus>
11. Макаева А.М. Биологическая экспертиза перспективных для использования в животноводстве препаратов ультрадисперсных частиц микроэлементов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (2): 236–239. <https://www.elibrary.ru/xjppww>
12. Кван О.В., Сизова Е.А., Вершинина И.А., Камирова А.М. Минеральный обмен и микробное разнообразие слепого отдела кишечника у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) при включении в полусинтетический рацион пищевых волокон. *Сельскохозяйственная биология*. 2023; 58(4): 700–712. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.4.700rus>
13. Fan Y., Ju T., Bhardwaj T., Korver D.R., Willing B.P. Week-Old Chicks with High *Bacteroides* Abundance Have Increased Short-Chain Fatty Acids and Reduced Markers of Gut Inflammation. *Microbiology Spectrum*. 2023; 11(2): e03616-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.03616-22>
14. Du W., Deng J., Yang Z., Zeng L., Yang X. Metagenomic analysis reveals linkages between cecal microbiota and feed efficiency in Xiayan chickens. *Poultry Science*. 2020; 99(12): 7066–7075. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.076>
15. Soundararajan S., Selvakumar J., Maria Joseph Z.M., Gopinath Y., Saravanan V., Santhanam R. Investigating the modulatory effects of *Moringa oleifera* on the gut microbiota of chicken model through metagenomic approach. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023; 10: 1153769. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1153769>
16. Фисинин В.И. и др. Бактериальное сообщество слепых отростков кишечника цыплят-бройлеров на фоне питательных рационов различной структуры. *Микробиология*. 2016; 85(4): 472–480. <https://doi.org/10.7868/S0026365616040054>
17. Huang Y., Lv H., Song Y., Sun C., Zhang Z., Chen S. Community composition of cecal microbiota in commercial yellow broilers with high and low feed efficiencies. *Poultry Science*. 2021; 100(4): 100996. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.019>
18. Wexler H.M. *Bacteroides*: the Good, the Bad, and the Nitty-Gritty. *Clinical Microbiology Reviews*. 2007; 20(4): 593–621. <https://doi.org/10.1128/CMR.00008-07>
19. Zhu X., Yellezuome D., Liu R., Wang Z., Liu X. Effects of co-digestion of food waste, corn straw and chicken manure in two-stage anaerobic digestion on trace element bioavailability and microbial community composition. *Bioresource Technology*. 2022; 346: 126625. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126625>
2. Alvarenga B.O., Paiva J.B., Souza A.I.S., Rodrigues D.R., Tizioto P.C., Piantino Ferreira A.J. Metagenomics analysis of the morphological aspects and bacterial composition of broiler feces. *Poultry Science*. 2023; 102(2): 102401. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102401>
3. Qiu K., Wang X., Zhang H., Wang J., Qi G., Wu S. Dietary Supplementation of a New Probiotic Compound Improves the Growth Performance and Health of Broilers by Altering the Composition of Cecal Microflora. *Biology*. 2022; 11(5): 633. <https://doi.org/10.3390/biology11050633>
4. Skvortsova L.N. Functions of microflora of the gastrointestinal tract of poultry. *Scientific Journal of KubSAU*. 2020; 161: 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1990-4665-161-005>
5. Murphy R. Normalization of intestine function. *Animal Husbandry of Russia*. 2019; (10): 49–51 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bxxqwy>
6. Mailyan E.S. The problem of using antibiotics in animal husbandry and ways to control microbial antibiotic resistance. *BIO*. 2021; (12): 4–16 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/prglpy>
7. Magomedov M.D., Alekseycheva E.Yu., Karabanova O.V. Assurance of food security on the market of poultry meat and meat products. *Meat Industry Journal*. 2022; (5): 7–13 (in Russian). <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-05-07-13>
8. Miroshnikova E.P., Rusakova E.A., Kwan O.V., Rakhmatullin Sh.G. The effect of a complex of ultrafine metal microelements and a probiotic preparation on metabolism and interior peculiarities of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103(1): 33–46 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-1-33>
9. Garipova N.V., Ryzanov V.A. Ultrafine iron particles in animal husbandry (a review). *Trace elements in medicine*. 2022; 23(4): 3–13 (in Russian). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2022-23-4-3-13>
10. Sizova E.A., Miroshnikov S.A., Lebedev S.V., Levakhin Yu.I., Babicheva I.A., Kosilov V.I. Comparative tests of various sources of microelements in feeding chicken-broilers. *Agricultural Biology*. 2018; 53(2): 393–403. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.393eng>
11. Makaeva A.M. Biological expert examination of ultrafine particles of microelements that are promising for use in animal husbandry. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (2): 236–239 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xjppww>
12. Kwan O.V., Sizova E.A., Verшинina I.A., Kamirova A.M. Effects of dietary fiber on mineral metabolism and caecal microbial diversity in broiler chickens (*Gallus gallus* L.) fed a semi-synthetic diet. *Agricultural Biology*. 2023; 58(4): 700–712. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.4.700eng>
13. Fan Y., Ju T., Bhardwaj T., Korver D.R., Willing B.P. Week-Old Chicks with High *Bacteroides* Abundance Have Increased Short-Chain Fatty Acids and Reduced Markers of Gut Inflammation. *Microbiology Spectrum*. 2023; 11(2): e03616-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.03616-22>
14. Du W., Deng J., Yang Z., Zeng L., Yang X. Metagenomic analysis reveals linkages between cecal microbiota and feed efficiency in Xiayan chickens. *Poultry Science*. 2020; 99(12): 7066–7075. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.076>
15. Soundararajan S., Selvakumar J., Maria Joseph Z.M., Gopinath Y., Saravanan V., Santhanam R. Investigating the modulatory effects of *Moringa oleifera* on the gut microbiota of chicken model through metagenomic approach. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023; 10: 1153769. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1153769>
16. Fisinin V.I. et al. Broiler chicken cecal microbiocenoses depending on mixed fodder. *Microbiology*. 2016; 85(4): 493–499. <https://doi.org/10.1134/S0026261716040056>
17. Huang Y., Lv H., Song Y., Sun C., Zhang Z., Chen S. Community composition of cecal microbiota in commercial yellow broilers with high and low feed efficiencies. *Poultry Science*. 2021; 100(4): 100996. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.019>
18. Wexler H.M. *Bacteroides*: the Good, the Bad, and the Nitty-Gritty. *Clinical Microbiology Reviews*. 2007; 20(4): 593–621. <https://doi.org/10.1128/CMR.00008-07>
19. Zhu X., Yellezuome D., Liu R., Wang Z., Liu X. Effects of co-digestion of food waste, corn straw and chicken manure in two-stage anaerobic digestion on trace element bioavailability and microbial community composition. *Bioresource Technology*. 2022; 346: 126625. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126625>

ОБ АВТОРАХ**Ольга Вилориевна Кван**

кандидат биологических наук

kwan111@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>**Елена Анатольевна Сизова**

доктор биологических наук

sizova.l78@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>**Ирина Александровна Вершинина**

младший научный сотрудник

gavrish.irina.ogu@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9377-7673>

Федеральный научный центр биологических систем

и агротехнологий Российской академии наук

ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Olga Vilorievna Kvan**

Candidate of Biological Sciences

kwan111@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>**Elena Anatolyevna Sizova**

Doctor of Biological Sciences

sizova.l78@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>**Irina Alexandrovna Vershinina**

Junior Researcher

gavrish.irina.ogu@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9377-7673>

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies

of the Russian Academy of Sciences

29 9st. January, Orenburg, 460000, Russia

Р.Р. Вафин
Х.Х. Гильманов ✉
П.Н. Шастин
А.В. Супова

Федеральный научный центр —
Всероссийский научно-исследовательский
институт экспериментальной ветеринарии
им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко РАН,
Москва, Россия

✉ gilmanov.xx@mail.ru

Поступила в редакцию:
22.11.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-66-45

Ramil R. Vafin
Khamid Kh. Gilmanov ✉
Pavel N. Shastin
Anastasia V. Supova

Federal Scientific Centre VIEV, Moscow,
Russia

✉ gilmanov.xx@mail.ru

Received by the editorial office:
22.11.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Моделирование способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по полиморфным маркерам гена *iNOS*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изучение полиморфизма гена *iNOS Bos taurus* и его ассоциативной связи с резистентностью к лейкозу крупного рогатого скота, а также с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности является актуальным предметом исследования генетико-селекционной направленности.

Цели исследования — выявление и картирование полиморфных сайтов рестрикции у 4 SNP-маркеров (*AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4*) гена *iNOS Bos taurus* с последующим ПЦР-ПДРФ-профилированием встречаемых генотипов и моделированием способа генотестирования крупного рогатого скота по перечисленным полиморфным маркерам анализируемого локуса.

Методы. Действенным инструментом визуализации результата компьютерной симуляции эксперимента, способствующим прогнозированию применимости разрабатываемого способа генотестирования, стало *in silico* моделирование генерируемых ПЦР-ПДРФ-профилей встречаемых генотипов полиморфных маркеров гена *iNOS Bos taurus*. При этом сам результат картирования выявленных полиморфных сайтов рестрикции и последующего профилирования встречаемых генотипов свидетельствовал о технической возможности детектирования методом ПЦР-ПДРФ-анализа полиморфных позиций 4 SNP-маркеров гена *iNOS Bos taurus*. Это в свою очередь инициировало моделирование способа генотестирования крупного рогатого скота по перечисленным полиморфным маркерам с предусмотрением последовательных этапов выделения ДНК из цельной консервированной крови крупного рогатого скота, постановки ПЦР с олигонуклеотидными праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R*, проведения ПДРФ с подобранными эндонуклеазами рестрикции (*HinfI*, *Sau96I* (изошизомер *AspS9I*), *HpyAV* и *MluCI* (изошизомер *Sse9I*)), а также выполнения гель-электрофорезной детекции с визуализацией полученных электрофореграмм в УФ-трансиллюминаторе.

Ключевые слова: *iNOS*, *Bos taurus*, SNP-маркеры, ПЦР, ПДРФ, генотипирование

Для цитирования: Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Супова А.В. Моделирование способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по полиморфным маркерам гена *iNOS*. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 66–45.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-66-45>

© Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Супова А.В.

Modeling of PCR-RFLP genotyping of cattle by polymorphic markers of *iNOS* gene

ABSTRACT

Relevance. The study of the *Bos taurus iNOS* gene polymorphism and its association with resistance to bovine leukemia, as well as with breeding value in terms of milk productivity, is a topical subject of genetic selection research.

The purpose of this study was to identify and map polymorphic restriction sites in 4 SNP markers (*AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4*) of the *Bos taurus iNOS* gene, followed by PCR-RFLP profiling of the encountered genotypes and modeling of the method of gene testing of cattle by the listed polymorphic markers of the analyzed locus.

Methods. An effective tool for visualizing the result of computer simulation of the experiment, which contributed to predicting the applicability of the developed method of gene testing, was *in silico* modeling of the generated PCR-RFLP profiles of the encountered genotypes of polymorphic markers of the *Bos taurus iNOS* gene. At the same time, the very result of mapping the identified polymorphic restriction sites and subsequent profiling of the encountered genotypes indicated the technical feasibility of detecting polymorphic positions of 4 SNP markers of the *Bos taurus iNOS* gene by PCR-RFLP analysis. This, in turn, initiated the modeling of the method of gene testing of cattle by the listed polymorphic markers with the provision of successive stages of DNA isolation from whole preserved blood of cattle, PCR with oligonucleotide primers *iNOS-F* and *iNOS-R*, RFLP with selected restriction endonucleases (*HinfI*, *Sau96I* (*AspS9I* isoschizomer), *HpyAV* and *MluCI* (*Sse9I* isoschizomer)), as well as performing gel electrophoresis detection with visualization of the obtained electrophoregrams in a UV transilluminator.

Key words: *iNOS*, *Bos taurus*, SNP markers, PCR, RFLP, genotyping

For citation: Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Supova A.V. Modeling of PCR-RFLP genotyping of cattle by polymorphic markers of *iNOS* gene. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 66–45 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-66-45>

© Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Supova A.V.

Введение/Introduction

Индукцибельная синтаза оксида азота — цитоплазматический фермент, кодируемый геном *NOS2* (nitric oxide synthase 2)¹, также известным как *iNOS* (inducible nitric oxide synthase), локализованным в 19-й хромосоме у крупного рогатого скота [1]. Данный фермент катализирует выработку реактивного азотного промежуточного продукта оксида азота — RNINO (от англ. Reactive Nitrogen Intermediate Nitric Oxide), являющегося одной из токсичных молекул иммунной системы, задействованных при подавлении микробных патогенов [2–4].

Полиморфизм гена *iNOS Bos taurus* и его ассоциативная связь (как с резистентностью крупного рогатого скота к лейкозу [5–7], так и с племенной ценностью [6] по показателям молочной продуктивности) — актуальный предмет исследования генетико-селекционной направленности.

Одним из стандартизированных подходов к определению генетического полиморфизма является метод, основанный на анализе полиморфизма длин рестрикционных фрагментов амплифицированной ДНК — ПЦР-ПДРФ [8]. На базе данного метода уже разработаны способы генотипирования крупного рогатого скота по аллельным вариантам полиморфного маркера *AH13-1* гена *iNOS* [9, 10], притом что в анализируемом локусе рассредоточены и другие SNP-маркеры [11], детекция которых может быть также диагностически значима в случае установления и их взаимосвязи с хозяйственно ценными признаками.

Цели исследования — выявление и картирование полиморфных сайтов рестрикции у 4 SNP-маркеров (*AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4*) гена *iNOS Bos taurus* с последующим ПЦР-ПДРФ-профилированием встречаемых генотипов и моделированием способа генотипирования крупного рогатого скота по перечисленным полиморфным маркерам анализируемого локуса.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследование проведено в лаборатории лейкозологии Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук в 2023 г.

Теоретико-аналитическая часть биоинформационного исследования, посвященная выявлению и картированию полиморфных сайтов рестрикции у 4 SNP-маркеров (*AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4*) гена *iNOS Bos taurus*, а также последующему ПЦР-ПДРФ-профилированию встречаемых генотипов, выполнена в онлайн-программе NEBcutter V2.0 (New England Biolabs, США).

Для практической реализации экспериментальной части исследования потребуются дальнейшие технологические процедуры выделения ДНК, постановки ПЦР и ПДРФ, а также гель-электрофорезной детекции. При этом экстракция нуклеиновых кислот из цельной консервированной крови крупного рогатого скота может быть осуществлена комплектом реагентов для выделения ДНК из клинического материала «ДНК-сорб В» (Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора, г. Москва, Россия).

Постановка ПЦР с праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R* для амплификации локуса гена *iNOS Bos taurus* длиной 258 bp может быть проведена набором реагентов

Encyclo Plus PCR kit (ЗАО «Евроген», Россия) согласно составленному ПЦР-протоколу (табл. 1).

Последующую процедуру эндонуклеазного расщепления амплифицированных ПЦР-проб следует выполнять с 4 подобранными рестриктазами (New England Biolabs, США) согласно составленным ПДРФ-протоколам (табл. 1).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Ограниченная праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R* референсная нуклеотидная последовательность локуса гена *iNOS Bos taurus*, депонированная в GenBank NCBI (AF465168), представлена 4 SNP-маркерами: *AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4*, полиморфные позиции которых обозначены на рисунке 1. При этом полиморфные позиции перечисленных SNP-маркеров могут быть успешно детектированы методом ПЦР-ПДРФ-анализа, что вполне обосновано результатом картирования

Таблица 1. Протоколы ПЦР-ПДРФ-анализа локуса *iNOS Bos taurus*
Table 1. Protocols for PCR-RFLP analysis of the *Bos taurus iNOS* locus

ПЦР-протокол				
Реагенты	Исходная концентрация	Рабочая концентрация	1 проба (мкл)	10 проб (мкл)
Стерильная вода			32	320
5×Encyclo Red буфер	5×	1×	10	100
50×смесь dNTP	50×	1×	1	10
Праймер <i>iNOS-F</i>	50 мкМ	0,5 мкМ	0,5	5
Праймер <i>iNOS-R</i>	50 мкМ	0,5 мкМ	0,5	5
50×Encyclo полимеразы	50×	1×	1	10
Проба ДНК			5	
Итого:			50	

Нуклеотидные последовательности праймеров:

iNOS-F: 5'-AGGCGGGTTTAAGTCTCTAG-3' (20 н.)

iNOS-R: 5'-ACACTGGACCCATCAGCTGC-3' (20 н.)

Режим амплификации:

×1: 95 °C — 4 мин. ×40: 95 °C — 10 сек., 58 °C — 10 сек., 72 °C — 10 сек. ×1: 72 °C — 5 мин.

ПДРФ-протоколы										
Реагенты		Исходная концентрация		Рабочая концентрация		1 проба (мкл)		10 проб (мкл)		
dH ₂ O						7,5		75		
rCutSmart™ Buffer		10×		1×		2		20		
<i>Hinf</i>	<i>Sau96I</i>	<i>HpyAV</i>	<i>MluCI</i>	10 ед.	5 ед.	2,5 ед.	1 ед.	5 ед.	5	
ПЦР-проба						10				
Итого:						20				
Режим инкубирования						37 °C	37 °C	37 °C	37 °C	в течение 1 часа
Электрофорез в 2,5%-ном агарозном геле в буфере TBE, окрашенном этидием бромидом										
Визуализация полученных электрофореграмм в УФ-трансиллюминаторе										

¹ Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated March 6, 2018, No. 101 "On the Approval of Rules for Conducting Preclinical Studies of a Veterinary Medicinal Product, Clinical Studies of a Veterinary Medicinal Product, and Bioequivalence Studies of a Veterinary Medicinal Product."

полиморфных сайтов рестрикции и последующего профилирования и встречаемых генотипов (рис. 1).

In silico моделирование генерируемых ПЦР-ПДРФ-профилей встречаемых генотипов полиморфных маркеров гена *iNOS Bos taurus* — действенный инструмент визуализации результата компьютерной симуляции эксперимента, способствующий прогнозированию применимости разрабатываемого способа генотипирования.

На рисунке 2 представлен результат *in silico* моделирования *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-1* гена *iNOS Bos taurus*.

Рассчитанные *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-фрагменты ассоциированы с тремя генотип-специфичными профилями SNP-маркера *AH13-1*, среди них два гомозиготных профиля генотипов *CC* (192/66 bp) и *TT* (258 bp), а также гетерозиготный профиль генотипа *CT* (258/192/66 bp) (рис. 2)

Генерация данных фрагментов и ассоциированных с ними профилей опосредована полиморфной позицией маркера *AH13-1* в положении 70, приводящей к созданию участка узнавания рестриктазы *HinfI* (G/ANTC) при SNP с заменой тимина (T) на цитозин (C) (рис. 1).

Результат моделирования *in silico* *Sau96I*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-2* гена *iNOS Bos taurus* представлен на рисунке 3.

Sau96I-ПЦР-ПДРФ-фрагменты, ассоциированные с тремя генотип-специфичными профилями SNP-маркера *AH13-2*, формируют два профиля гомозиготных генотипов *AA* (202/47/9 bp) и *GG* (113/89/47/9 bp), а также профиль гетерозиготного генотипа *AG*

Рис. 2. Моделирование *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-1* гена *iNOS Bos taurus* (праймеры *iNOS-F* и *iNOS-R*). Обозначения: 1) ПЦР-продукт (258 bp); 2–4) ПДРФ-профили: 2) генотип *CC* (192/66 bp); 3) генотип *TT* (258 bp); 4) генотип *CT* (258/192/66 bp)
Fig. 2. Modeling of *HinfI*-PCR-RFLP profiles of genotypes of the polymorphic marker *AH13-1* of the *Bos taurus iNOS* gene (primers *iNOS-F* and *iNOS-R*). Designations: 1) PCR-product (258 bp); 2–4) RFLP-profiles: 2) genotype *CC* (192/66 bp); 3) genotype *TT* (258 bp); 4) genotype *CT* (258/192/66 bp)

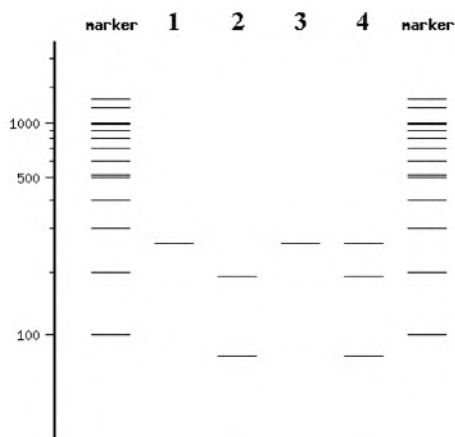


Рис. 1. Полиморфные сайты рестрикции SNP-маркеров *AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4* гена *iNOS Bos taurus* и соответствующие ПЦР-ПДРФ-профили генотипов, сгенерированные при рестрикционном картировании анализируемого локуса, фланкируемого праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R*

Fig. 1. Polymorphic restriction sites of SNP markers *AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4* of the *Bos taurus iNOS* gene and the corresponding PCR-RFLP genotype profiles generated by restriction mapping of the analyzed locus, flanked by primers *iNOS-F* and *iNOS-R*

Праймер <i>iNOS-F</i>				Праймер <i>iNOS-R</i>		ПЦР-продукт		GenBank A/N	
001	AGCGGGTTT	AAGTCCTAG	AGAGCCAGA	GAGGAAGAA	GTAGAAAGAC	CTTGGCTTCT			
	<i>HinfI</i>								<i>Sau96I</i>
061	TCAGGGAGT	Y	GTCACAGTA	GCCCGCCTCC	GTGAGCCTAG	TGCCTCATCA	GT	GR	CC
									<i>HpyAV</i>
121	TCCTTGGTTT	CTTCTGACT	TGAAACCATT	T	GR	AGGAGAC	AGGGGGGATC	TTTAAGAGGT	
									<i>MluCI</i>
181	AACCTCAGTC	TTCGAGGTTA	GGGTCCCCAC	TTTGTAGAGG	GGATGAGA	AR	TT	GGTTTTC	
									<i>Sau96I</i>
241	AGCTGATGGG	TCCAGTGT	258 bp						AF465168

SNP-маркер *AH13-1*, полиморфная позиция 70

HinfI-ПЦР-ПДРФ-профиль (*HinfI*-рестрикционное картирование):
 Нуклеотид C, генотип *CC* = 192/66 bp (1-66/67-258 nt)
 Нуклеотид T, генотип *TT* = 258 bp (1-258 nt)
 Нуклеотид Y, генотип *CT* = 258/192/66 bp

SNP-маркер *AH13-2*, полиморфная позиция 114

Sau96I-ПЦР-ПДРФ-профиль (*Sau96I*-рестрикционное картирование):
 Нуклеотид A, генотип *AA* = 202/47/9 bp (1-202/203-249/250-258 nt)
 Нуклеотид G, генотип *GG* = 113/89/47/9 bp (1-113/114-202/203-249/250-258 nt)
 Нуклеотид R, генотип *AG* = 202/113/89/47/9 bp

SNP-маркер *AH13-3*, полиморфная позиция 152

HpyAV-ПЦР-ПДРФ-профиль (*HpyAV*-рестрикционное картирование):
 Нуклеотид A, генотип *AA* = 146/112 bp (1-146/147-258 nt)
 Нуклеотид G, генотип *GG* = 258 bp (1-258 nt)
 Нуклеотид R, генотип *AG* = 258/146/112 bp

SNP-маркер *AH13-4*, полиморфная позиция 230

MluCI-ПЦР-ПДРФ-профиль (*MluCI*-рестрикционное картирование):
 Нуклеотид A, генотип *AA* = 228/30 bp (1-228/229-258 nt)
 Нуклеотид G, генотип *GG* = 258 bp (1-258 nt)
 Нуклеотид R, генотип *AG* = 258/228/30 bp

(202/113/89/47/9 bp) (рис. 3). Генерация указанных фрагментов и ассоциированных с ними профилей связана не только с наличием полиморфной позиции у маркера *AH13-2* в положении 114, приводящей к образованию сайта рестрикции *Sau96I* (G/GNCC) при SNP с заменой аденина (A) на гуанин (G), но и присутствием двух мономорфных сайтов рестрикции в анализируемом локусе гена *iNOS* (рис. 1).

На рисунке 4 представлен результат *in silico* моделирования *HpyAV*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-3* гена *iNOS Bos taurus*.

Рис. 3. Моделирование *Sau96I*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-2* гена *iNOS Bos taurus* (праймеры *iNOS-F* и *iNOS-R*). Обозначения: 1) ПЦР-продукт (258 bp); 2–4) ПДРФ-профили: 2) генотип *AA* (202/47/9 bp); 3) генотип *GG* (113/89/47/9 bp); 4) генотип *AG* (202/113/89/47/9 bp)
Fig. 3. Modeling of *Sau96I*-PCR-RFLP profiles of genotypes of the polymorphic marker *AH13-2* of the *Bos taurus iNOS* gene (primers *iNOS-F* and *iNOS-R*). Designations: 1) PCR-product (258 bp); 2–4) RFLP-profiles: 2) genotype *AA* (202/47/9 bp); 3) genotype *GG* (113/89/47/9 bp); 4) genotype *AG* (202/113/89/47/9 bp)

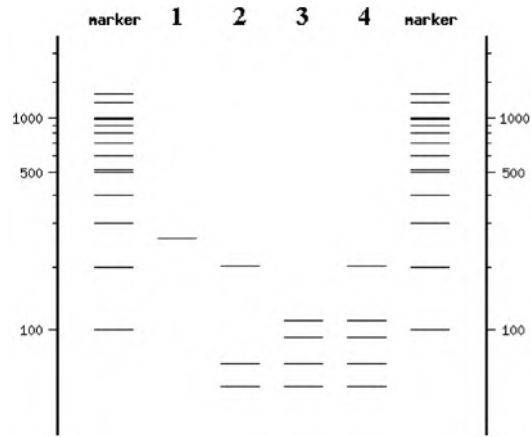
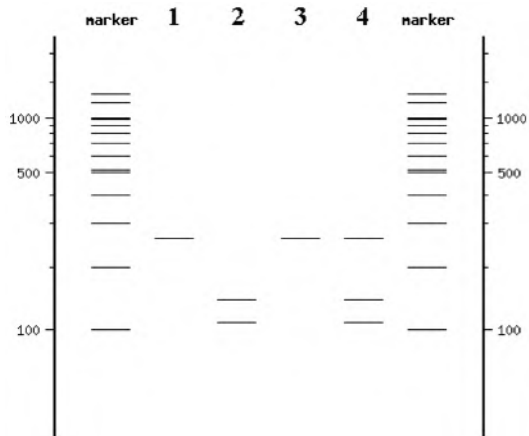


Рис. 4. Моделирование *HpyAV*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-3* гена *iNOS Bos taurus* (праймеры *iNOS-F* и *iNOS-R*). Обозначения: 1) ПЦР-продукт (258 bp); 2–4) ПДРФ-профили: 2) генотип AA (146/112 bp); 3) генотип GG (258 bp); 4) генотип AG (258/146/112 bp)

Fig. 4. Modeling of *HpyAV*-PCR-RFLP profiles of genotypes of the polymorphic marker *AH13-3* of the *Bos taurus iNOS* gene (primers *iNOS-F* and *iNOS-R*). Designations: 1) PCR-product (258 bp); 2–4) RFLP-profiles: 2) genotype AA (146/112 bp); 3) genotype GG (258 bp); 4) genotype AG (258/146/112 bp)



Рассчитанные *HpyAV*-ПЦР-ПДРФ-фрагменты формируют три генотип-специфичных профиля маркера *AH13-3*, к которым относятся два гомозиготных профиля генотипов AA (146/112 bp) и GG (258 bp), а также гетерозиготный профиль генотипа AG (258/146/112 bp) (рис. 4). Генерация данных фрагментов и ассоциированных с ними профилей непосредственно связана с полиморфной позицией маркера *AH13-3* в положении 152, приводящей к созданию участка узнавания рестриктазы *HpyAV* (ССТТС(6/5) при SNP с заменой гуанина (G) на аденин (A) (рис. 1).

Результат *in silico* моделирования *MluCI*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-4* гена *iNOS Bos taurus* представлен на рисунке 5.

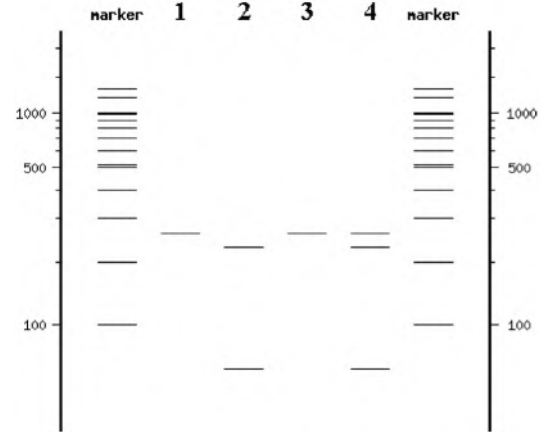
MluCI-ПЦР-ПДРФ-фрагменты, ассоциированные с тремя генотип-специфичными профилями маркера *AH13-4*, формируют два профиля гомозиготных генотипов AA (228/30 bp) и GG (258 bp), а также профиль гетерозиготного генотипа AG (258/228/30 bp) (рис. 5).

Генерация указанных фрагментов и ассоциированных с ними профилей опосредована полиморфной позицией маркера *AH13-4* в положении 230, приводящей к образованию сайта рестрикции *MluCI* (/AATT) при SNP с заменой гуанина (G) на аденин (A) (рис. 1).

Следует отметить, что из четырех подобранных эндонуклеаз рестрикции (*HinfI*, *Sau96I*, *HpyAV* и *MluCI*),

Рис. 5. Моделирование *MluCI*-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера *AH13-4* гена *iNOS Bos taurus* (праймеры *iNOS-F* и *iNOS-R*). Обозначения: 1) ПЦР-продукт (258 bp); 2–4) ПДРФ-профили: 2) генотип AA (228/30 bp); 3) генотип GG (258 bp); 4) генотип AG (258/228/30 bp)

Fig. 5. Modeling *MluCI*-PCR-RFLP profiles of genotypes of the polymorphic marker *AH13-4* of the *Bos taurus iNOS* gene (primers *iNOS-F* and *iNOS-R*). Designations: 1) PCR-product (258 bp); 2–4) RFLP-profiles: 2) genotype AA (228/30 bp); 3) genotype GG (258 bp); 4) genotype AG (258/228/30 bp)



упомянутых в данной работе, две могут быть успешно заменены на их прототипы, в частности *Sau96I* на изошизомер *Asp91* и *MluCI* на изошизомер *Sse9I*. При этом данные изошизомеры и рестриктазу *HinfI* производит и реализует российская компания ООО «СибЭнЗайм», что ожидаемо положительно скажется на себестоимости планируемой экспериментальной части исследования.

Выводы/Conclusion

Результат картирования выявленных полиморфных сайтов рестрикции и последующего профилирования встречаемых генотипов свидетельствовал о возможности детектирования полиморфных позиций 4 SNP-маркеров (*AH13-1*, *AH13-2*, *AH13-3*, *AH13-4*) гена *iNOS Bos taurus* методом ПЦР-ПДРФ-анализа. Установленная возможность открыла путь к моделированию способа генотипирования крупного рогатого скота по перечисленным полиморфным маркерам анализируемого локуса, предусматривающего последовательные этапы экстракции нуклеиновых кислот, постановки ПЦР и ПДРФ, а также гель-электрофорезной детекции. При этом доступность отобранных эндонуклеаз рестрикции, в том числе к приобретению их изошизомеров на отечественном (российском) рынке, делает планируемую экспериментальную часть исследования вполне осуществимой.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-10011.
<https://rscf.ru/project/22-76-10011>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Lemal P., May K., König S., Schroyen M., Gengler N. *Invited review: from heat stress to disease — Immune response and candidate genes involved in cattle thermotolerance. Journal of Dairy Science.* 2023; 106(7): 4471–4488. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22727>
- Klebanoff S.J. Reactive nitrogen intermediates and antimicrobial activity: Role of nitrite. *Free Radical Biology and Medicine.* 1993; 14(4): 351–360. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90084-8](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90084-8)

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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

This research was funded by Russian Science Foundation No. 22-76-10011.
<https://rscf.ru/project/22-76-10011>

REFERENCES

- Lemal P., May K., König S., Schroyen M., Gengler N. *Invited review: from heat stress to disease — Immune response and candidate genes involved in cattle thermotolerance. Journal of Dairy Science.* 2023; 106(7): 4471–4488. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22727>
- Klebanoff S.J. Reactive nitrogen intermediates and antimicrobial activity: Role of nitrite. *Free Radical Biology and Medicine.* 1993; 14(4): 351–360. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90084-8](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90084-8)

3. Bogdan C., Rölinghoff M., Diefenbach A. Reactive oxygen and reactive nitrogen intermediates in innate and specific immunity. *Current Opinion in Immunology*. 2000; 12(1): 64–76. [https://doi.org/10.1016/s0952-7915\(99\)00052-7](https://doi.org/10.1016/s0952-7915(99)00052-7)
4. Chakravorty D., Hense M. Inducible nitric oxide synthase and control of intracellular bacterial pathogens. *Microbes and Infection*. 2003; 5(7): 621–627. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(03\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(03)00096-0)
5. Чичина С.В. Роль аллельной вариабельности генов цитокинов в формировании резистентности крупного рогатого скота к лейкозу. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Новосибирск. 2005; 110.
6. Beishova I.S. *et al.* Genetic polymorphism of prolactin and nitric oxide synthase in Holstein cattle. *Veterinary World*. 2023; 16(1): 161–167. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.161-167>
7. Безбородова Н.А. и др. Оценка распространённости аллельных вариантов гена синтазы оксида азота *iNOS* в уральской популяции крупного рогатого скота. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2023; (1): 31–36. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2023.1.31-36>
8. Hashim H.O., Al-Shuhaib M.B.S. Exploring the Potential and Limitations of PCR-RFLP and PCR-SSCP for SNP Detection: A Review. *Journal of Applied Biotechnology Reports*. 2019; 6(4): 137–144. <https://doi.org/10.29252/JABR.06.04.02>
9. Гильманов Х.Х., Вафин Р.Р., Каримова Р.Г., Тюлькин С.В. Способ проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования крупного рогатого скота по аллельным вариантам полиморфного маркера AN13-1 гена *iNOS*. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2018; (4): 22–28. <https://www.elibrary.ru/urblz1>
10. Kuzhebaeva U.Z., Donnik I.M., Petropavlovsky M.V., Kanatbaev S.G., Nurgaliev B.E. Nitric oxide as an indicator for assessing the resistance and susceptibility of cattle to leukemia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 48–54. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-48-54>
11. Heaton M.P. *et al.* Selection and use of SNP markers for animal identification and paternity analysis in U.S. beef cattle. *Mammalian Genome*. 2002; 13(5): 272–281. <https://doi.org/10.1007/s00335-001-2146-3>
3. Bogdan C., Rölinghoff M., Diefenbach A. Reactive oxygen and reactive nitrogen intermediates in innate and specific immunity. *Current Opinion in Immunology*. 2000; 12(1): 64–76. [https://doi.org/10.1016/s0952-7915\(99\)00052-7](https://doi.org/10.1016/s0952-7915(99)00052-7)
4. Chakravorty D., Hense M. Inducible nitric oxide synthase and control of intracellular bacterial pathogens. *Microbes and Infection*. 2003; 5(7): 621–627. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(03\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(03)00096-0)
5. Chichinina S.V. The role of allelic variability of cytokine genes in the formation of cattle resistance to leukemia. *PhD (Biology) Thesis*. Novosibirsk. 2005; 110 (in Russian).
6. Beishova I.S. *et al.* Genetic polymorphism of prolactin and nitric oxide synthase in Holstein cattle. *Veterinary World*. 2023; 16(1): 161–167. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.161-167>
7. Bezborodova N.A. *et al.* Assessment of the prevalence of allelic variants of nitric oxide synthase bovine gene *iNOS* in the Ural population. *Problems of biology of productive animals*. 2023; (1): 31–36 (in Russian). <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2023.1.31-36>
8. Hashim H.O., Al-Shuhaib M.B.S. Exploring the Potential and Limitations of PCR-RFLP and PCR-SSCP for SNP Detection: A Review. *Journal of Applied Biotechnology Reports*. 2019; 6(4): 137–144. <https://doi.org/10.29252/JABR.06.04.022>
9. Gilmanov Kh. Kh., Vafin R.R., Karimova R.G., Tyulkin S.V. Method of carrying out PCR-RFLP for cattle genotyping on allelic variants of polymorphic marker of *iNOS* gene. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2018; (4): 22–28 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/urblz1>
10. Kuzhebaeva U.Z., Donnik I.M., Petropavlovsky M.V., Kanatbaev S.G., Nurgaliev B.E. Nitric oxide as an indicator for assessing the resistance and susceptibility of cattle to leukemia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 48–54. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-48-54>
11. Heaton M.P. *et al.* Selection and use of SNP markers for animal identification and paternity analysis in U.S. beef cattle. *Mammalian Genome*. 2002; 13(5): 272–281. <https://doi.org/10.1007/s00335-001-2146-3>

ОБ АВТОРАХ

Рамиль Ришадович Вафин

доктор биологических наук, профессор РАН, научный консультант
vafin-ramil@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0914-0053>

Хамид Халимович Гильманов

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
gilmanov.xx@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>

Павел Николаевич Шастин

кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник
shastin.pasha@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>

Анастасия Владимировна Супова

младший научный сотрудник
supova.nastya@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0728-538X>

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук
Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ramil Rishadovich Vafin

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Scientific Consultant
vafin-ramil@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0914-0053>

Khamid Khalimovich Gilmanov

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
gilmanov.xx@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>

Pavel Nikolaevich Shastin

Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher
shastin.pasha@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>

Anastasia Vladimirovna Supova

Junior Researcher
supova.nastya@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0728-538X>

Federal Scientific Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences
24 Ryazansky Ave., Moscow, 109428, Russia

А.А. Белооков¹ ✉
 М.Б. Ребезов^{2, 3}
 С.С. Стволов¹

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

² Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ belookov@yandex.ru

Поступила в редакцию:
02.08.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-71-73

Alexey A. Belookov¹ ✉
 Maksim B. Rebezov^{2, 3}
 Stanislav S. Stvolov¹

¹ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

² V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ belookov@yandex.ru

Received by the editorial office:
02.08.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Мясные качества помесного молодняка свиней

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Важные факторы повышения продуктивности свиней — межпородное скрещивание и гибридизация. В результате эффекта гетерозиса увеличивается многоплодие свиноматок, повышается сохранность приплода, интенсивность роста молодняка, улучшается качество мяса и, как следствие, повышается рентабельность отрасли свиноводства.

В работе представлена оценка мясных качеств помесного молодняка свиней, полученного в результате промышленного трехпородного скрещивания.

Методы. Для реализации научно-хозяйственного опыта были сформированы три группы свиноматок пар-аналогов крупной белой породы от компании Нурог (КБ Нурог). Свиноматок 1-й группы скрестили с хряками породы ландрас от компании PIC (Ландрас Pic), 2-й — с хряками породы ландрас от компании Genesus Genetics (Ландрас Genesus), 3-й — с хряками породы ландрас от компании Нурог (Ландрас Нурог). В результате были получены двухпородные помеси (F1). Далее помесных свиноматок (F1) 1-й, 2-й и 3-й опытных групп скрестили с хряками породы дюрок от компании Genesus Genetics, в результате получили товарный молодняк (F2).

Результаты. По результатам исследований установлено, что самая высокая предубойная живая масса была получена от животных 1-й группы (125,12 кг), что больше, чем во 2-й и 3-й опытных группах, соответственно, на 5,8% и 4,0%. Исследования химического состава длиннейшей мышцы спины молодняка свиней показали, что содержание белка во всех образцах мяса было в пределах 23–24% с минимальным значением показателя (23,31%) в мышечной ткани животных 3-й опытной группы, а максимальным (23,7%) — в 1-й опытной (разница составила 0,39%). Количество внутримышечного жира в мясе животных 1-й (5,57%) и 2-й (6,30%) групп было достоверно больше на 1,23% и 1,96% соответственно по сравнению с аналогами 3-й группы. Минимальный уровень pH мяса отмечен в 1-й опытной группе (5,51 ед. pH), максимальный — во 2-й опытной (5,56 ед. pH), разница составила 0,05 ед. pH. Наибольшая массовая доля коллагена (1,11%) была получена в 3-й группе, наименьшая — в 1-й опытной (0,66%), разница составила 0,45%.

Ключевые слова: свиноводство, порода, мясная продуктивность, поросята, межпородное скрещивание

Для цитирования: Belookov A.A., Rebezov M.B., Stvolov S.S. Meat qualities of crossbred young pigs. *Аграрная наука.* 2024; 378(1): 71–73.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-71-73>

© Белооков А.А., Ребезов М.Б., Стволов С.С.

Meat qualities of crossbred young pigs

ABSTRACT

Relevance. Interbreeding and hybridization are important factors in increasing pig productivity. As a result of the heterosis effect, the multiplicity of sows increases, the safety of offspring increases, the growth rate of young animals improves, the quality of meat improves and, as a result, the profitability of the pig industry increases.

The paper presents an assessment of the meat qualities of local young pigs obtained as a result of industrial three-breed crossing.

Methods. To implement the scientific and economic experience, three groups of sows of pairs of analogues of a large white breed from the Hypor company (KB Hypor) were formed. Sows of the 1st group were crossed with boars of the Landrace breed from the PIC company (Landrace Pic), the 2nd — with boars of the Landrace breed from the Genesus Genetics company (Landrace Genesus), the 3rd — with boars of the Landrace breed from the Hypor company (Landrace Hypor). As a result, two-breed crossbreeds (F1) were obtained. Next, crossbred sows (F1) of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups were crossed with boars of the Duroc breed from Genesus Genetics, as a result, commercial young (F2) were obtained.

Results. According to the research results, it was found that the highest pre-slaughter live weight was obtained from animals of the 1st group (125.12 kg), which is more than in the 2nd and 3rd experimental groups, respectively, by 5.8% and 4.0%. Studies of the chemical composition of the longest back muscle of young pigs showed that the protein content in all meat samples was in the range of 23–24% with a minimum value (23.31%) in the muscle tissue of animals of the 3rd experimental group, and the maximum (23.7%) in the 1st experimental group (the difference was 0.39%). The amount of intramuscular fat in the meat of animals of the 1st (5.57%) and 2nd (6.30%) groups was significantly higher by 1.23% and 1.96%, respectively, compared with analogues of the 3rd group. The minimum pH level of meat was noted in the 1st experimental group (5.51 pH units), the maximum — in the 2nd experimental group (5.56 pH units), the difference was 0.05 pH units. The largest mass fraction of collagen (1.11%) was obtained in the 3rd group, the smallest — in the 1st experimental group (0.66%), the difference was 0.45%.

Key words: pig breeding, breed, meat productivity, piglets, interbreeding

For citation: Sermyagin A.A., Bogolyubova N.V., Belous A.A., Petryakova G.K., Elatkin N.P., Zinovieva N.A. Meat production, feed efficiency and chemical composition traits of meat for Aberdeen Angus steers bulls. *Agrarian science.* 2024; 378(1): 71–73 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-71-73>

© Belookov A.A., Rebezov M.B., Stvolov S.S.

Введение/Introduction

Одна из сегодняшних задач агропромышленного комплекса России — увеличение производства мяса для обеспечения собственной продовольственной безопасности за счет импортозамещения. Решение этой задачи во многом зависит от развития свиноводства как наиболее технологичной отрасли [1, 2].

Свиноводство среди других отраслей животноводства занимает ведущее место по плодовитости и скороспелости животных и относится к важным источникам мясной продукции. Мясо свиней богато полноценным белком, в котором имеются все незаменимые аминокислоты, минеральные вещества и комплекс витаминов. Из свиного шпика и мяса готовят мясные продукты и колбасы [3–5].

Важные факторы повышения продуктивности свиней — межпородное скрещивание и гибридизация. В результате эффекта гетерозиса увеличивается многоплодие свиноматок, повышается сохранность приплода, интенсивность роста молодняка, улучшается качество мяса и, как следствие, повышается рентабельность отрасли свиноводства [7–10].

Многолетний опыт исследований показывает, что скрещивание в свиноводстве является экономически оправданным. Промышленное скрещивание улучшает воспроизводительные и продуктивные качества помесей, что повышает экономическую эффективность производства [11–14].

Цели работы — получение помесного молодняка свиней разной селекции и оценка его мясных качеств.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научно-хозяйственный опыт был проведен в марте — ноябре 2022 года в условиях свиноводческого комплекса ОСП СК «Ромкор» (Троицкий р-н, Челябинская обл., Россия). Работа велась на основании общепринятых требований и методов^{1, 2}.

Для реализации научно-хозяйственного опыта с учетом ортогональности и репрезентативности была сформирована опытная популяция свиноматок крупной белой породы от компании Нурор (Боксмер, Нидерланды), из которой сформированы три идентичные группы по 15 голов, которых спарили с хряками породы ландрас (1-я отцовская) от компаний Нурор — 1-я группа, PIC (российское подразделение «Генетика ПИК», г. Белгород, Россия) — 2-я группа (Genesus Genetics, г. Квебек, Канада) — 3-я группа. В результате были получены двухпородные гибриды (F1).

Далее гибридных свиноматок (F1) 1-й, 2-й и 3-й опытных групп скрестили с хряками породы дюрок (2-я отцовская) от компании Genesus Genetics, в результате

получили товарный молодняк (F2) разной селекции, который оценили по продуктивным качествам.

Отбор проб проводили согласно ГОСТ Р 51447-99³. При этом учитывались валовой и среднесуточный прирост живой массы, убойная масса, убойный выход, масса парной и охлажденной туши, себестоимость 1 кг прироста живой массы.

Сравнительный анализ мясных качеств молодняка ($n = 3$) проведен в условиях мясоперерабатывающего комплекса ООО «Ромкор» в соответствии с требованиями технологического регламента предприятия (Еманжелинский р-н, Челябинская обл., Россия).

Массовую долю белка, жира, влаги, коллагена и кислотное число определяли на анализаторе FoodScan 2 Lab (Дания) согласно инструкции к прибору.

Оборудование и средства измерения, используемые в исследованиях, были поверены ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Челябинской области» (г. Челябинск, Россия).

Сравнительную экономическую эффективность^{4, 5, 6, 7} разведения свиней в результате выявления экстерьерно-продуктивных особенностей в возрасте 180 дней оценивали общепринятыми методами^{8, 9, 10} [15].

Принципы обращения с животными соответствовали статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ¹¹.

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Office (США) и определением критерия достоверности по Стьюденту при трех уровнях вероятности¹². Значимость различий была установлена на уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В ходе исследований был проведен контрольный убой молодняка по три головы из каждой группы (табл. 1).

Из данных (табл. 1) видно, что самая высокая предубойная живая масса была получена от животных 1-й опытной группы (125,12 кг), что больше, чем во 2-й (на 6,82 кг — 5,8%) и 3-й (на 4,82 кг — 4,0%) опытных группах. Достоверно наивысшая убойная масса также

Таблица 1. Показатели убоя животных, $n = 3 \pm \bar{S}_x$
Table 1. Indicators of animal slaughter, $n = 3 \pm \bar{S}_x$

Показатель	Группа		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Предубойная живая масса, кг	125,12 ± 1,17	118,30 ± 2,8	120,30 ± 1,48
Убойная масса, кг	93,51 ± 0,79*	87,80 ± 2,14	89,47 ± 1,00
Убойный выход, %	74,74 ± 0,07*	74,22 ± 0,10	74,37 ± 0,09
Масса парной туши, кг	90,04 ± 0,85*	85,07 ± 2,09	86,48 ± 0,96
Масса охлажденной туши, кг	88,04 ± 0,91*	82,95 ± 2,05	84,32 ± 0,89

Примечание: * значение достоверности $p \leq 0,05$ по отношению к 3-й группе.

¹ Приказ Минсельхоза России от 21.10.2020 № 621 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания свиней в целях их воспроизводства, выращивания и реализации» (зарегистрировано в Минюсте России 29.10.2020 № 60627).

² Полковникова В.И. Свиноводство: учебное пособие. Пермь. 2022.

³ ГОСТ Р 51447-99 Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб.

⁴ Семенов В.Г., Соляник А.В., Тюрин В.Г., Кузнецов А.Ф., Соляник В.В., Никитин Д.А. Планирование, управление и контроль эффективности промышленного свиноводства. Чебоксары. 2021.

⁵ Раджабов Р.Г., Иванова Н.В. Экономика свиноводства: современное состояние, эффективность и пути ее повышения. Персиановский. 2014.

⁶ Сорокин В.С. Организационно-экономические основы повышения эффективности производства и реализации свинины в рыночных условиях (теория, методология, практика). Автореф. дисс. д. э. н. / Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва. 2007.

⁷ Храменко Н.М., Романенко А.В. Определение экономических весов селекционируемых признаков в свиноводстве. В сборнике: Сельское хозяйство — проблемы и перспективы. Сборник научных трудов. Гродно. 2020; 237–247.

⁸ Жаймышева С.С., Косилов В.И., Герасимова Т.Г. Технология производства и переработки продукции свиноводства: учебное пособие. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет. 2022.

⁹ Раджабов Р.Г., Иванова Н.В. Экономика свиноводства: современное состояние, эффективность и пути ее повышения: учебное пособие. Персиановский: Донской государственный аграрный университет. 2014.

¹⁰ Бажов Г.М. Племенное свиноводство: учебное пособие. М.: Юрайт. 2020.

¹¹ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

¹² Лямин В.С. Теория и практика в Excel: учебник. М.: Финансы и статистика. 2010.

была в 1-й опытной группе (93,51 кг), а наименьшая — во 2-й (87,8 кг). Убойный выход колебался от 74,22% во 2-й опытной группе до 74,74% — в 1-й. Масса парной (90,04 кг) и охлажденной (88,04 кг) туши наибольшей также была в 1-й опытной группе, а наименьшая — во 2-й (85,07 кг и 82,95 кг соответственно).

Пищевая и биологическая ценность мяса, обусловленная его химическим составом, показана в таблице 2.

Установлено, что содержание сухого вещества в длиннейшей мышце спины свиней в 1-й группе было минимальным (28,49%), что меньше, чем в 3-й (на 0,96%) и во 2-й (на 2,07%).

Содержание белка во всех образцах мяса было в пределах 23–24% с минимальным значением показателя (23,31%) в мышечной ткани животных 3-й опытной группы, а максимальным (23,7%) — в 1-й, разница составила 0,39%.

Количество внутримышечного жира в мясе животных 1-й (5,57%) и 2-й (6,30%) групп было достоверно больше (на 1,23% и 1,96% соответственно) по сравнению с аналогами 3-й группы.

Анализ уровня pH мяса показал, что минимальное значение 5,51 ед. pH было отмечено в 1-й опытной группе, а максимальное — во 2-й (5,56 ед. pH), разница составила 0,05 ед. pH.

Наибольшая массовая доля коллагена (1,11%) была зарегистрирована в 3-й группе, а наименьшая — в 1-й (0,66%), разница составила 0,45%.

Результаты оценки экономической эффективности выращивания помесного молодняка (табл. 3) показали, что за время проведения производственного опыта наибольший валовой прирост живой массы отмечен у животных 1-й опытной группы (124,51 кг), что на 5,78 кг, или 4,9%, больше, чем у аналогов 3-й группы. При этом среднесуточный прирост живой массы за весь период выращивания в 1-й группе составил 691,7 г против 659,6 г в 3-й.

При определении общих затрат учитывалась в том числе стоимость кормов, потребленных подопытными животными за период исследований. Наименьшая себестоимость прироста живой массы молодняка при относительно равных затратах (отклонения 0,1% и менее) на голову была получена в 1-й опытной группе. Так, затраты на прирост живой массы в 1-й группе составили 97,18 руб/кг, что меньше чем в 3-й (на 4,5%) и 2-й (на 5,5%) группах.

Как следствие, в 1-й опытной группе была отмечена наибольшая рентабельность производства. Так,

Таблица 2. Химический состав длиннейшего мускула спины свиней, $n = 3 \pm S_x$

Table 2. Chemical composition of the longest back muscle of pigs, $n = 3 \pm S_x$

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
М. д. влаги, %	71,51 ± 0,88	69,44 ± 0,46	70,55 ± 1,20
Сухое вещество, %	28,49 ± 0,88	30,56 ± 0,46	29,45 ± 1,20
М. д. белка, %	23,70 ± 0,44	23,64 ± 0,41	23,31 ± 0,60
М. д. жира, %	5,57 ± 0,19*	6,30 ± 0,15*	4,34 ± 0,18
pH, ед. pH	5,51 ± 0,05	5,56 ± 0,12	5,52 ± 0,07
М. д. коллагена, %	0,66 ± 0,04	0,86 ± 0,03	1,11 ± 0,07

Примечание: * Значение достоверности $p \leq 0,05$ по отношению к 3-й группе.

Таблица 3. Экономическая оценка эффективности выращивания помесного молодняка

Table 3. Economic assessment of the effectiveness of breeding crossbred young

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Валовой прирост живой массы за 0–180 дней, кг	124,51	117,67	118,73
Среднесуточный прирост за период выращивания, г	691,70	653,70	659,60
Общие затраты на товарную голову, руб.	12 099,29	12 096,14	12 084,62
Себестоимость 1 кг прироста живой массы, руб.	97,18	102,80	101,78
Цена реализации 1 кг живой массы без НДС, руб.	109,41	109,41	109,41
Выручка от реализации одной головы, руб.	13 622,53	12 874,17	12 990,14
Уровень рентабельности, %	11,18	6,04	6,97

уровень рентабельности в этой группе составил 11,18%, что выше, чем в 3-й (на 4,21%) и 2-й (на 5,14%) группах. Следовательно, выращивание трехпородных гибридов F2 от двухпородных свиноматок 1-й опытной группы показывает наибольшую рентабельность по сравнению с аналогами других групп.

Выводы/Conclusion

Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что на мясную продуктивность помесного молодняка свиней оказала влияние сочетаемость родительских пар разной селекции. При этом лучшие результаты были получены в 1-й опытной группе, где на первом этапе свиноматок крупной белой породы от компании Нурог спарили с хряками породы ландрас от компаний Нурог, а на втором этапе полученных гибридных свиноматок скрестили с хряками породы дюрок от компании Genesus Genetics.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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. Кочетков И.М. Результаты проводимой политики импортозамещения в РФ на примере производства продукции в АПК. *Аллея науки*. 2021; 2(6): 193–198. <https://elibrary.ru/ywfhkx>
2. Файзуллин Р.А., Сайфутдинов М.Р. Некоторые хозяйственно полезные признаки свиней крупной белой породы ООО «Россия». *Аграрная наука*. 2021; (11–12): 56–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-56-59>
3. Бальников А.А. Сочетаемость свиноматок новых генотипов с хряками специализированных пород зарубежной селекции. «Молодежь в науке — 2016». *Сборник материалов Международной конференции молодых ученых*. Минск: Беларуская навука. 2017; 1: 281–292. <https://elibrary.ru/yryxzx>
4. Фуников Г.А. Морфологический состав и мясность туш свиней отечественной, канадской и французской селекций. *Аграрная наука*. 2020; (7–8): 73–77. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-73-77>

REFERENCES

1. Kochetkov I.M. The results of the ongoing policy of import substitution in the Russian Federation on the example of the production of products in the agro-industrial complex. *Alleya nauki*. 2021; 2(6): 193–198 (in Russian). <https://elibrary.ru/ywfhkx>
2. Fayzullin R.A., Sayfutdinov M.R. Some economically useful signs of the pigs of a Large White breed in ООО "Rossiya". *Agrarian science*. 2021; (11–12): 56–59 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-56-59>
3. Balnikov A.A. Compatibility of the sows of the new genotypes with boars of specialized breeds of foreign selection. "Youth in science — 2016". *Proceedings of the International conference of young scientists*. Minsk: Belarusskaya navuka. 2017; 1: 281–292 (in Russian). <https://elibrary.ru/yryxzx>
4. Funikov G.A. Morphological composition and meat of pigs of domestic, Canadian and French breeding. *Agrarian science*. 2020; (7–8): 73–77 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-73-77>

5. Березовский Н.Д. Гибридизация с учетом генотипа материнских форм. *Перспективы развития свиноводства стран СНГ. Сборник научных трудов по материалам XXV Международной научно-практической конференции.* Минск: Беларуская навука. 2018; 13–18. <https://www.elibrary.ru/zbtqgd>
6. Ребезов М.Б., Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Гаршина Д.А. Влияние природного иммуностимулятора на естественную резистентность организма свиноматок. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора Е.П. Ващекина, заслуженного работника Высшей школы РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ, почетного гражданина Брянской области.* Кокино: Брянский государственный аграрный университет. 2020; 1: 161–164. <https://elibrary.ru/opxmyj>
7. Фуников Г.А. Убойная и мясная продуктивность молодняка свиней отечественной, канадской и французской селекций. *Аграрная наука.* 2020; (5): 60–64. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-60-64>
8. Драгоев П., Стойков А. Экономическая оценка помесных свиней. *Экономика и управление сельского хозяйства.* 1998; 43(7): 21–25.
9. Евдокимов Н.В. Продуктивные качества и эффект гетерозиса свиней при промышленном скрещивании. «Профессионал года — 2018». *Сборник статей X Международного научно-практического конкурса.* Пенза: Наука и просвещение. 2018; 28–32. <https://www.elibrary.ru/xwhukl>
10. Казанцева Н.П., Васильева М.И., Сергеева И.Н. Влияние генотипа на формирование качественных характеристик мяса свиней. *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2020; 57(1): 63–68. <https://www.elibrary.ru/ctmids>
11. Тяпугин С.Е., Новиков А.А., Суслина Е.Н., Шичкин Д.Г., Дунина М.Г., Башмакова Н.В. Организация разведения и селекционной работы в селекционно-генетических и селекционно-гибридных центрах при использовании метода гибридизации в свиноводстве. *Свиноводство.* 2021; (4): 8–10. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2021-4-8-10>
12. Titova N.V., Belookov A.A., Belookova O.V., Vakhmyanina S.A., Maksimova R.A. Advantages of feeding pregnant sows with biologically active substances based on folic acid and trace elements. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021; 677: 052082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052082>
13. Пермяков А., Казьмина Н., Садкова Я., Требуных Е., Околышев С., Тимошенко Ю. Новые генотипы в гибридизации свиней. *Животноводство России.* 2019; (6): 26–28. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2019.58.25.009>
14. Копылова Е., Вербицкий С., Бодряшова Е. Поможет эффект гетерозиса. *Животноводство России.* 2015; (4): 21–26. <https://elibrary.ru/ulfgzr>
15. Решетняк Л.А., Груздова Л.Н. Формирование учетно-аналитической информации о производственных затратах и себестоимости продукции свиноводства. Монография. Белгород: *Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина.* 2021; 102. ISBN 978-5-6046581-0-9 <https://www.elibrary.ru/mcyjys>
5. Berezovsky N.D. Hybridization taking into account the genotype of maternal forms. *Prospects for the development of pig breeding in the CIS countries. Collection of scientific papers based on the proceedings of the XXV International Scientific and Practical Conference.* Minsk: Belarusskaya navuka. 2018; 13–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zbtqgd>
6. Rebezov M.B., Topuriya G.M., Topuriya L.Yu., Garshina D.A. Effect of natural immunostimulator on natural resistance of sows organism. *Actual problems of intensive development of animal husbandry. Collection of scientific papers of the National Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Doctor of Biological Sciences, Professor E.P. Vashchekin, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary worker of higher professional education of the Russian Federation, honorary citizen of the Bryansk region.* Kokino: Bryansk State Agrarian University. 2020; 1: 161–164 (in Russian). <https://elibrary.ru/opxmyj>
7. Funikov G.A. Slaughter and meat productivity of young pigs of domestic, Canadian and French breeds. *Agrarian science.* 2020; (5): 60–64 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-60-64>
8. Dragoev P., Stoikov A. Economic evaluation of crossbred pigs. *Economics and Management of Agriculture.* 1998; 43(7): 21–25 (in Russian).
9. Evdokimov N.V. Productive qualities and the effect of heterosis of pigs in commercial crossing. «Professional of the year — 2018». *Collection of articles of the X International scientific and practical competition.* Penza: Nauka i prosveshchenie. 2018; 28–32 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xwhukl>
10. Kazantseva N.P., Vasilyeva M.I., Sergeeva I.N. Influence of genotype on the formation of qualitative characteristics of pig meat. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University.* 2020; 57(1): 63–68 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ctmids>
11. Tyapugin S.E., Novikov A.A., Suslina E.N., Shichkin D.G., Dunina M.G., Bashmakova N.V. Organization of breeding and breeding work in breeding-genetic and breeding-hybrid centers when using the method of hybridization in pig-breeding. *Pigbreeding.* 2021; (4): 8–10 (in Russian). <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2021-4-8-10>
12. Titova N.V., Belookov A.A., Belookova O.V., Vakhmyanina S.A., Maksimova R.A. Advantages of feeding pregnant sows with biologically active substances based on folic acid and trace elements. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021; 677: 052082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052082>
13. Permyakov A., Kazmina N., Sadkova Ya., Trebunskiykh E., Okolyshv S., Timoshenko Yu. New genotypes in pig hybridization. *Animal Husbandry of Russia.* 2019; (6): 26–28 (in Russian). <https://doi.org/10.25701/ZZR.2019.58.25.009>
14. Kopylova E., Verbitsky S., Bodryashova E. Heterosis effect will help. *Animal Husbandry of Russia.* 2015; (4): 21–26 (in Russian). <https://elibrary.ru/ulfgzr>
15. Reshetnyak L.A., Gruzdova L.N. Formation of accounting and analytical information on production costs and the cost of pig products. Monograph. Belgorod: *Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin.* 2021; 102 (in Russian). ISBN 978-5-6046581-0-9 <https://www.elibrary.ru/mcyjys>

ОБ АВТОРАХ

Алексей Анатольевич Белоков¹

доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции
belookov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³

rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Станислав Сергеевич Стволов¹

аспирант
stvolov-87@mail.ru

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexey Anatolyevich Belookov¹

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products
belookov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²;
- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³

rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Stanislav Sergeevich Stvolov¹

Graduate Student
stvolov-87@mail.ru

¹South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia

²V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

УДК 574.586

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-75-79

И.Е. Липпо

Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», пос. Воровского, Московская обл., Россия

✉ lippo@bk.ru

Поступила в редакцию:
17.08.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-75-79

Irina E. Lippo

The All-Russian Scientific Research Institute of Integrated Fish Farming is a branch of the Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ academician L.K. Ernst», village Vorovsky, Moscow region, Russia

✉ lippo@bk.ru

Received by the editorial office:
17.08.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Сравнительная оценка количественно-качественного состава зооперифитона на поверхности ряски (*Lemna minor*), выращенной в установке замкнутого водоснабжения

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Количественно-качественный состав организмов, поселяющихся на плавающих макрофитах, зависит от наличия в воде питательных веществ, необходимых для их жизни, таких как продукты жизнедеятельности рыб, остатки кормов и экскременты.

Методы. Корни и листочки ряски (*Lemna minor*) выступают как субстрат для прикрепления и развития гидробионтов, а они, в свою очередь, потребляют в качестве источников питания органические вещества, тем самым снижая количество загрязняющих веществ в воде. В связи с этим представляется актуальным исследование фаунистического состава, частоты встречаемости и плотности различных таксономических групп организмов, поселяющихся на листочках ряски, при интегрированном выращивании водных растений и объектов аквакультуры.

Результаты. Результаты исследования показали, что зооперифитон ряски характеризуется высоким разнообразием фаунистического комплекса. На поверхности водных макрофитов (*Lemna minor*), выращенных интегрированным методом совместно с карпами, количество гидробионтов в два раза больше, чем на ряске, выращенной в контрольной установке замкнутого водоснабжения, в которой отсутствовали рыбы. Экскременты рыб и размытые остатки кормов создали питательный субстрат для развития гидробионтов.

Всего было обнаружено 22 вида организмов, заселяющих ряску в опытном варианте, среди которых доминировали ракушковые рачки, субдоминаторами оказались коловратки, встречались также хириноиды, веслоногие раки и нематоды. Зооперифитон ряски в контрольном варианте состоял из 12 таксонов гидробионтов, чаще всего попадались простейшие и ракушковые рачки, встречались протисты, веслоногие раки и олигохеты. Наибольшее фаунистическое разнообразие зафиксировано на ряске в опытном варианте.

Ключевые слова: ряска, карп, УЗВ, гидробиология, зоопланктон, гидробионты

Для цитирования: Липпо И.Е. Сравнительная оценка количественно-качественного состава зооперифитона на поверхности ряски (*Lemna minor*), выращенной в установке замкнутого водоснабжения. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 75–79.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-75-79>

©Липпо И.Е.

Comparative assessment of the quantitative and qualitative composition of zooperiphyton on the surface of duckweed (*Lemna minor*) grown in a recirculating water supply system

ABSTRACT

Relevance. The quantitative and qualitative composition of organisms settling on floating macrophytes depends on the presence in the water of nutrients necessary for their life, such as fish waste products, food residues and excrement.

Methods. The roots and leaves of duckweed (*Lemna minor*) act as a substrate for the attachment and development of aquatic organisms. And they, in turn, consume organic substances as food sources, thereby reducing the amount of pollutants in the water. In this regard, it seems relevant to study the faunal composition, frequency of occurrence and density of various taxonomic groups of organisms settling on duckweed leaves during the integrated cultivation of aquatic plants and aquaculture objects.

Results. The results of the study showed that the zooperiphyton of duckweed is characterized by a high diversity of the faunal complex. On the surface of aquatic macrophytes (*Lemna minor*), grown by the integrated method together with carps, the number of hydrobionts is twice as large as on duckweed grown in a control installation of a closed water supply, in which there were no fish. Fish excrement and washed-out food residues created a nutrient substrate for the development of aquatic organisms.

A total of 22 species of organisms were found inhabiting duckweed in the experimental variant, among which barnacle crustaceans dominated, rotifers were subdominants, and chironomids, copepods, and nematodes were also found. The zooperiphyton of duckweed in the control version consisted of 12 taxa of hydrobionts, most often there were protozoa and barnacles, there were protists, paddlefoot crayfish and oligochaetes. The greatest faunal diversity was recorded on duckweed in the experimental version.

Key words: duckweed, carp, RAS, hydrobiology, zooplankton, hydrobionts

For citation: Lippo I.E. Comparative assessment of the quantitative and qualitative composition of zooperiphyton on the surface of duckweed (*Lemna minor*) grown in a recirculating water supply system. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 75–79 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-75-79>

© Lippo I.E.

Введение/Introduction

Водные макрофиты, часто также называемые гидрофитами, являются ключевыми компонентами водных экосистем [1, 2]. Как первичные продуценты, они лежат в основе пищевых цепей, а их стебли, корни и листья служат субстратом для перифитона и убежищем для многочисленных беспозвоночных и рыб [3].

При выращивании макрофитов в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) можно решать сразу несколько задач. Во-первых, снижается нагрузка на биофильтр и уменьшается количество растворенных органических веществ, так как растения используют часть веществ для своего питания. Во-вторых, получается питательная растительная продукция, которая может быть использована в кормовых целях [4–6].

В то же время различные гидробионты, заселяющие плавающие на поверхности макрофиты, потребляют в качестве источников питания органические и некоторые неорганические вещества, тем самым дополнительно снижая количество загрязняющих веществ в воде [7].

На количественный и качественный состав трофической структуры экологических сообществ влияют субстрат и объекты, выращиваемые в УЗВ, концентрация загрязняющих веществ в обрабатываемой воде, а также гидрохимические показатели [8].

Известно, что свободно плавающие на поверхности воды растения, к которым относятся рясковые, характеризуются большим обилием гидробионтов [9], в отличие от растений, полностью погруженных в воду [10]. На поверхности макрофитов создаются благоприятные условия для обитания большого количества организмов разнообразной трофической принадлежности [11].

Помимо прочего, рясковые способны извлекать и накапливать биогены из отработанной воды [12, 13]. Известен опыт очистки сточных вод (полученных из метантенка) благодаря использованию ряски малой *Lemna minor*. Следует отметить, что ряска малая эффективно удаляет из водной среды азот и фосфор, включая их в собственный процесс метаболизма [14–16].

В дополнение к очистке сточных вод образующаяся таким образом биомасса содержит большое количество питательных веществ, представляющих кормовую ценность [17, 18]. Биомасса ряски малой может использоваться в качестве дорогостоящей кормовой добавки для рыб и других объектов аквакультуры из-за высокого содержания белка [19, 20].

До настоящего времени в кормопроизводстве использовалась рыбная мука, но в связи с ее подорожанием и возникшим дефицитом актуальным становится вопрос ее замены на иные компоненты, богатые белком, одним из которых может быть ряска малая (*Lemna minor*) [21, 22].

Цель работы — изучить разнообразие сообществ организмов на агрегациях водных растений — ряски малой (*Lemna minor*) — в установках замкнутого водоснабжения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: установить таксономический состав зооперифитонных организмов, заселяющих ряску малую в УЗВ; определить частоту встречаемости гидробионтов на ряске; исследовать плотность заселенности ряски малой различными таксономическими группами; определить влияние отходов от выращивания карпа на качественный и количественный состав гидробионтов, заселяющих ряску.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проведено на базе Всероссийского научно-исследовательского института интегрированного рыбоводства (ВНИИР) в лаборатории разведения рыб и интеграции технологий в аквакультуре. Гидробиологические материалы получены из двух УЗВ в мае 2023 года.

Опытная УЗВ состояла из двух рыбоводных емкостей и биофильтра объемом 70 л. В первой емкости объемом 100 л находились годовики карпа (*Cyprinus carpio*) в количестве 15 особей средней навески 172,5 г. Рыбы получены на экспериментальной базе ВНИИР в условиях естественного нереста в 2022 году. Состояние карпов соответствовало рыбоводным нормам.

Кормление производилось автокормушкой два раза в сутки — по 7 г корма за раз. Корм, используемый в эксперименте Coppens Intensiv 3mm (Alltech Coppens, Германия). Состав корма: пшеница, мука из домашней птицы, соя очищенная экстрагированная прожаренная, мука рыбная, экстракт семян подсолнечника, рыбий жир, лецитин. Компоненты: сырой протеин — 40%, сырой жир — 10%, клетчатка — 2,1%, зола — 8%, фосфор — 1,34%, кальций — 1,4%.

Из первого аквариума вода подавалась насосом скоростью 10 л/мин в бассейн 70 л, в котором выращивалась ряска малая (*Lemna minor*), затем вода поступала в биофильтр и, проходя систему очистки, возвращалась в первую емкость. В контрольной УЗВ было два блока — бассейн с ряской и биофильтр тех же объемов. В обеих системах над бассейнами с ряской были установлены фитосветильники мощностью 20 Вт, освещение производилось 12 часов в сутки.

Пробы зооперифитона, заселяющего корни макрофита ряски малой (*Lemna minor*), отбирались путем промывания ряски водой. Затем фиксировались 4,0%-ным раствором формалина (АО «Пигмент», Россия) и отстаивали 10 суток. По истечении указанного времени вода над осадком выливалась с помощью сифона (резиновой трубки, затянутой снизу мельничным газом № 77). Дальнейший анализ осуществлялся путем микропипирования (микроскоп биологический «Микромед 1», Россия) под покровным стеклом (увеличение объектива 40х/0,65).

Уровень кислорода и температуру воды определяли термооксиметром от фирмы Актаком АТЕ-3012 (Россия), водородный показатель pH измерялся pH-метром марки «Аквилон pH-410» (Россия), а общая минерализация воды — портативным тестером качества воды TDS-3 (Китай). Группа азота, фосфаты и железо определяли тестами НИЛПА (Россия).

Для установления таксономической принадлежности организмов использовался определитель¹ под редакцией С.Я. Цалолыхина. Количественная обработка проб производилась по стандартной методике². Для статистической и количественной обработки данных использовались программы Microsoft Excel (США) и ImageJ (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В ходе исследования обнаружено 22 таксона зооперифитонных гидробионтов, обитающих на листьях ряски из опытной УЗВ № 1, среди них: 2 таксона протейших, 11 таксонов коловраток, таксон ракушковых

¹ Цалолыхин С.Я. (ред.). Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1994; 1: 395.

² Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). Тольятти: СамНЦ РАН. 2005; 404.

рачков, 3 таксона веслоногих рачков, таксон олигохет, 2 таксона хирономид и таксон нематод (рис. 1).

Доминировали по численности ракушковые рачки (83 413 экз/кг ряски, частота встречаемости — 54,28%). Субдоминантами оказались коловратки (42 613 экз/кг ряски, частота встречаемости — 27,73%). Довольно многочисленными оказались простейшие (21 458 экз/кг, частота встречаемости — 13,96%). Общая численность организмов, заселяющих ряску в опытном УЗВ, составила 153 680 экз/кг (табл. 1).

На поверхности ряски из контрольной УЗВ № 2 обнаружено 12 таксонов зооперифитонных организмов, из

Таблица 1. Зооперифитон ряски (*Lemna minor*)

Table 1. Zooperiphyton of duckweed (*Lemna minor*)

Таксон	УЗВ № 1		УЗВ № 2	
	плотность N, экз/кг	частота встречаемости P, %	плотность N, экз/кг	частота встречаемости P, %
Protozoa	21 458	13,96	33 567	35,52
Rhizopoda	4231	2,75	7093	7,51
Ciliophora	17 227	11,21	26 473	28,02
Heliozoa	–	–	127	0,13
Centrohelida	–	–	127	0,13
Rotifera	42 613	27,73	6207	6,57
Anuraeopsis sp.		11,01	3800	4,02
Asplanchna priodonta	151	0,10	–	–
Brachionus sp.	604	0,39	380	0,40
Cephalodella tenuior	–	–	127	0,13
Lecane	13 751	8,95	1900	2,01
Lecane luna	151	0,10	–	–
Lecane bulla	151	0,10	–	–
Euchlanis dilatata	3023	1,97	–	–
Euchlanis triquetra	4382	2,85	–	–
Ploesoma sp.	3173	2,06	–	–
Synchaeta tremula	151	0,10	–	–
Trichocerca sp.	151	0,10	–	–
Ostracoda	83 413	54,28	52 693	55,76
Copepoda	4382	2,85	380	0,40
Gastrotricha	151	0,10	380	0,40
Cyclopoida	1511	0,98	–	–
Calanoida	151	0,10	–	–
Oligochaeta	2569	1,67	1267	1,34
Chironomidae	1058	0,69	–	–
Tanypodinae	151	0,10	–	–
Procladius	151	0,10	–	–
Corynoneurini	756	0,49	–	–
Corynoneura scutellata	756	0,49	–	–
Nematoda	756	0,49	–	–
Итого	153 680	100	94 493	100

Таблица 2. Гидрохимические показатели в установках замкнутого водоснабжения

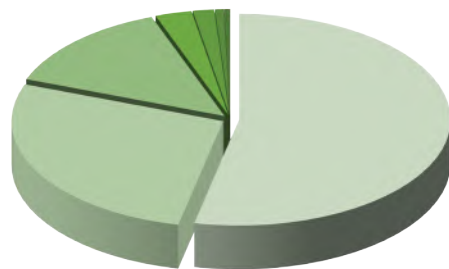
Table 2. Hydrochemical indicators in recirculating water supply installations

Показатели	Опыт УЗВ № 1					Контроль УЗВ № 2				
	M ± m	σ	Cv	min	max	M ± m	σ	Cv	min	max
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,1±0,027	0,061	61,237	0,05	0,2	0±0	0	0	0	0
NO ₃ ⁻ , мг/л	3±0,949	2,121	70,711	0	5	0±0	0	0	0	0
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,03±0,009	0,021	70,711	0	0,05	0±0	0	0	0	0
PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,8±0,202	0,453	56,596	0	1,1	1,1±0,245	0,548	49,793	0,5	2
Fe, мг/л	0,1±0,016	0,035	35,355	0,05	0,15	0,1±0,035	0,079	79,057	0	0,2
O ₂ , мг/л	7,38±0,254	0,567	7,689	6,8	8,2	11,4±0,592	1,323	11,604	10,1	13,5
pH	7,5±0,411	0,919	12,247	6,75	9	6,75±0,112	0,250	3,704	6,5	7
TDS, мг/л	247±34,631	77,437	31,351	168	362	452±65,086	145,537	32,198	295	667
°C	23,3±0,631	1,411	6,054	22	25,6	22,6±0,212	0,474	2,099	21,8	23

Примечание: M — среднее, ±m — стандартная ошибка, σ — стандартное отклонение, Cv — коэффициент вариации, Max — максимальное значение, Min — минимальное значение.

Рис. 1. Частота встречаемости гидробионтов, заселяющих ряску малую в опытном варианте

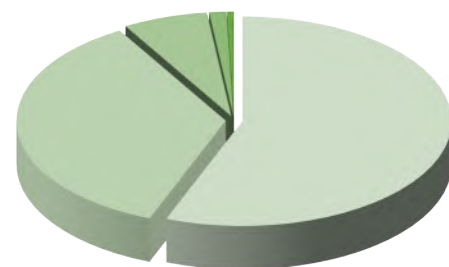
Fig. 1. The frequency of occurrence of hydrobionts inhabiting duckweed in the experimental



■ Ostracoda (54,28%) ■ Rotifera (27,73%) ■ Protozoa (13,96%)
 ■ Copepoda (2,85%) ■ Oligochaeta (1,67%) ■ Chironomidae (0,69%)
 ■ Nematoda (0,49%)

Рис. 2. Частота встречаемости гидробионтов, заселяющих ряску малую в контрольном варианте

Fig. 2. The frequency of occurrence of hydrobionts inhabiting duckweed in the control variant



■ Ostracoda (55,76%) ■ Protozoa (35,52%)
 ■ Rotifera (6,57%) ■ Oligochaeta (1,34%)
 ■ Copepoda (0,4%) ■ Heliozoa (0,13%)

них: 2 таксона простейших, таксон протистов, 4 таксона коловраток, таксон ракушковых рачков, таксон веслоногих рачков и таксон олигохет.

Доминировали по численности ракушковые рачки (52 693 экз/кг, частота встречаемости — 55,76%), субдоминантами оказались простейшие — инфузории (26 473 экз/кг, частота встречаемости — 28,02%). Общая численность организмов, заселяющих ряску в контрольном УЗВ, составила 94 493 экз/кг (рис. 2).

Для определения фоновых параметров, при которых проводился эксперимент, были установлены гидрохимические показатели. В двух УЗВ поддерживался оптимальный гидрохимический режим. В УЗВ № 1 было незначительное содержание солей азотистой кислоты NO₂ и NO₃, а в УЗВ № 2 аналогичные отсутствовали. В обеих системах присутствовали фосфаты и ионы общего железа. Статистическая обработка данных представлена в таблице 2.

При сравнении коэффициентов вариации показано значительное отличие по группе азота, что явилось следствием отсутствия икhtiонагрузки в контрольном варианте эксперимента. О повышенной нагрузке системы в опытно-модельном варианте также свидетельствуют показатели кислорода, минимальное значение которого составило 6,8 мг/л в опыте, а максимальное — не превышало даже минимального значения в контроле (8,2 мг/л в опытно-модельном, 10,1 мг/л в контрольном). Наименьшие отличия наблюдались по количеству фосфатов, они присутствовали в обеих системах. Отличие в среднем за весь период опыта — 0,3 мг/л.

Коэффициент вариации по всем исследуемым параметрам, за исключением кислорода, водородного показателя (pH) и температуры, был выше 30%, что указывало на высокие значения изменчивости гидрохимических показателей в системе.

Наличие питательных веществ в воде, о чем свидетельствует более высокое содержание азотистых

соединений в опытно-модельном УЗВ, могло способствовать большему развитию гидробионтов на ряске малой по сравнению с контролем.

Выводы/Conclusion

Таким образом, были установлены частота встречаемости гидробионтов и плотность заселенности ряски малой различными группами организмов. Количество зооперифитона на ряске, выращенной совместно с рыбами в опытно-модельном УЗВ, в два раза превышало количество гидробионтов, поселившихся на ряске, выращенной в контрольной установке.

Таксономический состав гидробионтов был схож в обоих вариантах, так как видовое разнообразие обусловлено набором организмов, привнесенных вместе с ряской из естественного водоема в аквариум, а отходы жизнедеятельности рыб и органические соединения в воде в опытно-модельном варианте создали основу для кормовой базы гидробионтов, заселяющих корни и листочки ряски малой.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках госзадания FGGN-2024-0016.

FUNDING

The research was carried out within the framework of state assignment FGGN-2024-0016.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Siddiqui A., Jahan S., Adnan M., Ashraf S.A., Singh R. Macrophytes and Their Role in Wetland Ecosystems. *Aquatic Macrophytes: Ecology, Functions and Services*. 2023; 119–138. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3822-3_6
- Rejmankova E. The role of macrophytes in wetland ecosystems. *Journal of Ecology and Field Biology*. 2011; 34: 333–345. <https://doi.org/10.5141/JEFB.2011.044>
- Timms R.M., Moss B. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing, in the presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem. *Limnol Oceanogr*. 1984; 29: 472–486. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0472>
- Липпо И.Е. Установки замкнутого водоснабжения в аквакультуре. В сборнике: *Современное состояние и перспективы развития кормопроизводства и рационального кормления животных*. 2022; 300–303. EDN RUNFDJ
- Зыкина Е.А. Установки замкнутого водоснабжения — будущее современной аквакультуры. *Сурский вестник*. 2023; 4(24): 14–19. DOI: 10.36461/2619-1202_2023_04_003. — EDN CGIGAS
- Жолдасбаев А.М. Интенсивный метод выращивания карпа в установках замкнутого водоснабжения. *Мировая наука*. 2020; 10(43): 26–29. EDN XEKKVC
- Шувалов М.В., Стрелков А.К., Шувалов Р.М. Исследования частоты встречаемости гидробионтов в биопленке дисковых биофильтров при очистке бытовых сточных вод. *Градостроительство и архитектура*. 2011; 1(1): 84–90. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2011.01.17>
- Липпо И.Е., Бригида А.В. Фауна биофильтра в установке замкнутого водоснабжения. *Ветеринария и кормление*. 2023; 4(4): 55–57. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-4-16>
- Кононцев С.В., Саблil Л.А., Гроховская Ю.Р. Использование макрофитов для очистки воды УЗВ от соединений азота. *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси*. 2015; 31: 85–91. <https://elibrary.ru/vcjmaz>
- Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Роденко А.В., Вострова Р.Н. Особенности биоценоза активного ила, находящегося в свободном состоянии и иммобилизованного на полимерном носителе. *Труды БГТУ. № 4. Химия, технология органических веществ и биотехнология*. 2013; (4): 219–223. <https://elibrary.ru/sobolv>
- Kopyi V.G., Bondarenko L.V., Timofeev V.A., Podzorova D.V., Makarov M.V., Kovaleva M.A. Macrozoepiphyton of macrophytes of the shallow waters of the Kerch Strait and the coastal zone of the Taman Peninsula. *Ekosistemy*. 2022; 32: 106–120.
- Чачина С.Б., Филипенко А.В., Чачина Е.П. Разработка эффективных методов доочистки нефтесодержащих сточных вод с использованием высших водных растений. *Химия. Экология. Урбанистика*. 2022; (2): 148–152. <https://elibrary.ru/taonwm>
- Калайда М.Л., Бабикова В.В. Особенности видового состава перифитона биофильтра на разных глубинах. *XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Материалы конференции*. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2022; 2: 383–386. <https://elibrary.ru/lsqhqp>

REFERENCES

- Siddiqui A., Jahan S., Adnan M., Ashraf S.A., Singh R. Macrophytes and Their Role in Wetland Ecosystems. *Aquatic Macrophytes: Ecology, Functions and Services*. 2023; 119–138. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3822-3_6
- Rejmankova E. The role of macrophytes in wetland ecosystems. *Journal of Ecology and Field Biology*. 2011; 34: 333–345. <https://doi.org/10.5141/JEFB.2011.044>
- Timms R.M., Moss B. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing, in the presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem. *Limnol Oceanogr*. 1984; 29: 472–486. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0472>
- Lippo I.E. Closed water supply installations in aquaculture. In the collection: *the current state and prospects for the development of feed production and rational feeding of animals*. 2022; 300–303 (in Russian). EDN RUNFDJ
- Zykina E.A. Installations of closed water supply — the future of modern aquaculture. *Sursky Bulletin*. 2023; 4(24): 14–19 (in Russian). DOI: 10.36461/2619-1202_2023_04_003. — EDN CGIGAS
- Zholdasbaev A.M. Intensive method of growing carp in closed water supply installations. *World Science*. 2020; 10(43): 26–29 (in Russian). EDN XEKKVC
- Shuvalov M.V., Strelkov A.K., Shuvalov R.M. Research on frequency of occurrence of hydrobionts in biofilms of rotating biological contractors during sewage treatment. *Urban Construction and Architecture*. 2011; 1(1): 84–90 (in Russian). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2011.01.17>
- Lippo I.E., Brigida A.V. Biofilter fauna in a recirculating aquaculture systems. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; (4): 55–57 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-4-16>
- Konontsev S.V., Sablil L.A., Grokhovskaya Yu.R. Use of macrophytes for decontamination of water in recirculating aquaculture systems from nitrogen compounds. *Belarus Fish Industry Problems*. 2015; 31: 85–91 (in Russian). <https://elibrary.ru/vcjmaz>
- Markevich R.M., Grebenchikova I.A., Rodenko A.V., Vostrova R.N. Special properties of free-floating and immobilized active sludge biotic community. *Trudy BGTU. No. 4. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya*. 2013; (4): 219–223 (in Russian). <https://elibrary.ru/sobolv>
- Kopyi V.G., Bondarenko L.V., Timofeev V.A., Podzorova D.V., Makarov M.V., Kovaleva M.A. Macrozoepiphyton of macrophytes of the shallow waters of the Kerch Strait and the coastal zone of the Taman Peninsula. *Ekosistemy*. 2022; 32: 106–120.
- Chachina S.B., Filipenko A.V., Chachina E.P. Development of effective methods of post-treatment of oily wastewater using higher aquatic plants. *Khimiya. Ekologiya. Urbanistika*. 2022; (2): 148–152 (in Russian). <https://elibrary.ru/taonwm>
- Kalaidya M.L., Babikova V.V. Peculiarities of species composition of biofilter periphyton at different depths. *XXV All-Russian postgraduate and master's scientific seminar dedicated to the day of the power engineer. Proceedings*. Kazan: Kazan State Power Engineering University. 2022; 2: 383–386 (in Russian). <https://elibrary.ru/lsqhqp>

14. Рахмонов В.Н. Применение ряски в очистке сточных вод скотоводческих ферм Самаркандской области. *Вестник науки*. 2022; 4(4): 171–175. <https://elibrary.ru/jqmwtc>
15. Петухова Д.Е., Бахирева О.И. Изучение возможности применения макрофитов для очистки природных вод от ионов стронция. *Химия. Экология. Урбанистика*. 2022; (2): 116–119. <https://elibrary.ru/cqyqib>
16. Wassila S., Megateli S. Evaluation of *Lemna minor* phytoremediation performance for the treatment of dairy wastewater. *Water Practice and Technology*. 2023; 18(5): 1138–1147. <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.074>
17. Рустамова С.Р. Экологическая характеристика и использование водных растений (*Lemna minor* L. и *Pistia stratiotes* L.) в качестве ресурса при очистке сточных вод в условиях Республики Каракалпакстан. *Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и просвещение. 2022; 9–10. <https://elibrary.ru/vsdzdg>
18. Hasaballah A.F., Hegazy T.A., Elemam D.A. Performance evaluation of *Pistia stratiotes* and *Lemna minor* for wastewater phytoremediation: optimum conditions for pilot-scale. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2024; 21(1): 467–480. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05001-9>
19. Строчаль В.П., Макаренко Н.А., Чорна Т.С., Ковпак А.В. Экологическое оценивание токсичности соединений азота для водных организмов с помощью биотеста *Lemna minor* L. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021; (6): 2 (на укр. яз.). <http://doi.org/10.31548/dopovid2021.06.002>
20. Kitamura R.S.A. *et al.* The phytoremediation capacity of *Lemna minor* prevents deleterious effects of anti-HIV drugs to nontarget organisms. *Environmental Pollution*. 2023; 329: 121672. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121672>
21. Елизарова А.С., Тюлин Д.Ю., Шишанов Г.А., Липпо И.Е., Бригида А.В. Методы биоинкапсуляции артемии, используемые в кормлении осетровых рыб. *Ветеринария и кормление*. 2023; (3): 34–37. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-8>
22. Шишанов Г.А., Елизарова А.С., Бригида А.В. Оценка продукционных свойств экспериментального корма у молоди русского осетра. *Современное состояние и перспективы развития кормопроизводства и рационального кормления животных: сборник научных материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. 2022; 104–108. EDN FUMOPV
14. Rakhmonov V.N. The use of duckweed in wastewater treatment of cattle farms of the Samarkand region. *Vestnik nauki*. 2022; 4(4): 171–175 (in Russian). <https://elibrary.ru/jqmwtc>
15. Petukhova D.E., Bakhireva O.I. Studying the possibility of using macrophytes for the purification of natural waters from strontium ions. *Khimiya. Ekologiya. Urbanistika*. 2022; (2): 116–119 (in Russian). <https://elibrary.ru/cqyqib>
16. Wassila S., Megateli S. Evaluation of *Lemna minor* phytoremediation performance for the treatment of dairy wastewater. *Water Practice and Technology*. 2023; 18(5): 1138–1147. <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.074>
17. Rustamova S.R. Ecological characteristics and use of aquatic plants (*Lemna minor* L. and *Pistia stratiotes* L.) as a resource for wastewater treatment in the conditions of the Republic of Karakalpakstan. *Modern science: topical issues, achievements and innovations. Collection of articles of the XXVI International Scientific and Practical Conference*. Penza: Nauka i prosveshchenie. 2022; 9–10 (in Russian). <https://elibrary.ru/vsdzdg>
18. Hasaballah A.F., Hegazy T.A., Elemam D.A. Performance evaluation of *Pistia stratiotes* and *Lemna minor* for wastewater phytoremediation: optimum conditions for pilot-scale. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2024; 21(1): 467–480. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05001-9>
19. Strokhal V.P., Makarenko N.A., Chorna T.S., Kovpak A.V. Ecological assessment of the toxicity of nitrogen compounds for aquatic organisms using the *Lemna minor* L. biotest. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*. 2021; (6): 2 (in Ukrainian). <http://doi.org/10.31548/dopovid2021.06.002>
20. Kitamura R.S.A. *et al.* The phytoremediation capacity of *Lemna minor* prevents deleterious effects of anti-HIV drugs to nontarget organisms. *Environmental Pollution*. 2023; 329: 121672. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121672>
21. Elizarova A.S., Tyulin D.Yu., Shishanov G.A., Lippo I.E., Brigida A.V. Bioencapsulation methods of artemia used in feeding sturgeon fish. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; (3): 34–37 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-8>
22. Shishanov G.A., Elizarova A.S., Brigida A.V. Assessment of the production properties of experimental food in juvenile Russian sturgeon. Current state and prospects for the development of feed production and rational feeding of animals: a collection of scientific materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. 2022; 104–108 (in Russian). EDN FUMOPV

ОБ АВТОРАХ

Ирина Евгеньевна Липпо

младший научный сотрудник отдела разведения рыб и интеграций технологий в аквакультуре
lippo@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0215-126X>

Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, ул. Сергеева, 24, пос. им. Воровского, Ногинский р-н, Московская обл., 142460, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Irina Evgenievna Lippo

Junior researcher, department of Fish Breeding and Technology Integration in Aquaculture
lippo@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0215-126X>

The All-Russian Scientific Research Institute of Integrated Fish Farming is a branch of the Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ academician L.K. Ernst, 24 Sergeev Str., Vorovsky settlement, Noginsk district, Moscow region, 142460, Russia

УДК: 633.112.1:631.524.84(571.13)

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-80-101

Ю.В. Фризен ✉
Е.В. Некрасова
А.А. Гайвас

Омский государственный аграрный
университет им. П.А. Столыпина, Омск,
Россия

✉ yuv.frizen@omgau.org

Поступила в редакцию:
15.08.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-80-101

Yulia V. Friesen ✉
Ekaterina V. Nekrasov
Alexey A. Gaivas

Omsk State Agrarian University named
after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

✉ yuv.frizen@omgau.org

Received by the editorial office:
15.08.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Влияние отдельных элементов агротехнологии на продуктивность твердой пшеницы в южной лесостепи Омской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для изготовления высококачественных макаронных изделий используют зерно твердой пшеницы. Улучшение ее продуктивности является актуальной задачей. Формирование мощной корневой системы — залог полноценного поступления питательных и пластических веществ в растение. Повышаются продуктивность, количество колосоносных побегов. Растения становятся устойчивыми к неблагоприятным факторам окружающей среды, что важно для более прихотливой, чем яровая мягкая пшеница, яровой твердой пшеницы. Сроки посева и особенно внесение минеральных удобрений являются существенным фактором, влияющим не только на формирование отдельных элементов структуры урожая, из которых впоследствии складывается продуктивность растений, но и на формирование корневой системы. Для этого необходимо выбрать оптимальный срок посева, при котором критические фазы развития растений попадают под наиболее благоприятные агрометеорологические условия и формирование наиболее мощной корневой системы.

Результаты. Проведенные исследования позволяют рекомендовать наиболее оптимальные сроки посева и использования удобрений для обеспечения эффективности выращивания твердой яровой пшеницы. В засушливых условиях при посеве культуры без внесения удобрений наиболее эффективен посев во II декаде мая. При возможности внесения азотных и азотно-фосфорных удобрений посев яровой твердой пшеницы лучше проводить во II и III декадах мая.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, удобрения, урожайность, срок посева, корневая система, элементы агротехнологии

Для цитирования: Фризен Ю.В., Некрасова Е.В., Гайвас А.А. Влияние отдельных элементов агротехнологии на продуктивность твердой пшеницы в южной лесостепи Омской области. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 80–101.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-80-101>

© Фризен Ю.В., Некрасова Е.В., Гайвас А.А.

The influence of individual elements of agricultural technology on the productivity of durum wheat in the southern forest-steppe of the Omsk region

ABSTRACT

Relevance. For the manufacture of high-quality pasta, durum wheat grain is used. Improving the productivity of hard spring wheat is an urgent task. The formation of a powerful root system is the key to the full supply of nutrients and plastic substances to the plant. Increased productivity, the number of spike-bearing shoots. Plants become more resistant to adverse environmental factors, which is important for spring durum wheat, which is more demanding than spring soft wheat. The timing of sowing and especially the application of mineral fertilizers are a significant factor affecting not only the formation of individual elements of the crop structure, which subsequently form the productivity of plants, but also the formation of the root system. To do this, it is necessary to choose the optimal sowing time, at which the critical phases of plant development fall under the most favorable agrometeorological conditions and the formation of the most powerful root system.

Results. The conducted studies allow us to recommend the most optimal terms of sowing and the use of fertilizers to ensure the efficiency of growing durum spring wheat. In dry conditions, when sowing crops without applying fertilizers, sowing in the second ten days of May is most effective. If it is possible to apply nitrogen fertilizers and nitrogen-phosphorus fertilizers, it is better to sow durum spring wheat in the second and third decades of May.

Key words: spring durum wheat, fertilizers, productivity, sowing time, root system, elements of agricultural technology

For citation: Frizen Yu.V., Nekrasova E.V., Gaivas A.A. The influence of individual elements of agricultural technology on the productivity of durum wheat in the southern forest-steppe of the Omsk region. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 80–101 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-80-101>

© Frizen Yu.V., Nekrasova E.V., Gaivas A.A.

Введение/Introduction

Пшеница — важнейшая сельскохозяйственная культура в мире. Ее потребляют в пищу свыше половины населения земного шара, среди зерновых она занимает ведущее место по площади и валовому сбору зерна. Посевные площади пшеницы в России составляют около 40 млн га., валовые сборы — 40–50 млн т [1].

В последнее время сельхозтоваропроизводители проявляют повышенный интерес к возделыванию твердой пшеницы [2]. Зерно этой культуры является сырьем для изготовления высококачественных макаронных изделий, продуктов детского и диетического питания.

В Омской области для полного обеспечения зерном яровой твердой пшеницы (с учетом семенных и страховых фондов) площадь посева этой культуры должна составлять не менее 70 тыс. га, а для обеспечения северных регионов Западной Сибири и экспорта ее необходимо расширить до 100–120 тыс. га [3, 4].

Вследствие недостаточного производства зерна твердой пшеницы в последние годы большая часть макаронных изделий и круп изготавливается из зерна мягкой пшеницы, что существенно снижает их вкусовые, питательные и потребительские свойства [5, 6].

Ранее в южной лесостепи Западной Сибири проводились исследования отзывчивости яровой твердой пшеницы на внесение минеральных удобрений и изменение сроков ее посева. В результате было установлено, что оптимальные сроки посева данной культуры приходятся в большинстве лет на 15–25 мая [7, 8], а в отдельные годы наблюдается преимущество раннего (4–8 мая) [9], среднего (15–16 мая) [10, 11] или позднего (27 мая) [12, 13] сроков посева.

Однако в предыдущих исследованиях отсутствуют данные о развитии корневой системы культуры в зависимости от срока посева и внесения минеральных удобрений. При этом правильно выбранный срок посева на фоне минерального питания способствует мощному развитию корневой системы, что может благоприятно отразиться на формировании элементов продуктивности культуры [14–16].

Цель работы — определение влияния отдельных элементов агротехнологии на рост, развитие и продуктивность твердой пшеницы в южной лесостепи Омской области.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Полевой опыт был заложен в 2019–2021 гг. на учебно-опытном поле учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ, расположенном в южной части лесостепи Омской области, г. Омска.

Почва опытного участка — лугово-черноземная среднемошная малогумусовая среднесуглинистая.

Посев проводили в три срока сеялкой ССФК-7 с коэффициентом высева 4,0 млн всхожих зерен на 1 га на глубину 5–6 см с последующим прикатыванием почвы кольчато-шпоровыми катками. При посеве вносили удобрения.

В фазу кущения растения обрабатывали баковой смесью «Агритокс» 1 л/га (МЦПА), («Байер», Австрия) и «Пума Супер 100» 0,5 л/га (мефенпирдиэтил + феноксапроп-П-этил), («Байер», Россия). Предшественник — чистый пар.

Сорт твердой пшеницы Омский изумруд включен в Госреестр по Западно-Сибирскому региону, отличается высокой и стабильной продуктивностью, засухоустойчивостью, устойчивостью к болезням и хорошим качеством зерна.

Схема опыта

Фактор А — срок посева:

- 13–15 мая (ранний срок посева).
- 20–23 мая (средний срок посева).
- 25 мая — 3 июня (поздний срок посева).

Фактор В — фон питания:

- Контроль (без удобрений).
- Карбамид 100 кг/га (N40).
- Аммофос 100 кг/га (N12P52).

Морфобиологическую оценку корневой системы яровой твердой пшеницы проводили по методике CIMMYT¹. Оценки, учет и наблюдения проведены в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур². Математическая обработка данных, включающая перерасчет достоверности признака и корреляционный анализ, проведена по методике Б.А. Доспехова³ и в приложении Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Погодные условия периода вегетации 2019 года можно охарактеризовать как засушливые (гидротермический коэффициент составлял 0,96), условия 2020 и 2021 годов — как очень засушливые (ГТК 0,65 и 0,64 соответственно)⁴.

В таких условиях показатель густоты стояния растений в период всходов культуры в опыте находился от 129,5 до 291,0 шт/м² (табл. 1).

В 2019 году более высокими показателями густоты стояния растений в период всходов отличались контрольные варианты при раннем и среднем сроках посева. При позднем сроке посева большая густота стояния растений отмечалась в варианте с внесением аммофоса (на 5,0–6,9% выше по сравнению с другими вариантами этого срока посева).

В условиях 2020 года, наоборот, при раннем и среднем сроках посева по количеству растений выделились варианты с внесением аммофоса, а при позднем

Таблица 1. Полевая всхожесть яровой твердой пшеницы в зависимости от срока посева и фона питания

Table 1. Field germination of spring durum wheat depending on the sowing date and nutrition background

Срок посева	Фон питания	Густота стояния растений в период всходов, шт/м ²			Полевая всхожесть, %		
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Ранний	контроль	236,0	268,0	243,0	59,0	67,0	60,8
	N ₄₀	206,2	247,0	204,2	51,6	61,8	51,1
	N ₁₂ P ₅₂	213,2	272,0	217,5	53,3	68,0	54,4
Средний	контроль	252,2	238,0	224,8	63,1	59,5	56,2
	N ₄₀	215,5	245,0	201,0	53,9	61,2	50,2
	N ₁₂ P ₅₂	129,5	260,0	215,5	32,4	65,0	53,9
Поздний	контроль	194,8	291,0	220,3	48,7	72,8	55,1
	N ₄₀	183,0	264,0	211,7	45,8	66,0	52,9
	N ₁₂ P ₅₂	224,7	282,0	215,5	56,2	70,5	53,9
HCP ₀₅ срок посева		31,9			8,1		
HCP ₀₅ фон питания		31,9			8,1		
HCP ₀₅ AB		55,3			14,0		

¹ Reynolds M.P., Ortiz-Monasterio J.I., McNab A. eds. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT. 2001.

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. Москва. 1985; 1: 269.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва. 1985; 321.

⁴ Агрометеорологический бюллетень. ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Омск. 2019–2021.

Таблица 2. Сохранность растений на дату уборки в зависимости от срока посева и фона питания

Table 2. The safety of plants at the date of harvest, depending on the sowing period and the background of nutrition

Срок посева	Фон питания	Густота стояния растений на дату уборки, шт/м ²			Сохранность растений на дату уборки, %		
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Ранний	контроль	127,0	154,0	140,25	53,8	57,5	57,7
	N ₄₀	131,5	180,1	137,75	63,7	72,9	67,4
	N ₁₂ P ₅₂	133,2	168,3	137,5	62,5	61,9	63,2
Средний	контроль	129,5	172,0	150,0	51,3	72,3	66,7
	N ₄₀	135,8	187,0	143,5	63,0	76,3	71,4
	N ₁₂ P ₅₂	108,0	178,0	147,5	83,4	68,5	68,4
Поздний	контроль	128,0	171,0	118,0	65,7	58,8	53,6
	N ₄₀	132,0	189,0	127,5	72,1	71,6	60,2
	N ₁₂ P ₅₂	140,2	190,0	131,5	62,4	67,4	61,0
HCP ₀₅ срок посева		14,55			9,65		
HCP ₀₅ фон питания		14,55			9,65		
HCP ₀₅ AB		25,2			16,7		

сроке — контрольный вариант, значения которого на 1,5–4,5% превышали значения других вариантов этого срока посева.

В 2021 году большее количество растений в период всходов при всех сроках посева отмечалось на контроле — 243,0, 224,8 и 220,3 шт/м² соответственно.

От равномерности всходов зависят дальнейший рост и развитие растений. Полевая всхожесть характеризует количество всходов, выраженное в процентах к количеству высеванных всхожих семян. В данных исследованиях этот показатель во все годы и на всех вариантах был невысоким и составил от 32,4% (2019 год, средний срок посева с внесением аммофоса) до 72,8% (2020 год, поздний срок посева без удобрений).

В среднем за 2019–2021 гг. полевая всхожесть по всем срокам посева выше была в вариантах без внесения удобрений. Это можно объяснить тем, что при недостатке влаги внесенные при посеве удобрения карбамид и аммофос не дали положительного эффекта и даже несколько ослабили первоначальный рост и развитие растений.

Сохранность растений на дату уборки находилась от 51,3 до 83,4% (табл. 2), при этом сохранность растений всех сроков посева на удобренных фонах оказалась выше, чем в вариантах без внесения удобрений. Данный показатель в условиях 2020 года выше на 3,3%, чем в условиях 2019-го, и на 4,2% — 2021 года.

В 2019 году по показателю сохранности растений при раннем и позднем сроках посева выделился вариант с внесением карбамидного удобрения (63,7% и 72,1% соответственно), а при среднем сроке посева — вариант с внесением аммофоса (83,4%).

В условиях 2020 года по всем срокам посева выше сохранность растений к уборке была в вариантах с внесением карбамида (72,9%, 76,3% и 71,6% соответственно). В 2021 году при раннем и среднем сроках посева большим процентом сохранившихся растений отличился вариант с внесением карбамидного удобрения (67,4% и 71,4% соответственно), а при позднем сроке — вариант с внесением аммофоса (61,0%).

Установлено, что у яровой твердой пшеницы полевая всхожесть семян не всегда определяет число растений к уборке. Только в 2019 году выявлена положительная корреляционная зависимость средней степени

Рис. 1. Корреляционная связь количества растений на дату уборки с густотой продуктивного стеблестоя

Fig. 1. Correlation between the number of plants on the date of harvesting and the density of productive stems

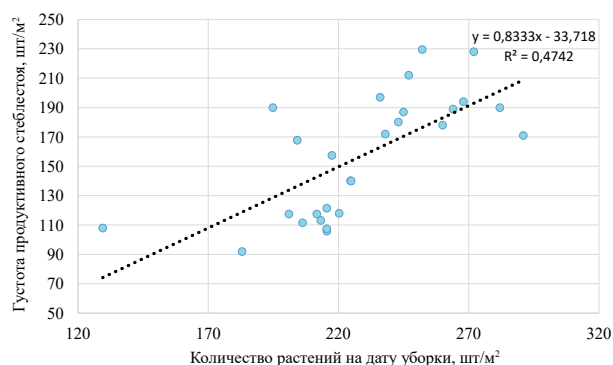
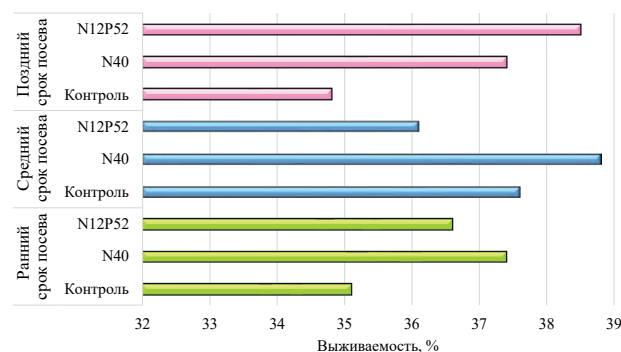


Рис. 2. Выживаемость растений яровой твердой пшеницы в зависимости от сроков посева и фона питания

Fig. 2. Survival of spring durum wheat plants depending on sowing time and the background of nutrition



($r = 0,51$) между количеством всходов и растений к моменту уборки на 1 м². В остальные годы исследований такая связь была слабой или отсутствовала. Причиной этого является слабая устойчивость яровой твердой пшеницы к стрессовым факторам в период вегетации культуры. Однако была установлена существенная связь средней степени между количеством растений на дату уборки и густотой продуктивного стеблестоя ($r = 0,69$) (рис. 1).

Полевая всхожесть и сохранность растений совместно характеризуют показатель выживаемости. В данных исследованиях в среднем по срокам посева низкой выживаемостью растений отличился контрольный вариант (рис. 2). Исключение составил средний срок посева, когда на контрольном варианте выживаемость оказалась выше на 1,5%, чем в варианте с внесением аммофоса. Варианты с минеральным питанием показывали более высокие проценты выживаемости растений. В среднем за 2019–2021 гг. этот показатель находился в пределах от 34,8 до 38,8%.

Наиболее высокие показатели выживаемости растений отмечались на всех фонах питания при среднем сроке посева. Данный показатель превысил на 1,0–2,0% выживаемость растений раннего и позднего сроков посева. Необходимо отметить, что варианты с внесением карбамида отличались более высокими показателями выживаемости растений. Исключение составил вариант с внесением аммофоса при позднем сроке посева.

Существенное влияние на рост, развитие и продуктивность растений оказывает развитие корневой системы (табл. 3).

Таблица 3. Морфофизиологическая оценка корневой системы яровой твердой пшеницы в зависимости от срока посева и фона питания

Table 3. Morphophysiological assessment of the root system of spring durum wheat depending on the sowing time and the background of nutrition

Срок посева	Фон питания	Длина главного корня, см	Суммарная длина корней, см	Площадь корневой системы, см ²	Объем корневой системы, см ³	Количество корневых волосков, шт.
2020 год						
Ранний	контроль	11,2	70,7	27,4	0,87	334,6
	N ₄₀	10,3	75,1	26,9	0,78	304,2
	N ₁₂ P ₅₂	13,1	86,5	38,3	1,36	547,0
Средний	контроль	11,5	65,4	27,1	0,91	296,4
	N ₄₀	11,4	75,4	28,5	0,86	393,4
	N ₁₂ P ₅₂	11,0	76,9	32,4	1,09	404,6
Поздний	контроль	11,7	76,1	26,1	0,72	330,6
	N ₄₀	10,3	76,4	25,2	0,69	335,0
	N ₁₂ P ₅₂	8,9	75,1	23,1	0,58	390,6
2021 год						
Ранний	контроль	12,6	142,9	55,3	1,72	1003,0
	N ₄₀	13,8	162,9	52,7	1,35	992,4
	N ₁₂ P ₅₂	11,1	172,9	57,2	1,54	1116,4
Средний	контроль	14,3	157,2	55,8	1,59	1155,2
	N ₄₀	15,3	193,8	68,7	1,95	1435,0
	N ₁₂ P ₅₂	14,8	141,4	53,3	1,54	924,2
Поздний	контроль	13,1	160,3	56,0	1,60	1050,2
	N ₄₀	14,0	151,5	52,9	1,55	1009,5
	N ₁₂ P ₅₂	15,9	195,4	70,2	1,85	1530,1

Длина главного корня и суммарная длина корней в условиях 2021 года в среднем на 30% превышают аналогичные показатели, полученные в условиях 2020 года. Это можно объяснить засушливыми условиями вегетационного периода 2021 года, растения сформировали длинные корни для поглощения труднодоступной влаги из глубоких слоев почвы. В таких условиях корни не только удлиняются в поисках более плодородных горизонтов, но и начинают интенсивно ветвиться, чтобы увеличить площадь всасывания.

По этой причине в 2021 году показатели площади и объема корневой системы выше, чем в 2020 году. Количество корневых волосков характеризует поглотительную способность корневой системы: чем их больше, тем выше поглотительная способность. Острозасушливые условия 2021 года способствовали образованию большего количества корневых волосков в сравнении

основным показателем, характеризующим условия роста и развития растений, является продуктивность. Показатель продуктивности культуры в опыте находился в пределах от 0,69 т/га (вариант с внесением карбамида при позднем сроке посева в 2021 году) до 3,24 т/га (вариант с внесением аммофоса при позднем сроке посева в 2020 году) (табл. 4).

Метеорологические условия периода вегетации 2020 года были более благоприятными по влагообеспечению, соответственно, и уровень продуктивности в этом году оказался выше, чем в 2019-м и 2021-м. Отсутствие дождей в период «всходы — кушение» и низкий уровень запасов продуктивной влаги в почве перед посевом существенно снизили урожайность культуры в среднем по опыту.

В среднем по срокам высева выделился вариант с ранним сроком, урожайность здесь составила 1,72 т/га,

Рис. 3. Корреляционная связь выживаемости растений с морфофизиологическими параметрами корневой системы яровой твердой пшеницы: ряд 1-й — длина главного корня, см; ряд 2-й — суммарная длина корней, см; ряд 3-й — площадь корневой системы, см²; ряд 5-й — количество корневых колосков, шт.

Fig. 3. Correlation of plant survival with morphophysiological parameters of the root system of spring durum wheat: row 1 — the length of the main root, cm; row 2 — the total length of the roots, cm; row 3 — the area of the root system, cm²; row 5 — the number of root spikelets, pcs.

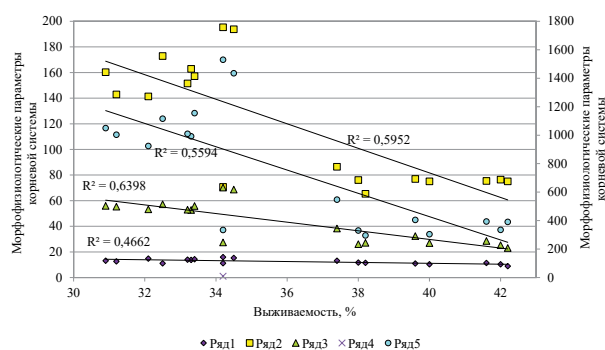


Таблица 4. Биологическая урожайность яровой твердой пшеницы в зависимости от элементов агротехнологии, т/га

Table 4. Biological yield of spring durum wheat depending on the elements of agricultural technology t/ga

Срок посева	Фон питания	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Ранний	контроль	1,40	1,41	2,19
	N ₄₀	2,38	1,30	1,55
	N ₁₂ P ₅₂	1,86	1,43	1,97
Средний	контроль	1,07	1,22	2,22
	N ₄₀	1,99	1,87	1,62
	N ₁₂ P ₅₂	1,14	1,78	2,27
Поздний	контроль	1,56	1,94	1,01
	N ₄₀	1,28	2,72	0,69
	N ₁₂ P ₅₂	0,96	3,24	0,70
Средняя		1,52	1,88	1,58
HCP ₀₅ срок посева			0,17	
HCP ₀₅ фон питания			0,11	

что на 0,03 т/га выше урожайности среднего срока посева и на 0,15 т/га выше урожайности позднего срока посева.

Следует отметить, что в засушливые годы при недостатке влаги минеральные удобрения практически не действовали, однако выпавшие осадки в июле — августе повлекли удлинение вегетационного периода растений позднего срока посева.

По урожайности контрольного варианта выделился ранний срок посева — 1,67 т/га, что на 0,17 т/га больше, чем при других сроках посева. При внесении аммофосного удобрения урожайность большей была при раннем сроке посева (на 0,02 т/га больше урожайности среднего срока посева и на 0,12 т/га — позднего срока). При внесении карбамида большая урожайность отмечалась при среднем сроке посева — 1,82 т/га, что выше на 0,08 т/га по сравнению с урожайностью посевов раннего срока высевы и на 0,26 т/га — позднего срока.

Выводы/Conclusion

Таким образом, в засушливых условиях периода вегетации внесение минеральных удобрений может снизить показатель всхожести яровой твердой пшеницы, но при этом способствует лучшей сохранности растений и увеличивает степень их выживаемости.

Внесение удобрения аммофос (100 кг/га) обеспечивает более мощное развитие корневой системы яровой твердой пшеницы. В целом в засушливых условиях у растений пшеницы наблюдается увеличение длины, объема, площади корневой системы и количества корневых волосков.

Уровень урожайности культуры зависит от фона питания на каждом сроке посева. Если в варианте без внесения удобрений лучшие показатели урожайности отмечаются при раннем сроке посева, то при посеве яровой твердой пшеницы с внесением азотных удобрений — при среднем сроке посева, а с внесением азотно-фосфорных удобрений — при раннем и позднем сроках посева.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

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

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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

- Кузьменко Н.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Коновалова И.В. Продуктивность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Приморского края. *Аграрная наука*. 2023; (9): 79–83. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83>
- Рахимов А.Р. Влияние сроков посева и норм удобрений на рост, развитие и урожайность твердых сортов пшеницы. *Международный научный сельскохозяйственный журнал*. 2018; 1(1): 48–60. <https://elibrary.ru/xtbozv>
- Parshutkin Yu.Yu., Nikolaev P.N., Yusova O.A., Yusov V.S. Yield and quality of spring cereals depending on cultivation conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624: 012172. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012172>
- Поползухин П.В., Паршуткин Ю.Ю., Василевский В.Д., Поползухина Н.А. Оптимизация срока посева для получения высокой продуктивности качественных семян твердой пшеницы. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2020; (4): 43–52. <https://elibrary.ru/migqxl>
- Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Татина Б.М. Изменчивость комбинационной способности твердой пшеницы в зависимости от условий выращивания. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012; 16(2): 451–454. <https://elibrary.ru/pbdbof>
- Волкова Е.В., Соловьева Ю.А., Соловьев А.В. Влияние минеральных удобрений на густоту всходов и сохранность растений яровой твердой пшеницы на дерново-подзолистой почве. *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. 2021; (36): 6–13. <https://elibrary.ru/mjtboe>
- Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Пахотина И.В. Основные тенденции урожайности и качества зерна полуживых сортов твердой пшеницы южной лесостепи Западной Сибири. *Вестник КрасГАУ*. 2021; (4): 33–41. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-4-33-41>
- Федянина И.Г., Данилова Е.Н., Фризен Ю.В. Формирование корневой системы и продуктивности яровой твердой пшеницы в зависимости от срока посева и внесения удобрений в условиях южной лесостепи Омской области. *Инновационные технологии пищевых производств. Материалы Международной научно-практической конференции*. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. 2021; 39–45. <https://elibrary.ru/cqpyse>
- Каршиев А.Э., Бобомирзаев П.Х., Чориева М.М. Возможности выращивания твердой пшеницы в засушливых регионах. *Вестник науки и образования*. 2021; (10–3): 31–34 (на англ. яз.). <https://elibrary.ru/qvmqln>
- Рахимов А.Р., Холиков А.И. Влияние сроков посева и норм удобрений на урожайность и качество зерна интенсивных сортов твердой пшеницы на орошаемых землях. *Life sciences and agriculture*. 2020; (3): 34–40. <https://elibrary.ru/kyxouf>
- Измаилова Д.С., Изотов А.М. Влияние азотных удобрений и органоминеральных препаратов на урожайность и качество зерна твердой пшеницы. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021; (1): 113–123. <https://elibrary.ru/lfpoat>
- Измаилова Д.С. Повышение урожайности и качества зерна *Triticum durum* путем внесения азотных удобрений и применения внекорневых подкормок. *Таврический вестник аграрной науки*. 2020; (3): 105–112. <https://elibrary.ru/aedddz>

REFERENCES

- Kuzmenko N.V., Murugova G.A., Klykov A.G., Konovalova I.V. Productivity of soft and hard spring wheat varieties under the conditions of Primorsky Krai. *Agrarian science*. 2023; (9): 79–83 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83>
- Rakhimov A.R. Influence of sowing times and norms of fertilizers on growth, development and yield of sorts of durum wheat. *International Scientific Agricultural Journal*. 2018; 1(1): 48–60 (in Russian). <https://elibrary.ru/xtbozv>
- Parshutkin Yu.Yu., Nikolaev P.N., Yusova O.A., Yusov V.S. Yield and quality of spring cereals depending on cultivation conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624: 012172. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012172>
- Popolzhukhin P.V., Parshutkin Yu.Yu., Vasilevsky V.D., Popolzhukhina N.A. Optimization of seeding time for obtaining high productivity of top-quality seeds of durum wheat. *Vestnik of Omsk SAU*. 2020; (4): 43–52 (in Russian). <https://elibrary.ru/migqxl>
- Yusov V.S., Evdokimov M.G., Tatina B.M. Variability of combining ability in durum wheat depending on growth conditions. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2012; 16(2): 451–454 (in Russian). <https://elibrary.ru/pbdbof>
- Volkova E.V., Solovieva Yu.A., Solovyova A.V. The effect of mineral fertilizers on the density of seedlings and the safety of spring durum wheat plants on sod-podzolic soil. *Herald of Russian state agrarian correspondence university*. 2021; (36): 6–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/mjtboe>
- Evdokimov M.G., Yusov V.S., Pakhotina I.V. The main trends in yield and quality of grain of durum spring wheat in the Southern forest steppe of Western Siberia. *Bulletin of KrasGAU*. 2021; (4): 33–41. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-4-33-41>
- Fedyanina I.G., Danilova E.N., Friesen Yu.V. Formation of root system and productivity of spring hard wheat depending on term sowing and fertilizing in the conditions of the Southern forest-steppe of the Omsk region. *Innovative food production technologies. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. 2021; 39–45 (in Russian). <https://elibrary.ru/cqpyse>
- Karshiev A.E., Bobomirzaev P.Kh., Chorieva M.M. Opportunities for growing durum wheat in dryland regions. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2021; (10–3): 31–34. <https://elibrary.ru/qvmqln>
- Rakhimov A.R., Kholikov A.I. Impact of sowing dates and fertilizer rates on yield and grain quality of intensive triticum durum wheat varieties in irrigated lands. *Life sciences and agriculture*. 2020; (3): 34–40 (in Russian). <https://elibrary.ru/kyxouf>
- Izmailova D.S., Izotov A.M. Influence of nitrogen fertilizers and organic mineral preparations on the yield and grain quality of winter durum wheat. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2021; (1): 113–123 (in Russian). <https://elibrary.ru/lfpoat>
- Izmailova D.S. Increasing yield and quality of *Triticum durum* grain by applying nitrogen fertilizers and foliar dressing. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2020; (3): 105–112 (in Russian). <https://elibrary.ru/aedddz>

13. Мясникова М.Г., Мальчиков П.Н., Чахеева Т.В. Значимость компонентов урожайности сортов яровой твердой пшеницы из России и Казахстана. *Зерновое хозяйство России*. 2020; (5): 73–79. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79>

14. Розова М.А., Зиборов А.И., Усенко В.И., Егиазарян Е.Е. Реакция сортов яровой твердой пшеницы на удобрения и нормы высева при возделывании по технологии No-till в степной зоне Алтайского края. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(10): 34–39. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11008>

15. Денисов К.Е., Поletaev И.С., Гераскина А.А., Никитин А.Н., Соловьева Е.Б. Эффективность применения различных удобрений при возделывании яровой твердой пшеницы. *Аграрный научный журнал*. 2023; (9): 66–70. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i9pp66-70>

16. Топеха Р.В., Рендов Н.А., Некрасова Е.В., Мозылева С.И. Оптимизация норм высева полбы в южной лесостепи Западной Сибири. *Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений. Материалы Международной научной заочной конференции, посвященной 55-летию Сибирского научно-исследовательского института птицеводства. Омск: Омский государственный технический университет*. 2022; 497–501. <https://elibrary.ru/pzzmgq>

13. Myasnikova M.G., Malchikov P.N., Chakheeva T.V. The importance of the yield components of the spring durum wheat varieties from Russia and Kazakhstan. *Grain Economy of Russia*. 2020; (5): 73–79 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-73-79>

14. Rozova M.A., Ziborov A.I., Usenko V.I., Egiazaryan E.E. Reaction of Spring Durum Wheat Varieties to Fertilizers and its Seeding Rates when Cultivated Using No-Till Technology in the Steppe Zone of the Altai Territory. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(10): 34–39 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11008>

15. Denisov K.E., Poletaev I.S., Geraskina A.A., Nikitin A.N., Solovyeva E.B. Efficiency of the application of various types of fertilizers in the cultivation of spring durum wheat. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023; (9): 66–70 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i9pp66-70>

16. Topekha R.V., Rendov N.A., Nekrasova E.V., Mozyleva S.I. Optimization of sowing rates of spelt in the Southern forest-steppe of Western Siberia. *Agrarian science in the face of global challenges of the world food crisis: problems, trends, solutions. Proceedings of the International Scientific Correspondence Conference dedicated to the 55th anniversary of the Siberian Research Institute of Poultry Farming*. Omsk: Omsk State Technical University. 2022; 497–501 (in Russian). <https://elibrary.ru/pzzmgq>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Валерьевна Фризен

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
yuv.frizen@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0002-1122-5809>

Екатерина Викторовна Некрасова

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ev.nekrasova@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0002-4821-9824>

Алексей Алексеевич Гайвас

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
aa.gayvas@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0001-9203-5830>

Омский государственный аграрный университет
им. П.А. Столыпина,
Институтская площадь, 1, Омск, 644008, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Julia Valerievna Frizen

Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor
yuv.frizen@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0002-1122-5809>

Ekaterina Viktorovna Nekrasova

Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor
ev.nekrasova@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0002-4821-9824>

Alexey Alekseevich Gaivas

Aandidate of agricultural Sciences, Assistant Professor
aa.gayvas@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0001-9203-5830>

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin,
1 Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russia

удк: 633.112.1

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-86-101

А.Г. Ложкин ✉
О.А. Васильев
В.Л. Дмитриев
О.В. Каюкова
М.И. Яковлева

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

✉ lozhkin_tmvl@mail.ru

Поступила в редакцию:
19.11.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-86-101

Alexander G. Lozhkin ✉
Oleg A. Vasiliev
Vladislav L. Dimitriev
Olga V. Kayukova
Marina. I. Yakovleva

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

✉ lozhkin_tmvl@mail.ru

Received by the editorial office:
19.11.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Особенности формирования урожайности и качества пшеницы твердой яровой в условиях Чувашской Республики

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Основные площади возделывания твердой пшеницы размещаются в регионах Нижнего и Среднего Поволжья, Южного Урала и южных районов Сибири. Чувашская Республика не является традиционным регионом возделывания яровой твердой пшеницы. Разработка сортовых технологий, учитывающий адаптивный потенциал культуры с учетом почвенно-климатических условий региона особенно актуальны для расширения ареала возделывания данной культуры.

Методы. Для проведения исследований в условиях Чувашской Республики был заложен однофакторный опыт в шестикратной повторности с пятью сортами яровой твердой пшеницы: Безенчукская 139, Безенчукская золотистая, Луч 25, Каргала 223, Аннушка. Учеты и наблюдения вели согласно методике государственного сортоиспытания.

Результаты. Наибольшие показатели кущения отмечены у стандартного сорта, где показатели общего и продуктивного кущения составили 1,8 и 1,7 соответственно, у сорта Луч 25 — 1,9 и 1,6 соответственно. Наибольшее количество продуктивных стеблей к уборке сформировали сорта Безенчукской селекции, наименьший показатель — 458 шт. на 1 кв. м показал сорт Каргала 223. Лучшие показатели структуры урожайности в среднем за два года необходимо отметить у сортов Безенчукская 139 и Безенчукская золотистая. Наименьшие показатели по структуре урожая отмечаются у сортов Каргала 223 и Аннушка. Наиболее полновесное зерно в среднем за два года сформировали сорта Луч 25, где масса 1000 зерен составила 42,9 г, Аннушка — 42,4 г, Безенчукская золотистая — 40,9 г. Наибольший выход урожайности обеспечили сорта Безенчукская 139 (3,41 т/га) и Безенчукская золотистая (3,19 т/га).

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, сорта, структура урожая, урожайность, качество зерна

Для цитирования: Ложкин А.Г., Васильев О.А., Дмитриев В.Л., Каюкова О.В., Яковлева М.И. Особенности формирования урожайности и качества пшеницы твердой яровой в условиях Чувашской Республики. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 86–101.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-86-101>

© Ложкин А.Г., Васильев О.А., Дмитриев В.Л., Каюкова О.В., Яковлева М.И.

Features of the formation of yield and quality of durum spring wheat in the conditions of the Chuvash Republic

ABSTRACT

Relevance. The main areas of durum wheat cultivation are located in the regions of the Lower and Middle Volga region, the southern Urals and the southern regions of Siberia. The Chuvash Republic is not a traditional region for the cultivation of spring durum wheat. The development of varietal technologies that take into account the adaptive potential of the crop, taking into account the soil and climatic conditions of the region, is especially relevant for expanding the area of cultivation of this crop.

Methods. To conduct research in the conditions of the Chuvash Republic, a single-factor experiment was carried out in six repetitions with five varieties of spring durum wheat: Bezenchukskaya 139, Bezenchukskaya zolotistaya, Luch 25, Kargala 223, Annushka. Records and observations were carried out according to the methods of state variety testing.

Results. The highest tillering indicators were noted in the standard variety, where the indicators of general and productive tillering were 1.8 and 1.7, respectively, and in the Luch 25 variety — 1.9 and 1.6 respectively. The largest number of productive stems for harvesting was formed by varieties of the Bezenchuk selection, the lowest indicator — 458 pcs. per 1 sq. m was shown by the Kargal variety 223. The best indicators of the yield structure on average for two years should be noted in the varieties Bezenchukskaya 139 and Bezenchukskaya zolotistaya. The lowest indicators on the structure of the crop are noted in the varieties Kargala 223 and Annushka. The most full-weight grain on average for two years was formed by the varieties Luch 25, where the mass of 1000 grains was 42.9 g, Annushka — 42.4 g, Bezenchukskaya zolotistaya — 40.9 g. The highest yield was provided by the varieties Bezenchukskaya (139–3.41 t/ha) and Bezenchukskaya zolotistaya (3.19 t/ha).

Key words: spring durum wheat, varieties, crop structure, yield, grain quality

For citation: Lozhkin A.G., Vasiliev O.A., Dimitriev V.L., Kayukova O.V., Yakovleva M.I. Features of the formation of yield and quality of durum spring wheat in the conditions of the Chuvash Republic. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 86–101 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-86-101>

© Lozhkin A.G., Vasiliev O.A., Dimitriev V.L., Kayukova O.V., Yakovleva M.I.

Введение/Introduction

Пшеница твердая яровая проявляет высокие требования к условиям произрастания, поэтому возделывание данной культуры не получило широкого распространения. Дефицит качественного зерна в ближайшей перспективе будет возрастать. Это связано с тем, что в мире почти не осталось регионов, где расширение посевов твердой пшеницы (наиболее быстрый способ увеличения валового производства) экологически и экономически целесообразно, за исключением России и Казахстана [1–3].

В то же время потребность в зерне твердой пшеницы и продуктах из него возрастает. Рост благосостояния населения в мире формирует повышенный спрос на качественные продовольственные товары, в том числе макаронные изделия, произведенные из твердой пшеницы. Стремительно увеличивается потребление макаронных изделий в Китае и других странах Юго-Восточной Азии. Растет население в Арабском регионе, имеющее значительный миграционный потенциал, что приводит к распространению и популяризации булгура и кускуса — традиционных блюд Ближнего Востока, которые изготавливаются из твердой пшеницы [4–6]. В Италии и ряде регионов Ближнего Востока и Северной Африки популярен так называемый плоский хлеб, выпекаемый из муки твердой пшеницы, что также расширяет рынок для производителей твердой пшеницы.

На сегодняшний день твердая пшеница возделывается в основном в шести регионах России (в Оренбургской области — 300 тыс. т валового сбора, в Челябинской — 250 тыс. т, в Саратовской — 60 тыс. т, в Самарской области, Ставропольском и Алтайском краях — по 30 тыс. т). В Ростовской и Волгоградской областях, а также в Республике Башкортостан производятся небольшие объемы. Среднегодовое производство зерна твердой пшеницы в России за последние три-четыре года колеблется в пределах 500–600 тыс. т на площади более 0,5 млн га. В 2022 году произведено около 700 тыс. т, что составляет менее 2,0% от общемирового объема производства этой культуры [7–9].

Экспорт составляет 100–150 тыс. т. В то же время импорт зерна твердой пшеницы из Казахстана в 2021 году превысил 250 тыс. т. Импорт макаронных изделий (в основном из Италии) ежегодно превышает 100 тыс. т. Потребность российского рынка в высококачественных макаронных изделиях (из дурума) оценивается величиной 750–800 тыс. т, в пшеничных крупах высокого качества (из дурума и полбы) — в 100 тыс. т, что эквивалентно 1,5 млн т зерна твердой пшеницы. С учетом перспектив развития экспортного потенциала и импортозамещения объем производства твердой пшеницы в России должен быть не менее 2,0–2,5 млн т ежегодно [6, 10].

В связи с этим, наряду с решением проблем повышения производства зерна твердой пшеницы в традиционных регионах её возделывания, целесообразно оценить возможности расширения ареала этой культуры в северных регионах Поволжья с более благоприятным гидротермическим режимом вегетационного периода. Перспективы коммерческого использования новых сортов твердой пшеницы в Чувашской Республике оцениваются в 50–75 тыс. га, что позволит обеспечить

потребности местных макаронных и крупяных предприятий вывозить зерно в другие регионы [11].

Цели исследований — изучение сортов твердой пшеницы разного морфотипа в условиях Чувашской Республики Российской Федерации, выбор наиболее перспективных из них и определение возможностей селекционной и технологической адаптации твердой яровой пшеницы в регионе.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальные работы проводились в 2020–2022 гг. на опытных участках Чувашского государственного аграрного университета в Чебоксарском районе Чувашской Республики. По данным проведенного в 2020 году ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы “Чувашский” (пос. Опытный, Цивильский р-н, Чувашская Республика) агрохимического обследования, почва опытного участка светло-серая лесная среднесуглинистого механического состава на покровных суглинках с содержанием гумуса 2–3,5%, фосфора — 150–170 мг/кг, калия — 130–160 мг/кг, рН сол. — 5,4–5,6.

Метеорологические условия 2020–2022 гг. были разными¹, но в целом вполне благоприятными для роста и развития растений твердой яровой пшеницы. В условиях 2020 года II декада мая характеризовалась умеренно теплой погодой с частым выпадением осадков. Сумма их превысила две многолетние нормы. Средняя месячная температура воздуха оказалась на 3,8 °С выше многолетней. В июне на фоне повышенных температур наблюдался дефицит осадков. Формирование колоса проходило в условиях недостаточной влагообеспеченности. В июле удерживалась прохладная для этого сезона погода с частыми и обильными дождями. Восковая спелость зерновых отмечена в середине августа. В целом за период активной вегетации (май — август) средняя температура воздуха превысила многолетний показатель на 1,8 °С и составила 18,2 °С, сумма осадков — 249 мм, или 115% от многолетней нормы.

В 2021 году посев был проведен во II декаде мая. Рост и развитие растений твердой пшеницы в начале вегетации (май, июнь) проходили в условиях избытка влаги на фоне пониженных температур. Вторая половина вегетации (июль — август) по температурному режиму и осадкам мало отличалась от среднесезонных норм. Период созревания урожая (III декада августа) совпал с обильными осадками, сопровождавшимися сильными ветрами, что вызвало полегание посевов. В целом за период вегетации твердой пшеницы (май — август) величина среднесуточной температуры (15,8 °С) была ниже среднесезонных значений на 0,6 °С. Эти обстоятельства и относительно поздний срок посева привели к удлинению вегетационного периода и поздним срокам уборки урожая.

Наиболее оптимальным по температурному режиму и количеству осадков был 2022 год. Среднедневная температура была выше многолетних данных на 2–4 °С во все декады, кроме II и III декады июля. В целом за период активной вегетации растений (май — август) средняя температура воздуха составила 19,6 °С, превысив многолетнюю на 3,2 °С. Осадков выпало 249 мм, или 115% многолетней нормы.

¹ <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27581&month=8&year=2020>
<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27581&month=8&year=2021>
<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27581&month=8&year=2022>

Однофакторный опыт в шестикратной повторности заложен с пятью сортами твердой яровой пшеницы:

- ✓ Безенчукская 139 (стандарт),
- ✓ Безенчукская золотистая,
- ✓ Луч 25,
- ✓ Каргала 223,
- ✓ Аннушка.

Все сорта среднеспелой группы.

Сорта Безенчукская 139 и Безенчукская золотистая выведены группой ученых селекционеров Самарской НИИСХ² и рекомендованы к возделыванию Средневожскому, Нижневожскому и Уральскому регионам. Сорт твердой яровой пшеницы Луч 25 выведен в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»³. Сорт Каргала 223 создан селекционерами Актюбинской СХОС и Казахского НИИЗиР⁴. Оригинатором сорта Аннушка является ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока».

Посев опытов с твердой яровой пшеницей в 2020 году проведен 4 мая, в 2021-м — 11 мая, в 2022-м — 15 мая. Норма высева — 5 млн шт. всх. семян на 1 га. Варианты — в шестикратной повторности, расположение — систематическое. Площадь одной делянки — 14,4 м². Общая площадь опыта — 700 м². Предшественник — озимая пшеница. Технология обработки включала зяблевую вспашку после уборки озимой пшеницы, ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию. Учет и уборку делянок провели: в 2020 году — 24 августа, в 2021-м — 10 сентября, в 2022-м — 29 августа.

Все учеты и наблюдения в опыте, в том числе определение густоты стеблестоя, высоты растений, кущения и урожайности зерна, проводили согласно методике государственного сортоиспытания⁵.

Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТ 12042-80⁶, физико-химические показатели качества зерна — в испытательно-лабораторном центре Чувашский ГАУ, в том числе количество сырой клейковины и индекс деформации клейковины (ед. ИДК) — согласно ГОСТ Р 54478-2011⁷, содержание белка в зерне — ГОСТ 10846-91⁸.

Математическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа по методике полевого опыта Б.А. Доспехова⁹.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Данные по показателям продуктивности твердой яровой пшеницы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели продуктивности твердой яровой пшеницы (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 1. Productivity indicators of spring durum wheat (average for 2020–2022)

Сорта	Высота растений, см	Кустистость		Продуктивные стебли, шт/м ²
		общая	продуктивная	
Безенчукская 139 (St)	98,1	1,8	1,7	614
Безенчукская золотистая	104,1	1,4	1,4	590
Луч 25	81,5	1,9	1,6	559
Каргала 223	94,8	1,1	1,1	458
Аннушка	91,6	1,7	1,3	516
НСР ₀₅	5,2	0,2	0,1	16,7

² <https://samniish.ru/>

³ <https://www.arisarsar.ru/>

⁴ НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр». <https://nasec.kz/ru/page/deyatelnost>

⁵ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть / под ред. М.А. Федина. М.: Колос. 1985; 269.

⁶ ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.

⁷ ГОСТ Р 54478-2011 Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице.

⁸ ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

⁹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

Высота растений в среднем за три года по сортам составила от 81,5 до 104,1 см. Наиболее высокорослыми оказались сорта Безенчукской селекции, при этом высота растений сорта Безенчукская золотистая составила в среднем 104,1 см. Однако не всегда большая высота растений является положительным признаком, так как высокие растения склонны к полеганию. Наименьшая высота в среднем за годы исследований отмечена у растений сорта Луч 25, где высота растения составила в среднем 81,5 см, что на 16,6 см меньше стандартного варианта. По всей вероятности, проблему полегания можно было бы решить и без короткостебельных форм благодаря направленной селекции на толщину и прочность соломины, если бы речь шла только о стеблевом полегании. Также у яровой пшеницы с ее слабыми узловыми корнями чрезвычайно широко распространено и корневое полегание. Короткостебельность и здесь играет положительную роль.

Известно, что не все побеги дают колосоносные стебли, поэтому различают общую кустистость (число побегов на растении) и продуктивную кустистость (число колосоносных стеблей на растении), что является важным фактором, формирующим продуктивность растений. Наибольшие показатели кущения следует отметить у стандартного сорта, где показатели общего и продуктивного кущения составили 1,8 и 1,7 стеблей, соответственно, у сорта Луч 25 — 1,9 шт. и 1,6 шт. стеблей на растении.

Фактор кущения, безусловно, влияет на формирование продуктивного стеблестоя, и наибольшее количество продуктивных стеблей к уборке сформировали сорта Безенчукской селекции, наименьший показатель (458 шт. на 1 кв. м) у сорта Каргала 223. У сорта Луч 25, несмотря на хороший показатель кущения продуктивных стеблей на 1 кв. м, сформировалось на 55 меньше стандартного сорта, что, видимо, можно объяснить меньшим процентом сохранности растений к уборке.

Масса зерен в колосе зависит от множества факторов, таких, например, как температура. При слишком высоких температурах и недостатке влаги формируется шуплое зерно, соответственно, уменьшается масса 1000 зерен. Но в годы исследований погода в целом была благоприятной для выращивания твердой пшеницы.

Результаты анализа снопового материала по исследуемым показателям в среднем за 2020–2022 годы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели главного колоса и масса 1000 зерен твердой яровой пшеницы (в среднем 2020–2022 гг.)

Table 2. Indicators of the main ear and the weight of 1000 grains of durum spring wheat (on average 2020–2022)

Сорт	Длина главного колоса, см	Число зерен в главном колосе, шт.	Масса зерен в главном колосе, г	Масса 1000 зерен, г
Безенчукская 139 (St)	5,8	27,0	1,00	34,1
Безенчукская золотистая	5,6	29,2	0,95	31,9
Луч 25	5,5	20,9	0,81	27,2
Каргала 223	5,0	19,1	0,67	20,7
Аннушка	4,9	20,2	0,69	23,9
НСР ₀₅	0,3	2,8	0,09	1,6

Длина главного колоса исследуемых сортов составила в среднем за три года 4,9–5,8 см, при этом сорта Безенчукская золотистая и Луч 25 (по данному показателю) были на уровне стандартного сорта Безенчукская 139. Вполне логично, что в более крупном колосе сконцентрировано большее количество зерен, что также отмечается у растений сортов Безенчукской селекции и растения сорта Луч 25. На данных вариантах отмечен и больший выход зерна с колоса по массе, которая составила на стандартном варианте 1,00 г, сорт Безенчукская золотистая — 0,95 г, Луч 25 — 0,81 г. Показатели соцветия сортов Каргала 223 и Аннушка существенно уступали стандартному сорту Безенчукская 139. Наиболее полновесное зерно в среднем за три года сформировали сорта Луч 25, где показатель массы 1000 зерен составил 42,9 г, и Аннушка — 42,4 г. У сорта Безенчукская золотистая данный показатель существенно от стандартного сорта не отличался — 40,9 г. Сорт Каргала 223 в среднем за исследуемые года сформировал щуплые зерна с массой 1000 зерен 34,7 г.

Все исследуемые сорта сформировали в годы исследований полноценный урожай зерна. В агроклиматических условиях 2020 года урожайность сортов твердой яровой пшеницы составила 2,1–3,5 т/га, 2021-го — 1,8–3,2 т/га, 2022-го — 2,3–3,8 т/га.

Следует отметить, что погодные условия годов исследований в целом влияли на величину урожайности. Наиболее оптимальные для роста и развития растений твердой яровой пшеницы были 2020 и 2022 годы. В 2021 году, как уже отмечено ранее, рост и развитие растений в начале вегетации проходили в условиях избытка влаги на фоне пониженных температур, а период созревания

урожае совпал с обильными осадками. Эти обстоятельства привели к удлинению вегетационного периода и поздним срокам уборки урожая. Однако закономерность изменения величины урожайности зерна по сортам независимо от года сохраняется.

Сорта Безенчукской селекции по всем годам исследований обеспечили наибольший выход урожая зерна. Также стоит положительно отметить сорт Луч 25. Сорта Каргала 223 и Аннушка существенно между собой по показателю урожайности зерна не отличались, кроме 2020 года. Средние показатели урожайности зерна за три исследуемых года в целом общей картины не меняют. Наибольший выход урожайности обеспечили сорта Безенчукская 139 (3,41 т/га) и Безенчукская золотистая (3,19 т/га). Продуктивность сорта Луч 25 составила в среднем за три года 2,7 т/га. Наименьший выход урожайности отмечен у сорта Каргала 223 — 2,1 т/га.

Питательная ценность сортов твердой яровой пшеницы в среднем за три года представлена в таблице 4.

Проводили оценку по содержанию сырой клейковины, белка и индексу деформации клейковины. Следует отметить, что минеральные удобрения на делянках не применялись, на формирование изучаемых показателей влияли только почвенно-климатические факторы и сортовые признаки. Наилучшее формирование клейковины зерна наблюдалось в агроклиматических условиях 2021 года. В среднем за три года показатели клейковины по сортам составили 20,4–29,9%.

Лидирующие позиции сохранились за сортами Безенчукская 139 (29,9%) и Безенчукская золотистая (27,4%), содержание белка составило 16,9% и 14,3% соответственно. Сорта Луч 25 и Аннушка также отмечены хорошими показателями качества.

По качественному показателю клейковины наилучшее значение ИДК (60–70 усл. ед.) получено в зернах сортов твердой яровой пшеницы Безенчукской селекции, что вполне соответствует показателям качества хлебопекарной муки.

Выводы/Conclusions

Таким образом, по результатам исследований очевидно, что климатические условия Чувашской Республики соответствуют биологическим требованиям твердой пшеницы и благоприятны для получения стабильного урожая зерна этой культуры.

Все изученные в течение трех лет сорта твердой пшеницы сформировали полноценный урожай зерна.

По величине урожайности, показателям продуктивности и качества выделены перспективные для производства и разработки технологии возделывания сорта Безенчукская 139 и Безенчукская золотистая. Сорта Луч 25 и Аннушка также представляют определенный интерес и при соответствующей агротехнике могут возделываться в условиях Чувашской Республики.

Таблица 3. Урожайность твердой яровой пшеницы, т/га

Table 3. Productivity of durum spring wheat, t/ha

Сорт	2020 г.	2021 г.	2022 г.	В среднем за три года
Безенчукская 139 (St)	3,5	3,0	3,8	3,4
Безенчукская золотистая	3,0	3,2	3,4	3,2
Луч 25	2,6	2,7	3,0	2,7
Каргала 223	2,1	1,9	2,3	2,1
Аннушка	2,9	1,8	2,5	2,4
НСР ₀₅	0,3	0,7	0,3	0,4

Таблица 4. Качественные показатели сортов твердой пшеницы

Table 4. Qualitative indicators of durum wheat varieties

Сорта	Клейковина, %	Белок, %	ИДК, усл. ед.
Безенчукская 139 (St)	29,9	16,9	65,0
Безенчукская золотистая	27,4	14,3	61,2
Луч 25	23,6	11,3	52,4
Каргала 223	20,4	9,0	–
Аннушка	25,7	14,2	53,0

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

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

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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. Ложкин А.Г., Мальчиков П.Н. Продуктивность сортов твердой яровой пшеницы в Чувашской Республике. *Аграрный научный журнал*. 2018; (12): 31–33. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i12.414>

REFERENCES

1. Lozhkin A.G., Malchikov P.N. Productivity of durum spring wheat varieties in the Chuvash Republic. *Agricultural Scientific Journal*. 2018; (12): 31–33 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.v0i12.414>

2. Цыганков В.И., Губашева Б.Е., Аккереева Э.К., Цыганков А.В. Биохимическая и технологическая оценка зерна сортов твердой яровой пшеницы в засушливых условиях Западного Казахстана. *Наука и образование*. 2022; (2–1): 130–139. <https://www.elibrary.ru/uxjnsu>
3. Иванисова А.С., Марченко Д.М., Иличкина Н.П., Самофалова Н.Е., Олдырева И.М. Источники высокого качества зерна твердой озимой пшеницы. *Таврический вестник аграрной науки*. 2022; (4): 72–82. <https://www.elibrary.ru/snodgd>
4. Улыбина Л.В., Алексеева Н.В., Медведева Т.А. Статистический анализ отдельных показателей внешней торговли Российской Федерации сельскохозяйственной продукцией. *Аграрная наука*. 2022; (11): 154–159. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-154-159>
5. Денисов К.Е., Гераскина А.А., Никитин А.Н., Кондаков К.С. Оценка эффективности применения минеральной и микробиологических удобрений для повышения качества зерна твердой яровой пшеницы. *Аграрный научный журнал*. 2023; (5): 10–15. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp10-15>
6. Васин В.Г., Бурунов А.Н., Стрижаков А.О. Формирование агрофитоценоза и продуктивность твердой яровой пшеницы при применении минеральных удобрений. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; (1): 25–32. <https://www.elibrary.ru/zmfjgf>
7. Иванисова А.С., Иличкина Н.П., Самофалова Н.Е., Кабанова Н.В., Кирина И.М. Урожайность и качество зерна твердой озимой пшеницы различных групп спелости. *Зерновое хозяйство России*. 2023; (1): 70–75. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-84-1-70-75>
8. Беляев В.И., Соколова Л.В., Рудев Н.В. Структура урожая и качество зерна сортов мягкой яровой пшеницы различных групп спелости (Тюменцевский район, Алтайский край). *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023; (4): 5–11. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11>
9. Новикова А.А., Пустовалова А.А., Емельянова А.А., Гречишкина О.С., Мишенина Т.А., Замерзляк М.В. Результаты исследования свойств стабильности и пластичности твердых сортов пшеницы Оренбургской области. *Животноводство и кормопроизводство*. 2022; 105(4): 246–257. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-246>
10. Иличкина Н.П., Самофалова Н.Е., Макарова Т.С., Дубинина О.А. Новый сорт твердой озимой пшеницы Юбилярка. *Таврический вестник аграрной науки*. 2020; (4): 62–71. <https://www.elibrary.ru/pqaead>
11. Ложкин А.Г., Васильев О.А., Дмитриев В.Л., Крамаренко А.В. Влияние препаратов Bloom & Grow и Immune system на продуктивность твердой яровой и мягкой яровой пшеницы в условиях Чувашской Республики. *Зерновое хозяйство России*. 2020; (2): 39–43. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-39-43>
2. Tsygankov V.I., Gubasheva B.E., Akkereeve E.K., Tsygankov A.V. Biochemical and technological assessment of grain varieties of durum spring wheat in arid conditions of Western Kazakhstan. *Science and education*. 2022; (2–1): 130–139 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uxjnsu>
3. Ivanisova A.S., Marchenko D.M., Ilichkina N.P., Samofalova N.E., Boldyreva I.M. Sources of high quality grain of hard winter wheat. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2022; (4): 72–82 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/snodgd>
4. Ulybina L.V., Alekseeva N.V., Medvedeva T.A. Statistical analysis of individual indicators of foreign trade of the Russian Federation in agricultural products. *Agrarian science*. 2022; (11): 154–159 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-154-159>
5. Denisov K.E., Geraskina A.A., Nikitin A.N., Kondakov K.S. Evaluation of the effectiveness of the use of mineral and microbiological fertilizers to improve the quality of durum wheat grain. *Agrarian Scientific Journal*. 2023; (5): 10–15 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp10-15>
6. Vasin V.G., Burunov A.N., Strizhakov A.O. Formation of agrophytocenosis and productivity of hard spring wheat in the application of mineral fertilizers. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; (1): 25–32 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zmfjgf>
7. Ivanisova A.S., Ilichkina N.P., Samofalova N.E., Kabanova N.V., Kirina I.M. Yield and grain quality of hard winter wheat of various ripeness groups. *Grain Economy of Russia*. 2023; (1): 70–75 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-84-1-70-75>
8. Belyaev V.I., Sokolova L.V., Rudnev N.V. Crop structure and grain quality of soft spring wheat varieties of various ripeness groups (Tyumentsevsky district, Altai Territory). *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023; (4): 5–11 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11>
9. Novikova A.A., Pustovalova A.A., Emelyanova A.A., Grechishkina O.S., Mishenina T.A., Zamerzlyak M.V. The results of the properties test of stability and plasticity in durum wheat of Orenburg region. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022; 105(4): 246–257 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-246>
10. Ilichkina N.P., Samofalova N.E., Makarova T.S., Dubinina O.A. A new variety of hard winter wheat of the Yubilyarka. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2020; (4): 62–71 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pqaead>
11. Lozhkin A.G., Vasiliev O.A., Dmitriev V.L., Kramarenko A.V. The effect of Bloom & Grow and Immune system preparations on the productivity of hard spring and soft spring wheat in the conditions of the Chuvash Republic. *Grain Economy of Russia*. 2020; (2): 39–43 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-39-43>

ОБ АВТОРАХ

- Александр Геннадьевич Ложкин**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
lozhkin_tmvl@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1859-3794>
- Олег Александрович Васильев**
доктор биологических наук, профессор
vasiloleg@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>
- Владислав Львович Дмитриев**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
dimitrieff.vladislav@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>
- Ольга Варсановьевна Каюкова**
кандидат химических наук, доцент
olgakajukova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-54>
- Марина Ивановна Яковлева**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
marina24.01@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-000>

Чувашский государственный аграрный университет,
ул. им. К. Маркса, 29, Чебоксары, 428032, Россия

ABOUT THE AUTHORS

- Alexander Gennadyevich Lozhkin**
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
lozhkin_tmvl@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1859-3794>
- Oleg Aleksandrovich Vasiliev**
Doctor of Biological Sciences, Professor
vasiloleg@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>
- Vladislav Lvovich Dimitriev**
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
dimitrieff.vladislav@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>
- Olga Varsanofevna Kayukova**
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
olgakajukova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-54>
- Marina Ivanovna Yakovleva**
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
marina24.01@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>

Chuvash State Agrarian University,
29 K. Marx Str., Cheboksary, 428032, Russia

УДК 633.162:631.8

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-91-108

Н.А. Рябцева

Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский, Ростовская обл., Россия

✉ natasha-rjabceva25@rambler.ru

Поступила в редакцию:
06.11.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-91-108

Natalia A. Ryabtseva

Don State Agrarian University, Persianovsky, Rostov region, Russia

✉ natasha-rjabceva25@rambler.ru

Received by the editorial office:
06.11.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Качество зерна *Hordeum vulgare* L. в зависимости от регуляторов роста

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В последние годы наблюдается тенденция к сокращению посевной площади *Hordeum vulgare* L. Ввиду этого необходимо искать приемы, позволяющие обеспечить стабильность валовых сборов зерна, особенно с учетом его разностороннего использования в пищевой промышленности и кормовом направлении.

Методы. Опыты были проведены в 2022 году в условиях приазовской зоны Ростовской области. Объекты исследования — сорта ярового ячменя (фактор А) Леон, Ярунчик, Прерия и регуляторы роста (фактор В) «Артафит» (0,3 л/га), «Биодукс» (3 мл/га), «ОберегЪ» (60 мл/га), «Тренер» (3 л/га), «Фульвогумат» (0,4 л/га), используемые в фазы «кущение» и «колошение».

Результаты. Наибольшую урожайность сформировали растения ячменя под действием препарата «Биодукс» у сортов Леон и Прерия. Под действием «Биодукса» зерно имело большую натурную массу на всех изучаемых сортах — от 622 до 630 г/л. Масса 1000 зерен на вариантах с применением росторегулирующих веществ превысила контроль, особенно с применением «Биодукса»: на 3,5 г больше контроля — у сорта Леон, на 5 г больше — у сорта Ярунчик, на 3,1 г больше — у сорта Прерия. Наибольшее количество кормовых единиц получено: у сорта Леон — при использовании препаратов «Биодукс» и «ОберегЪ», у сорта Прерия — препарата «Биодукс» (4,49 т/га). Более 3 т/га переваримого протеина получено у сортов Леон и Прерия с препаратом «Биодукс» — 3,15 т/га и 3,14 т/га соответственно.

Ключевые слова: масса 1000 зерен, натура, сырой протеин, переваримый протеин, кормовая единица, *Hordeum vulgare* L.

Для цитирования: Рябцева Н.А. Качество зерна *Hordeum vulgare* L. в зависимости от регуляторов роста. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 91–108.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-91-108>

© Рябцева Н.А.

Grain quality of *Hordeum vulgare* L. depending on the growth regulators

ABSTRACT

Relevance. In recent years, there has been a tendency to reduce the acreage of *Hordeum vulgare* L. In view of this, it is necessary to look for techniques to ensure the stability of gross grain collections. Especially considering its versatile use in the food industry and feed industry.

Methods. The experiments were conducted in 2022 in the conditions of the Azov sea zone of the Rostov region. The objects of research are varieties of spring barley (factor A) Leon, Yarunchik, Prairie and growth regulators (factor B) "Artafit" (0.3 l/ha), "Biodux" (3 ml/ha), "Obereg" (60 ml/ha), "Trainer" (3 l/ha), "Fulvohumate" (0.4 l/ha), used in the "tillering" and "earring" phases.

Results. The highest yield was formed by barley plants under the action of the drug «Biodux» in Leon and Prairie varieties. Under the influence of Biodux, the grain had a large natural mass in all the studied varieties — from 622 to 630 g/l. The weight of 1000 grains in the variants with the use of growth-regulating substances exceeded the control, especially with the use of Biodux: 3.5 g more control in the Leon variety, 5 g more in the Yarunchik variety, 3.1 g more in the Prairie variety. The largest number of feed units has been received: in the Leon variety — when using the preparations «Biodux» and «Obereg», in the Prairie variety — the preparation «Biodux» (4.49 t/ha). More than 3 t/ha of digestible protein was obtained from Leon and Prairie varieties with «Biodux» preparation — 3.15 t/ha and 3.14 t/ha, respectively.

Key words: weight of 1000 grains, nature, crude protein, digestible protein, feed unit, *Hordeum vulgare* L.

For citation: Ryabtseva N.A. Grain quality of *Hordeum vulgare* L. depending on the growth regulators. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 91–108 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-91-108>

© Ryabtseva N.A.

Введение/Introduction

Несомненно, одна из важнейших задач экономического развития Российской Федерации — это увеличение продукции сельскохозяйственного производства на основе существенного повышения урожайности зерновых культур [1–4], в том числе и *Hordeum vulgare* L.

На показатели качества семян влияют различные факторы: погодные и почвенные условия, использование удобрений, регуляторов роста и развития, нормы высева, глубина, способ и срок посева, технология выращивания, наличие лесополос, сортовые особенности и другие факторы [5–9].

Особое место в повышении качества зерна отводится регуляторам роста и развития растений. Так, Е.И. Лупова и др. (2023) использовали гуминовые препараты «Гумат калия» и «Гумат +7» в технологии выращивания ярового ячменя на темно-серых лесных почвах Рязанской области. Гуматы оказали положительное действие на крупность зерна — 62,8% и 64,5%, что на 11,5% и 14,5% выше по отношению к контролю [10].

В опытах Н.Н. Беляева и др. (2018) на типичном среднемощном черноземе смеси препарата «Скарлет» с регуляторами роста «Карвитол», «Амбиол», «Новосил», «Лариксил», «Эпин-Экстра» превысили контроль на 1,3–2,2 г по показателю «масса 1000 зерен», на 2,6–6,8 г/л — по показателю «натура зерна», крупность зерна увеличилась на 2,7–3,3% [11].

Использование биологических регуляторов роста растений позволило повысить устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам внешней среды. Препараты «Гуми-20 М калийный» и «Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид» увеличили число зерен в колосе на 2,7 и 0,9 шт., массу зерна с колоса — на 0,06 и 0,03 г соответственно [12].

В.С. Виноградова и др. (2019) доказали использование гуминового фитобиокомплекса в технологиях возделывания ячменя сорта Нур, что при соблюдении регламентов его применения, является экологически безопасным приемом повышения урожайности. Обработка посевов в фазы кущения и колошения повысила продуктивность растений за счет существенного увеличения массы зерна в колосе и массы 1000 зерен на 0,70 г и 2,41 г соответственно [13].

В опытах Е.И. Лупова и др. (2023) с использованием гуматов натура зерна по отношению к контролю повысилась на 0,8% и 1,4% [10].

Испытания биопрепаратов «Биоклад» и «Вермикс» (в дозах 1 л/га и 2 л/га) на сорте ячменя Суздалец в условиях Орловской области показали положительное влияние на урожайность (+0,61 т/га) и белковость (13,5–14,8%) зерна [14].

Изучение и анализ источников литературы показали, что исследования в этой области актуальны в определенных условиях и требуют дальнейшего изучения.

Цель исследования — изучить влияние росторегулирующих веществ на качество зерна ярового ячменя. Это предполагает следующие задачи: изучение натуры, массы 1000 зерен, содержания сырого протеина, кормовой ценности зерна ячменя.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Опыты были проведены в 2022 году в условиях КФХ «ИП Рябцев Е.Н.» приазовской зоны Ростовской области.

В качестве объектов исследования выступали сорта ярового ячменя (фактор А) Леон, Ярунчик, Прерия¹, а также регуляторы роста (фактор В) Артафит (реги-странт — ООО «НПИЦ «БиоГрадис»» Россия).

Действующее вещество — полидиаллилдиметиламмоний хлорид (0,3 л/га), «Биодукс» (реги-странт — ООО «Органик парк», Россия). Действующее вещество — арахидоновая кислота (3 мл/га) «ОберегЪ» (реги-странт — ООО «Ортон», Россия). Действующее вещество — арахидоновая кислота (60 мл/га), «Тренер» (реги-странт — Italtollina, Италия). Действующее вещество — растительные пептиды и аминокислоты, олигосахариды (3 л/га), «Фульвогумат» (реги-странт — ООО НПО «Альфа-Групп», Россия). Действующее вещество — раствор природных гуминовых и фульвокислот, экстрагированных из леонардита, с аминокислотами и микроэлементами в хелатной форме (0,4 л/га), используемое по вегетации в фазы кущения и колошения.

Норма высева — 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Опрыскивание росторегулирующими препаратами проводилось согласно рекомендациям по их применению: 1-е — в фазу кущения, 2-е — в фазу колошения. Общая площадь под опытами — 1800 м², площадь делянки — 25 м², повторность — четырехкратная. Звено севооборота — «подсолнечник — яровой ячмень».

Качество полученных в урожае семян определяли по следующим методикам: масса 1000 зерен², натура³, содержание азота и сырого протеина⁴. Статистическую обработку данных проводили с использованием Microsoft Excel (США).

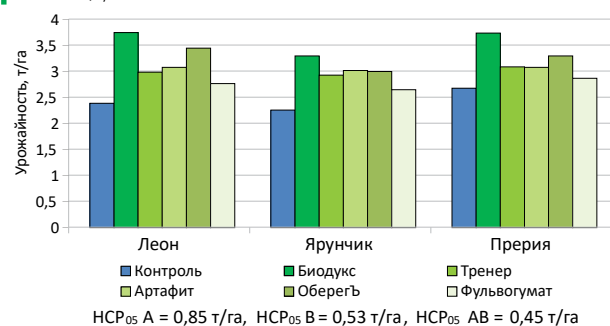
Результаты и обсуждение / Results and discussion

Наибольшую урожайность в опытах сформировали растения *Hordeum vulgare* L. под действием препарата «Биодукс» у сортов Леон и Прерия (3,75 т/га и 3,74 т/га) (рис. 1).

Дисперсионный анализ урожайности показал, что существенная прибавка при взаимодействии двух факторов была на всех вариантах, кроме контроля по фактору В (регулятор роста) независимо от сортов и при использовании препарата «Фульвогумат» на сортах Леон

Рис. 1. Урожайность *Hordeum vulgare* L. в зависимости от изучаемых факторов в 2022 г., т/га

Fig. 1. Yield of *Hordeum vulgare* L. depending on the studied factors in 2022, t/ha



¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9052841>

² ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян.

³ ГОСТ 10840-2017 Зерно. Метод определения натуры.

⁴ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

и Ярунчик. Существенного влияния фактора А (сорт) на урожайность не установлено. Существенное влияние фактора В (регулятор роста) установлено у сортов Леон и Ярунчик с препаратами «Биодукс», «Тренер», «Артафит», «ОберегЪ» и у сорта Прерия с препаратами «Биодукс» и «ОберегЪ».

Кормовая ценность зерна ячменя заключается в содержании белка, аминокислот и других питательных веществах, что позволяет формировать полноценные рационы животных, снижая кормовые добавки. На рисунке 2 представлены данные опыта с отражением содержания белка (протеина) в зерне *Hordeum vulgare* L.

Как известно, сырой протеин представляет собой общее количество азотосодержащих веществ в зерне. Его содержание в исследуемых образцах ячменя, выращенных в различных условиях, отражает рисунок 2.

В результате использования регуляторов роста и развития растений на *Hordeum vulgare* L. содержание протеина в зерне повысилось: у сорта Леон — на 0,1–1%, у сорта Прерия — на 0,2–2%, у сорта Ярунчик — на 0,3–0,7%. Коэффициент корреляции между содержанием протеина в зерне и урожайностью — $r = 0,852$. Наибольшие показатели содержания протеина в зерне ячменя — при использовании препаратов «Биодукс» (14,8 г/л) и «ОберегЪ» (14,7 г/л) у сорта Прерия.

Таблица 1. Масса 1000 зерен *Hordeum vulgare* L. в зависимости от изучаемых факторов, г

Table 1. The mass of 1000 grains of *Hordeum vulgare* L. depending on the factors studied, g

Фактор В	Фактор А		
	Леон	Ярунчик	Прерия
1 Контроль	41,0	40,0	42,0
2 «Биодукс, Ж»	44,5	45,0	45,1
3 «Тренер»	43,5	43,7	43,1
4 «Артафит, ВРК»	43,8	43,4	43,6
5 «ОберегЪ, Р»	44,0	44,0	44,5
6 «Фульвогумат, Б»	42,0	42,2	42,4
r	0,93	0,99	0,96

Таблица 2. Кормовая ценность *Hordeum vulgare* L. в опыте (2022 г.), т/га

Table 2. Feed value of *Hordeum vulgare* L. in the experiment (2022), t/ha

Фактор В	Абсолютно сухое вещество	Кормовые единицы	Переваримый протеин	Условная кормопротеиновая единица
Фактор А — Леон				
1 Контроль	2,06	2,87	2,01	2,44
2 «Биодукс»	3,22	4,50	3,15	3,82
3 «Тренер»	2,57	3,59	2,51	3,05
4 «Артафит»	2,65	3,70	2,59	3,15
5 «ОберегЪ»	2,96	4,14	2,90	3,52
6 «Фульвогумат»	2,39	3,33	2,33	2,83
Фактор А — Ярунчик				
1 Контроль	1,95	2,72	1,90	2,31
2 «Биодукс»	2,84	3,96	2,77	3,37
3 «Тренер»	2,52	3,51	2,46	2,98
4 «Артафит»	2,59	3,62	2,53	3,08
5 «ОберегЪ»	2,58	3,60	2,52	3,06
6 «Фульвогумат»	2,28	3,18	2,23	2,70
Фактор А — Прерия				
1 Контроль	2,30	3,21	2,25	2,73
2 «Биодукс»	3,22	4,49	3,14	3,81
3 «Тренер»	2,66	3,71	2,59	3,15
4 «Артафит»	2,65	3,70	2,59	3,15
5 «ОберегЪ»	2,83	3,96	2,77	3,36
6 «Фульвогумат»	2,47	3,44	2,41	2,93

Рис. 2. Содержание сырого протеина в исследуемых образцах *Hordeum vulgare* L. (г/л), 2022 г.

Fig. 2. Crude protein content in the studied samples of *Hordeum vulgare* L. (g/l), 2022

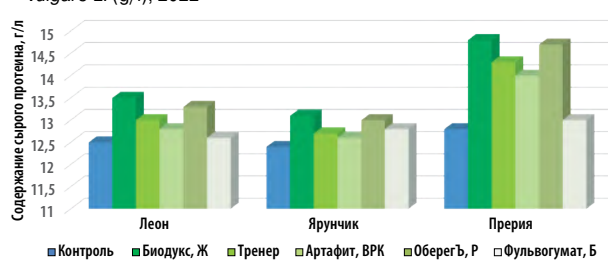
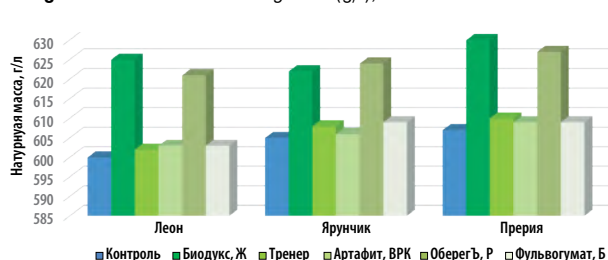


Рис. 3. Натупа *Hordeum vulgare* L. (г/л), 2022 г.

Fig. 3. Nature of *Hordeum vulgare* L. (g/l), 2022



Натурный вес — это масса определенного объема зерна ячменя. Этот показатель тесно связан с выполненностью и плотностью зерна, а также с крупностью и формой.

Натура зерна *Hordeum vulgare* L. данных исследований представлена на рисунке 3.

Опыты показали положительное влияние всех регуляторов роста и развития растений на натуру зерна. Под действием препарата «Биодукс» зерно имело большую натурную массу на всех изучаемых сортах, которая составила от 622 до 630 г/л.

Значимые показатели структуры урожайности — это масса 1000 зерен (показатель крупности и выполненности воздушно-сухих семян, выраженный в граммах) и их количество в колосе.

В данных исследованиях масса 1000 зерен на вариантах с применением росторегулирующих веществ превысила контроль, особенно с применением «Биодукса» — 44,5 г, что на 3,5 г больше контроля у сорта Леон, на 5 г больше у сорта Ярунчик, на 3,1 г больше у сорта Прерия (табл. 1).

Корреляция урожайности *Hordeum vulgare* L. и массы 1000 семян — прямая положительная сильная ($r = 0,93-0,99$).

При оценке кормового достоинства культур значение имеет комплекс показателей: валовый сбор кормовых единиц, переваримого протеина, условных кормопротеиновых единиц (УПКЕ).

Выход кормовых единиц находится в прямой зависимости от урожайности. Данные опыты показали, что наибольшее количество кормовых единиц получено: у сорта Леон — при использовании препаратов «Биодукс» и «ОберегЪ», у сорта Прерия — при использовании «Биодукса» (4,49 т/га) (табл. 2).

Часть протеина, который сельскохозяйственные животные способны усвоить, называется переваримым. Более 3 т/га переваримого протеина получено у сортов Леон и Прерия с препаратом «Биодукс» — 3,15 т/га и 3,14 т/га соответственно. Аналогичные данные получены и по УПКЕ — 3,82 т/га и 3,81 т/га соответственно.

Заключение/Conclusion

Опытным путем установлено влияние регуляторов роста на качество зерна *Hordeum vulgare* L.

Наибольшую урожайность сформировали растения сортов Леон и Прерия под действием регулятора роста «Биодукс» (3,75 т/га и 3,74 т/га соответственно). Под действием «Биодукса» зерно имело большую натурную массу на всех изучаемых сортах — от 622 до 630 г/л. Масса 1000 зерен на вариантах с применением росто-регулирующих веществ превысила контроль, особенно с применением «Биодукса» — 44,5 г, что на 3,5 г больше

контроля у сорта Леон, на 5 г больше у сорта Ярунчик, на 3,1 г больше у сорта Прерия.

Наибольшее количество кормовых единиц получено у сорта Леон при использовании препаратов «Биодукс» и «ОбереГ» и у сорта Прерия при использовании «Биодукса» (4,49 т/га). Более 3 т/га переваримого протеина получено у сортов Леон и Прерия с препаратом «Биодукс» — 3,15 т/га и 3,14 т/га соответственно.

Аналогичные данные получены и по условной протеинкормовой единице — 3,82 т/а и 3,81 т/га соответственно.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матвеева Н.И., Роткин В.М., Головин А.В., Головин В.Г. Влияние структуры растениеводства на экономику агропромышленного комплекса Астраханской области. *Современная наука и инновации*. 2023; 3(43): 260–272. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2023.3.26>
2. Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Иванюга Т.В., Кубышкин А.В. Растениеводство России и Брянской области: состояние и приоритеты развития отрасли // *Продовольственная политика и безопасность*. 2023; 10(4): 693–718. <https://doi.org/10.18334/ppib.10.4.118990>
3. Медеяева З.П., Гончаров С.В., Шилова Н.П. Диверсификация сельскохозяйственного производства как необходимость развития аграрного производства в условиях санкций. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2023; 1(72): 129–133. EDN: IPTIJF
4. Уланова О.И. Тенденции развития сельского хозяйства региона. *Сурский вестник*. 2023; 3(23): 100–104. https://doi.org/10.36461/2619-1202_2023_03_017
5. Левакова О.В. Вариативность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23(3): 327–333. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333>
6. Ламмас М.Е., Шитикова А.В., Савоскина О.А. Роль биостимуляторов роста в получении высококачественного урожая ярового ячменя. *АгроЭкоИнфо*. 2022; (6). <https://doi.org/10.51419/202126607>
7. Курбанов Р.Ф., Созонтов А.В., Лыбенко Е.С. Влияние эфлюента на рост и развитие ярового ячменя в условиях Северо-Востока нечерноземной зоны России. *Пермский аграрный вестник*. 2021. (3): 43–52. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_35_43
8. Моисеев С.А., Рябкин Е.А., Каргин В.И., Камалихин В.Е. Влияние сроков сева на количество стеблей и кустистость ярового ячменя. *Тенденции развития науки и образования*. 2022; 81(1): 8–10. <https://doi.org/10.18411/trnio-01-2022-02>
9. Шпанев А.М., Денисюк Е.С. Эффективность микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum* в защите ярового ячменя от болезней на северо-западе России. *Биотехнология*. 2020; 36(1): 61–72. <https://www.elibrary.ru/frgnca>
10. Лупова Е.И., Питюрина И.С., Виноградов Д.В., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д. Использование гуматов в технологии производства ярового ячменя. *АгроЭкоИнфо*. 2023; (1). <https://doi.org/10.51419/202131123>
11. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А., Шабалкин А.В. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя композиционными смесями в условиях Центрально-Черноземного региона. *Аграрная Россия*. 2018; (12): 8–12. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2018-12-8-12>
12. Воскобулова Н.И., Неверов А.А., Яичкин В.Н. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя регуляторами роста в условиях дефицита влаги. *Животноводство и кормопроизводство*. 2019; 102(2): 151–162. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-2-151>
13. Виноградова В.С., Козина А.А., Влаха А., Скрыбин А.С. Эффективность гуминовых фитобиокомплексов в технологии выращивания ярового ячменя. *Наука России: цели и задачи. Сборник научных трудов по материалам XVII Международной научной конференции*. Екатеринбург. 2019; 1: 36–39. <https://www.elibrary.ru/igujen>
14. Тынчинская И.Л., Зеленов А.А., Мерцалов Е.Н., Михалева Е.С. Влияние препаратов «Биоклад» и «Вермикс» на элементы продуктивности, урожайность и качественные показатели ярового ячменя. *Земледелие*. 2021; (4): 7–10. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10402>

ОБ АВТОРАХ**Наталья Александровна Рябцева**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции natasha-rjabceva25@rambler.ru <https://orcid.org/000-0003-4121-5940>

Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкская, 27, пос. Персиановский, 346493, Ростовская обл., Россия

REFERENCES

1. Matveeva N.I., Rotkin V.M., Golovin A.V., Golovin V.G. The influence of the structure of crop production on the economy of the agro-industrial complex of the Astrakhan region. *Modern Science and Innovations*. 2023; 3(43): 260–272 (in Russian). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2023.3.26>
2. Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Ivanuyuga T.V., Kubyshkin A.V. Rasteniyevodstvo Rossii i Bryanskoj oblasti: sostoyaniye i prioritye razvitiya otrasli [Crop production in Russia and the Bryansk region: current trends and development priorities]. *Prodovolstvennaya politika i bezopasnost*. 2023; 10(4): 693–718 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/ppib.10.4.118990>
3. Medelyaeva Z.P., Goncharov S.V., Shilova N.P. Diversification of agricultural production as a necessity for the development of agricultural production under sanctions. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; 1(72): 129–133 (in Russian). EDN: IPTIJF
4. Ulanova O.I. Trends in the development of agriculture in the region. *Surskiy vestnik*. 2023; 3(23): 100–104 (in Russian). https://doi.org/10.36461/2619-1202_2023_03_017
5. Levakova O.V. Variability of the elements of spring barley yield structure depending on the hydrothermal conditions of vegetation. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23(3): 327–333 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333>
6. Lammas M.E., Shitikova A.V., Savoskina O.A. The role of growth biostimulators in obtaining a high-quality crop of spring barley plants. *AgroEcolInfo*. 2022; (6) (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202126607>
7. Kurbanov R.F., Sozontov A.V., Lybenko E.S. Influence of an effluent on growth and development of spring barley in the conditions of the North-East of the non-Chernozem zone of Russia. *Perm Agrarian Journal*. 2021. (3): 43–52 (in Russian). https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_35_43
8. Moiseev S.A., Ryabkin E.A., Kargin V.I., Kamalikhin V.E. The effect of sowing dates on the number of stems and bushiness of spring barley. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022; 81(1): 8–10 (in Russian). <https://doi.org/10.18411/trnio-01-2022-02>
9. Shpanev A.M., Denisuk E.S. Efficiency of the microbiological products based on *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* in protection of spring barley from diseases in the north-west of Russia. *Biotechnology*. 2020; 36(1): 61–72 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/frgnca>
10. Lupova E.I., Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Balabko P.N., Gogmachadze G.D. The use of humates in the technology of spring barley production. *AgroEcolInfo*. 2023; (1) (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202131123>
11. Belyaev N.N., Dubinkina E.A., Shabalkin A.V. Efficiency of presowing treatment of spring barley seeds with composite mixtures under conditions of the Central-Chernozem region. *Agrarian Russia*. 2018; (12): 8–12 (in Russian). <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2018-12-8-12>
12. Voskobulova N.I., Neverov A.A., Yaichkin V.N. The effectiveness of pre-sowing treatment of seeds of spring barley with growth regulators in conditions of moisture deficiency. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019; 102(2): 151–162 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-2-151>
13. Vinogradova V.S., Kozina A.A., Vlach A., Scryabin A.S. The effectiveness of humic phytobiocomplexes in the technology of growing spring barley. *Russian Science: goals and objectives. Collection of scientific papers based on the proceedings of the XVII International Scientific Conference*. Yekaterinburg. 2019; 1: 36–39 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/igujen>
14. Tyhchinskay I.L., Zelenov A.A., Mertsalov E.N., Mikhaleva E.S. Influence of "Bioclad" and "Vermix" preparations on the elements of productivity, productivity and quality indicators of spring barley. *Zemledelie*. 2021; (4): 7–10 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10402>

ABOUT THE AUTHORS**Natalya Aleksandrovna Ryabtseva**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Storage Technologies for Plant Products natasha-rjabceva25@rambler.ru <https://orcid.org/000-0003-4121-5940>

Don State Agrarian University, 27 Krivoslykova Str., Persiansky, Rostov region, 346493, Russia

УДК 633.18:631.526

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-95-108

М.В. Илюшко ✉
 М.В. Ромашова
 С.С. Гученко

Федеральный научный центр
 агробиотехнологий Дальнего Востока
 им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

✉ ilyushkoiris@mail.ru

Поступила в редакцию:
 27.09.2023

Одобрена после рецензирования:
 26.12.2023

Принята к публикации:
 10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-95-108

Marina V. Ilyushko ✉
 Marina V. Romashova
 Svetlana S. Guchenko

Experimental station "Ufimskaya" Subdivision
 of the Ufa Federal Research Centre of the
 Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ ilyushkoiris@mail.ru

Received by the editorial office:
 27.09.2023

Accepted in revised:
 26.12.2023

Accepted for publication:
 10.01.2024

Оценка коллекционных образцов риса *Oryza sativa* L. на Дальнем Востоке России

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Выведение раннеспелых сортов является постоянной задачей в селекции риса дальневосточной зоны рисосеяния, так как продолжительность периода вегетации — главный лимитирующий фактор в регионе. Средне- и позднеспелые формы хоть и более продуктивны, часто не достигают фазы полной спелости. Раннеспелые сорта, как правило, менее урожайны. Несмотря на определенную отрицательную взаимосвязь продуктивности и скороспелости, необходим подбор именно этих свойств растений риса.

Методы. В работе изучено 157 образцов обновленной коллекции риса *Oryza sativa* L. из 22 стран. В качестве контроля использованы сорта Приморский 29 и Долинный. Рис высевали в 2022 году на вегетационной площадке в сосудах размером 1,54 м², наполненных почвой. Каждый образец размещали в рядах с междурядьями 15 см по 10–12 растений в рядке (рэндомизированно) в двукратной повторности. Проводили стандартные биометрические измерения. Объем выборки каждого образца составил 5–10 растений в повторности. Всего проанализировано 2194 растения.

Результаты. По результатам первого года изучения коллекции риса в условиях Приморского края выделено 39 образцов, превышающих стандарты по массе зерна главной метелки и (или) массе зерна растения. Четыре из них превосходят оба стандарта по продуктивности (УкрНИС 9706, УкрНИС 3455, ДОН 7790, Nika Zulanzon). Выделено девять скороспелых образцов с периодом вегетации 101–106 дней, что ниже уровня стандартов на 2–8 дней, сохранивших продуктивность метелки и растения на уровне контроля (Зеравшаника, Onne Mochi, Му 07-980, Му-07-1055, Уссур, Узрос 24-24, № 24, Каскад, Long Jing 15). Образец № 24 превосходит по массе зерна главной метелки, Му 07-980 — по массе зерна растения оба контроля.

Ключевые слова: *Oryza sativa*, коллекция, продуктивность, скороспелость, селекция, рис

Для цитирования: Илюшко М.В., Ромашова М.В., Гученко С.С. Оценка коллекционных образцов риса *Oryza sativa* L. на Дальнем Востоке России. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 95–108. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-95-108>

© Илюшко М.В., Ромашова М.В., Гученко С.С.

Evaluation of rice collection samples *Oryza sativa* L. in the Russian Far East

ABSTRACT

Relevance. Early-ripening varieties breeding is a constant task in the selection of rice in the Russian Far Eastern rice-growing zone, since the duration of the vegetation period is the main limiting factor in the region. Medium- and late-ripening forms, although more productive, often do not reach the full maturity phase. Early ripening varieties, as a rule, are less productive. Despite a certain negative relationship between productivity and precocity, it is necessary to select precisely these properties of rice plants.

Methods. In the work, 157 samples of the updated rice collection *Oryza sativa* L. from 22 countries were studied. Varieties Primorsky 29 and Dolinny were used as control. Rice was sown in 2022 in a growing area in 1.54 m² pots filled with soil. Each sample was placed in rows with row spacing of 15 cm, 10–12 plants in a row (randomized) in double repetition. Standard biometric measurements were taken. The sample size of each sample was 5–10 plants in replication. A total of 2194 plants were analyzed in the work.

Results. Based on the first year results studying of the rice collection in the Primorsky Krai conditions, 39 accessions were identified that exceeded the standards in terms of main panicle grain mass and/or plant grain mass. Four of them exceed both standards in productivity (UkrNIS 9706, UkrNIS 3455, DON 7790, Nika Zulanzon). Nine early maturing accessions were identified with a vegetation period of 101–106 days, which is 2–8 days lower than the standards, which retained the productivity of panicles and plants at the control level (Zeravshanika, Onne Mochi, Mu 07-980, Mu-07-1055, Ussur, Uzros 24-24, No. 24, Cascade, Long Jing 15). Samples No. 24 are superior in main panicle grain mass, Mu 07-980 in grain mass of both control plants.

Key words: *Oryza sativa*, collection, productivity, precocity, breeding, rice

For citation: Ilyushko M.V., Romashova M.V., Guchenko S.S. Evaluation of rice collection samples *Oryza sativa* L. in the Russian Far East. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 95–108 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-95-108>

© Ilyushko M.V., Romashova M.V., Guchenko S.S.

Введение/Introduction

Приморский край — один из старейших регионов рисосеяния в России [1, 2]. Пройдя неоднократно этапы подъема, стабилизации и спада в рисоводстве, край в отдельные периоды входил в тройку лидеров производства зерна риса в РФ даже в постсоветский период, когда уже очень широко было развито рисоводство в европейской части страны [3].

К середине 1980-х годов площадь под рисовыми системами в регионе возросла до 66 тыс. га, посевные площади с учетом севооборотов достигли максимума — 49,4 тыс. га [1].

Таблица 1. Происхождение образцов риса *Oryza sativa* L. коллекции ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»

Table 1. *Oryza sativa* L. accessions origin of Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East collection

Происхождение	Наименование / номер образцов	Число образцов, шт.
Россия, Краснодарский край	Новатор, Метелица, КТ-3, Серпантин, Марс, Соната, Хазар, Кумир, № 24, Атлант, Привольный 4, Виола, Мавр, Аметист, с. 585 р. 2 (47), К.-с. 903 (262) Л-2, Нф 39 (ВНИИР 3223), Лиман, Ренар, Диамант, Гамма, Регул, 242-01, К.-с. 900 р. 4, с. 924 р. 4, с. 926 р. 6, 9167, Л-3, К. 1859 Л-1, с. 925 р. 5, с. 900 р. 4, 206-01, с. 603 Л-3, № 39 (д. 1292/08), 229-01, № 11 (д. 1285/08), Краснозерный сорнополевой	37
Россия, Ростовская обл.	ДОН 10-01 (4237), Вирасан, ДОН 7790, Дублер, Боярин, Контакт, Раздольный, Светлый, Южанин, Азовский	10
Россия, Приморский край	Алмаз, Уссур, Дубрава, 719, Садко, Приморский 29, Дальневосточный, Каскад, Дарий 8, Дарий 122, Долинный	11
Китай	Лан-дау-5, Sui Jing 7, Sui Jing 10, Mu 07-1233, Mu 07-980, Mu 07-1055, Хейлудзян 1-06, Sui Jing 4, Sui Jing 28, Long Jing 8, Long Jing 12, Long Jing 20, Long Jing 22, Heige-16, Long Jing 14, Long Jing 15, Long Jing 16, Long Jing 18, Long Jing 19, X-n-20-09, Лон-до-6	18
Корея	Shinei, Унгги № 9, КJ 205	3
Япония	Ischikari, Kuro-mochi, He Jiang 19, Jemisi wase, Long Nuo 2, Saraiku, Nayakaze, Hejiang 20, Sakigake, Jachiminoji, Дети ветра, Onne Mochi, Лебедь, Hashirimochi, Китокогане	15
Вьетнам	LD 122	1
Индия	Nica Zulanzon	1
Китай, Маньчжурия	Дуиган-Шал	1
США	Оху 2х	1
Колумбия	H-404-85	1
Чили	56-414	1
Бразилия	4764	1
Казахстан	Хоккайдо, 1898, Лалаза Лоуду	3
Узбекистан	К-10, Узрос 17-24, Бугдай-шала, К-325, Кырмызы, Узрос 24-24, 1773, Хи-муке, 1776, Узрос 89-43	10
Турция	Суходольный	1
Азербайджан	Шестрест, 1299, 580, 1405, 1537, 634	6
Франция	Maratelli 5A	1
Венгрия	Agusztá, Arpa Shali rizs, Sr257, Ayklerisa, Sz381, Szarvasi 70, Sr816, Паллачи 77, Паллачи 67, Agostano, 4516, Korastai-333, Mutashali, Savia, Csan Taj	15
Португалия	Romanico	1
Италия	Bertone, Balocco	2
Бельгия	1075	1
Норвегия	1021	1
Украина	Зеравшаника, Херсонский 1, К-3666, Таврический, УкрНИС 571, УкрНИС 6168, УкрНИС 3390, УкрНИС 9706, УкрНИС3455, 6295, Местный, Донской 402, УкрНИС 9291/2, Украина 96, Урожайный ОСХИ	15
Итого		157

Юг Дальнего востока является единственной рисо-пригодной территорией на всей азиатской части России. При возобновлении масштабов производства даже на уровне 1970–1980-х годов Приморский край остается потенциальным производителем зерна риса на экспорт [4, 5]. Примером реализации амбиций сельхозтоваропроизводителей стала другая традиционно дальневосточная культура — соя, которая экспортируется в Юго-Восточную Азию [6]. Уникальные почвенно-климатические условия Приморья позволяют выращивать здесь рис на северной границе ареала вида *Oryza sativa* L. Многие страны (Казахстан, Япония, КНР) и регионы РФ (Ростовская область, Краснодарский край) также находятся на границе распространения вида и сталкиваются с ограничениями в теплообеспеченности риса [7–9]. Особенность растениеводства Приморского края — наличие длительных возвратных холодов в мае — июне при сумме положительных температур в период вегетации 2400–2600 °С [5, 10].

Из-за ограничений в росте в начальные периоды развития теплолюбивых растений в дальневосточной зоне рисосеяния районируют раннеспелые сорта, которые могут вызревать за 100–110 дней [10].

Современные сорта риса дальневосточной селекции характеризуются высокой урожайностью (до 6,0 т/га) [2]. При средней урожайности в последние годы (в пределах 2,5 т/га) потенциал сортов не реализуется в полной мере, главным образом ввиду организационных ограничений и низкой агротехники возделывания риса в крае [3, 11].

Работа по сортоизучению и селекции *O. sativa* в Приморском крае была развернута в 20-х годах прошлого столетия и успешно велась на протяжении XX века. В настоящий момент все сорта *O. sativa*, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ по 12-й зоне, принадлежат дальневосточным селекционерам. При формировании лаборатории селекции риса на базе Приморского НИИСХ (ныне ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки) создана новая коллекция (2009–2012 гг.), в ее основу легли образцы ВИР. Кроме этого, небольшой набор образцов поступил на изучение на основе договоров о сотрудничестве с научными учреждениями РФ, Китая и Кореи. Вновь созданная коллекция изучена фрагментарно с выделением наиболее скороспелых образцов [5], однако всестороннего детального изучения коллекции не проводилось.

Цели работы — изучение новой коллекции риса *O. sativa* в условиях Приморского края, выделение продуктивных и скороспелых образцов для селекционных целей дальневосточного рисосеяния.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В работе изучено 157 коллекционных образцов риса *O. sativa* из 22 стран (табл. 1). Семена были собраны в 2018–2021 годах и хранились в холодильнике при 4 °С. В качестве контроля использованы сорта Приморский 29 (стандарт в государственном сортоиспытании) и Долинный (один из последних районированных сортов ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»).

Рис высевали 25 мая 2022 года (в оптимальные сроки [4]) на вегетационной площадке в сосудах размером 1,54 м², наполненных почвой. Каждый образец размещали в рядках с междурядьями 15 см по 10–12 растений в половине рядка (рендомизированно) в двукратной повторности. Для проведения вегетационных опытов

использовали почву, характерную для рисовых полей, — лугово-бурую с тяжелым механическим составом. Содержание органического вещества — 5,1%, подвижных форм фосфора и калия — 28,0 мг/кг и 132,0 мг/кг почвы соответственно, легкогидролизуемого азота — 61,5 мг/кг, рН солевой вытяжки — 5,1. Режим орошения — укороченное затопление. Погодные условия вегетационного периода соответствовали биологическим требованиям культуры, превышая среднемноголетние данные региона на 0,2–0,8 °С.

Сбор растений производили до 30 сентября. Позднеспелые образцы пересадили в пластиковые сосуды и поместили в тепличные условия при температуре 18–20 °С для дозревания. Определяли следующие биометрические показатели: продуктивное кущение (шт.), высоту растений (см), длину метелки (см), число и массу зерна главной метелки (шт. и г), массу зерна растения (г), пустозерность (%), массу 1000 зерен (г). Проводили ручной уход за посевами. Фиксировали остиность, осыпаемость зерновок, дату всходов и созревания (не менее трех растений в повторности в нужной фазе), усредняя для каждого образца.

Объем выборки каждого образца составил 5–10 растений в повторности в зависимости от всхожести семян. Объем контрольных образцов увеличен до 20 растений в каждой повторности для уменьшения разброса значений дисперсии биометрических показателей.

Сравнительную оценку коллекционных образцов с контролем проводили дисперсионным анализом, используя программу Statistica 10 (Stat-Soft, Inc., США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Выделение продуктивных образцов

В результате дисперсионного анализа выявлены значимые различия ($p < 0,001$) по биометрическим показателям между коллекционными образцами и повторностями в опыте.

Контрольные образцы (Приморский 29 и Долинный) характеризуются равной продуктивностью растений (2,4 г) и массой 1000 зерен (28,6 г). Однако продуктивная кустистость Долинного (2,22 шт.) выше, чем у сорта Приморский 29 (1,67 шт.). Массы зерна главных метелок рознятся: 1,61 г у Долинного, 1,92 г у Приморского 29.

Сравнительный анализ продуктивности позволил выделить 39 коллекционных образцов, превышающих значения контрольных сортов по массе зерна главной метелки и (или) массе зерна растения. Только 23 из них имеют высокие значения массы 1000 зерен (28,0 г и выше), 2 из них (ДОН 7790 и Азовский) — шуплые. Выделившиеся по продуктивности образцы характеризуются периодом вегетации 103–131 день, неосыпающиеся, 3 из них склонны к полеганию (Велоссо Р. 926, 6 р., Р. 900, 4 р.), 2 слабоостисты: Херсонский 1 образует небольшие ости всех растений, короткими остями обладали отдельные растения образца Украина 96. Биометрические показатели этих образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Продуктивные образцы риса *Oryza sativa* L. коллекции ФГБНУ «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»

Table 2. *Oryza sativa* L. productive samples of Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East collection

Наименование сорта	Вегетационный период, дн.	Кущение, шт.	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число зерен главной метелки, шт.	Пустозерность, %	Масса зерна, г		
							главной метелки	растения	1000 шт.
Sr-70	113	1,43	74,0*	15,1	65,6	10,3	2,06**	2,47	31,6**
Палаччи 67	117	1,67	72,8*	14,5	87,8**	10,8	2,31***	2,96	26,3
Велоссо	110	3,33**	83,5**	17,3*	61,0	8,2	2,07**	5,87**	33,9**
Херсонский-1	111	2,83**	80,8**	17,3*	47,3	28,7**	1,44	3,19**	31,2
Таврический	107	2,54**	78,9**	18,2**	53,4	16,4**	1,79	3,32**	32,6**
УкрНИС 6168	111	2,24**	85,7**	17,7**	60,2	11,3	2,07**	3,49**	34,1**
Укр 9706	111	1,88	79,9**	14,3	71,4**	9,1	2,42**	3,38**	33,9**
Укр3455	113	2,60*	78,9**	15,2	122,8**	12,9	3,06**	4,64**	25,1
Местный	110	2,27*	79,9**	16,9*	49,2	11,6	1,9	3,88**	38,8**
Новатор	114	1,63	76,4**	15,8*	81,5**	14,3**	2,31**	2,80	27,9
Науаказе	115	2,88**	84,1**	17,5**	56,2	10,7	1,68	3,85**	30,2
Ми 07-980	103	4,00**	77,3**	14,6	45,0	25,7**	1,18	3,45**	26,2
Украина 96	113	1,00	78,7**	14,2	100,0**	26,8**	2,52**	2,52	23,4
Соната	108	3,40**	75,4**	16,0*	53,6	12,0	1,56	3,98**	29,3
№ 24	107	1,50	72,7*	14,9	74,4**	9,7	2,2**	2,60	29,9
Атлант	123	1,57	77,0**	14,1	98,4**	16,3**	2,64**	3,00	27,7
с. 585 р. 2(47)	114	1,39	78,7**	15,1	84,5**	20,1**	2,76**	3,12	31,8**
КС 903(262) Л-2	113	1,31	80,3**	18,1**	79,2**	14,0**	2,73**	2,92	34,5**
ДОН 7790	113	1,90	74,3*	14,1	155,4**	16,4**	3,05**	4,21**	19,6
Дублер	107	1,15	76,4**	16,4*	85,1**	17,7**	2,29**	2,38	26,8
Хейлудзян 1-06	109	1,53	78,3**	16,6*	65,2	11,2	2,09**	2,53	31,9**
Боярин	113	1,27	73,7*	14,0	95,7**	12,7	2,83**	2,93	28,4
Контакт	113	1,46	66,9	13,5	82,6**	12,9	2,34**	2,68	28,2
Светлый	114	1,15	71,4	15,5	91,5**	25,3**	2,57**	2,75	27,2
Южанин	119	1,13	73,8*	17,2*	99,1**	18,7**	2,61**	2,74	25,9
Лиман	113	1,09	63,5	13,3	97,4**	9,3	2,52**	2,66	25,8
Sui Jing 4	112	2,27*	64,8	16,2*	62,3	11,8	1,5	3,37**	24,0
Nika Zulanzon	111	1,85	65,9	15,0	91,9**	13,3	2,73**	3,56**	29,9
1898	131	1,22	70,3	15,1	94,9**	38,3**	2,44**	2,85	25,8
Лалаза Лоуду	111	3,07**	84,9**	18,5**	68,6	7,7	2,00**	4,09**	29,1
634	110	2,57*	85,4**	17,4**	57,9	14,2	1,74	3,43**	30,1
Н 404-85	112	2,50*	75,5**	17,5**	68,0	14,9**	2,15**	3,25**	31,8**
4764	111	1,92	71,4	13,3	64,9	5,5	2,70**	3,12	34,9**
Дарий 8	109	1,44	65,9	15,9*	61,8	6,0	2,11**	2,38	33,6**
Long Jing 20	111	3,20**	69,1	15,9*	58,4	3,7	1,56	3,48**	26,7
Азовский	131	1,50	69,4	13,4	88,3**	17,6**	2,03**	3,17	21,8
с. 924 р. 4	113	1,08	69,1	14,5	88,9**	14,8**	2,13**	2,20	23,3
с. 926 р. 6	110	1,46	70,8	15,8*	89,0**	8,0	2,38**	2,75	27,7
с. 900 р. 4	113	1,42	76,5**	16,0*	82,8**	7,9	2,20**	2,52	26,3
Долинный — К	109	2,22	69,7	15,8	56,9	6,4	1,61	2,45	28,6
Приморский 29 — К	109	1,67	66,4	14,0	67,0	6,9	1,92	2,43	28,6

Примечание: * Превышает сорт Приморский 29 ($p < 0,05$), ** превышает сорт Долинный ($p < 0,05$), К — контроль.

Наибольший интерес вызывают образцы, превосходящие оба контроля по двум показателям продуктивности: УкрНИС 9706, УкрНИС 3455, ДОН 7790, Nika Zulanzon, 2 из них (УкрНИС 9706 и Nika Zulanzon) демонстрируют высокие значения массы 1000 зерен — 33,9 г и 29,9 г.

Продуктивность растений риса определяется такими показателями, как кустистость, количество зерен на метелке, масса 1000 зерен. При подборе исходных форм для селекции в условиях Приморского края предпочтительнее иметь образцы со слабой кустистостью, максимально сочетающие показатели продуктивности [10].

Из изученных образцов 14 превосходили по кустистости оба контроля, в том числе 9 оказались с большими значениями продуктивной кустистости, чем сорт Долинный, у которого этот показатель и так достаточно высокий (2,22 шт.) (табл. 2). Среди этих 9 образцов есть выделенные по продуктивности с высокими значениями массы 1000 зерен: Velосо, Херсонский 1, Таврический, УкрНИС 6168, Хауаказе, Соната, Лалаза Лоуду. Все они превосходят по массе зерна с растения контрольные образцы и уступают по массе зерна главной метелки сорту Приморский 29, у которого этот показатель значимо выше Долинного (при $p = 0,004$).

По высоте растений продуктивные образцы представлены полукарликовыми сортами — 61–80 см (32 шт.), в том числе Приморский 29 и Долинный, и низкорослыми — 81–90 см (9 шт.). Большинство образцов (27 шт.) превосходят по высоте контроль (табл. 2). В период расцвета Зеленой революции приветствовались низкорослые формы *O. sativa*, несущие гены полукарликовости растений, например *sd-1*. Считалось, что низкорослость гарантирует устойчивость растений к полеганию [12, 13].

В XXI веке произошла смена представлений о взаимосвязи высоты растения риса, продуктивности и устойчивости к полеганию. Оказалось, что при одинаковом минеральном питании высокорослые формы обеспечивают большую продуктивность растений [14, 15].

Устойчивость соломины риса определяется ее диаметром и толщиной паренхимного слоя, формирование которых зависит от метаболизма калия, сахаров, кремния и других элементов питания растений [16].

Данные В.А. Ковалевской также показывают, что в условиях Приморского края короткостебельность не всегда сочетается с высокой устойчивостью к полеганию [10]. Поэтому коллекционные образцы разной высоты могут быть использованы в селекционном процессе в зависимости от их преимуществ по другим хозяйственно полезным признакам.

По длине метелки 20 образцов превысили контрольные образцы (табл. 2). Известно, что в условиях Приморского края нет необходимости создавать сорта с плотной компактной метелкой, так как с увеличением плотности метелки возрастает пустозерность.

Для районов северного рисосеяния необходима модель вертикального раскидистого соцветия, что позволяет увеличить фотосинтетическую активность всех частей метелки, содержащих хлорофильную паренхиму [10]. Пустозерность, превышающая значения сортов Приморский 29 и Долинный, отмечена

Таблица 3. Скороспелые образцы риса *Oryza sativa* L. коллекции ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» с продуктивностью на уровне контроля

Table 3. *Oryza sativa* L. early maturing samples of Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East collection with productivity at the control level

Наименование	Вегетационный период, дн.	Кущение, шт.	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число зерен главной метелки, шт.	Пустозерность, %	Масса зерна, г		
							главной метелки	растения	1000 зерен
Зеравшаника	103	2,21	77,7* **	17,3* **	52,4	5,6	1,56	2,54	29,9
Onne Mochi	105	1,15	88,3* **	16,1*	65,7	7,3	1,89	1,95	28,1
Mu 07-980	103	4,00* **	77,3* **	14,6	45,0	25,7* **	1,18	3,45* **	26,2
Mu 07-1055	101	3,50* **	65,5	17,0*	33,5	35,9* **	1,05	2,30	31,3* **
Уссур	105	1,06	73,4*	15,8*	57,1	14,9* **	1,65	1,70	28,7
Узрос 24-24	106	1,38	68,5	14,7	52,2	15,1* **	1,38	1,57	26,5
№ 24	106	1,53	72,7*	14,9	74,4*	9,7	2,22* **	2,56	29,9
Каскад	105	2,54*	54,5	11,9	42,5	17,1* **	1,31	2,13	30,8* **
Long Jing 15	103	1,88	62,9	13,8	40,1	12,7	1,18	2,09	27,8
Долинный — К	109	2,22	69,7	15,8	56,9	6,4	1,61	2,45	28,6
Приморский 29 — К	109	1,67	66,4	14,0	67,0	6,9	1,92	2,43	28,6

Примечание: * Превышает сорт Приморский 29 ($p < 0,05$), ** превышает сорт Долинный ($p < 0,05$), жирным выделены образцы на уровне сорта Приморский 29, курсивом выделены образцы на уровне сорта Долинный, К — контроль.

у 16 образцов. В семи случаях значительная пустозерность (до 28,7%) встречалась на метелках длиннее, чем в контроле. Образцы с любой длиной метелки из 39 выделенных по продуктивности могут быть использованы в селекционном процессе.

Считается, что при оценке исходного материала риса для селекции на продуктивность следует уделять особое внимание пустозерности, так как она ведет к резкому снижению урожая. Установлено, что в условиях Приморского края наименьшим развитием признака характеризуются сортообразцы раннеспелой группы [10]. В данном эксперименте также выявлена положительная зависимость этого показателя от длины вегетационного периода ($n = 41, r = 0,41, p = 0,05$). В такой же степени от длины вегетационного периода зависит и число зерен главной метелки ($r = 0,43, p = 0,05$). Однако с увеличением озерненности метелки снижается масса 1000 зерен ($r = -0,63, p = 0,05$), то есть она в некоторой степени зависит от продолжительности вегетации образца ($r = -0,37, p = 0,05$).

Можно заключить, что оптимальным является 60–90 зерен главной метелки, что позволяет в большинстве случаев сохранить массу 1000 зерен более 28 г. Из выделенных образцов по продуктивности 10 имели число зерен главной метелки в таком диапазоне (табл. 2).

Выделение скороспелых образцов

Выведение раннеспелых сортов является постоянной задачей в селекции риса, так как продолжительность периода вегетации — главный лимитирующий фактор дальневосточной зоны рисосеяния. Средне- и позднеспелые формы с периодом вегетации более 116 дней имеют низкую урожайность или не достигают фазы полной спелости. Раннеспелые сорта, как правило, также менее урожайны. Оптимальным считается период вегетации до 110 дней [10]. Несмотря на определенную отрицательную взаимосвязь продуктивности и скороспелости, необходим подбор именно этих свойств растений риса [5, 10].

В.А. Ковалевская выделяет в условиях Приморского края источники скороспелости с периодом вегетации

до 106 дней, что ниже уровня контроля на четыре дня и более [10].

В изученной коллекции 27 образцов были скороспелыми (период вегетации — 94–106 дней), 16 из них представлены селекцией Японии и Китая. Проведен отдельный анализ скороспелых образцов для выделения тех, которые не уступают по продуктивности контрольным сортам (табл. 3).

Выделено девять скороспелых образцов, имеющих значения массы зерна главной метелки и растения на уровне сортов Приморский 29 и Долинный. Образец № 24 значимо превышает оба контроля по массе зерна главной метелки. Образец Му 07-980 формирует массу зерна растения выше контрольных значений (табл. 3). Среди выделившихся по скороспелости образцов отсутствовали полегающие и осыпающиеся. Отмечена остистость сорта Узрос 24-24. У семи образцов высокая масса 1000 зерен (27,8–31,3 г). Вегетационный период скороспелых образцов — 101–106 дней, что выше контроля на 2–8 дней. Ультраскороспелые образцы с вегетационным периодом до 100 дней (один китайский и пять японских сортов) уступали по продуктивности контрольным сортам. Девять выделившихся

по скороспелости сортов приемлемы для селекции на скороспелость в условиях Приморского края.

Выводы/Conclusion

По результатам изучения коллекции риса в условиях Приморского края:

1. Выделено 39 образцов, превышающих контрольные сорта по массе зерна главной метелки и (или) массе зерна растения, 4 из них превосходят оба контроля по продуктивности (УкрНИС 9706, УкрНИС 3455, ДОН 7790, Nika Zulanzon).

2. Девять скороспелых образцов с периодом вегетации 101–106 дней, что ниже уровня контроля на 2–8 дней, сохранили продуктивность метелки и растения на уровне контроля (Зеравшаника, Onne Mochi, Mu 07-980, Mu-07-1055, Уссур, Узрос 24-24, № 24, Каскад, Long Jing 15). Образец № 24 превосходит по массе зерна главной метелки, Му 07-980 — по массе зерна растения оба контроля.

3. В селекции на продуктивность и скороспелость продуктивные и скороспелые образцы первой и второй групп могут быть использованы для гибридизации в качестве родительских форм.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Вклад в работу и написание статьи Илюшко М.В. — 45%, Ромашовой М.В. — 45%, Гученко С.С. — 10%.

Авторы несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

Contribution to the work and writing of the article Ilyushko M.V. — 45%, Romashova M.V. — 45%, Guchenko S.S. — 10%.

The authors bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interests.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ознобихин В.И., Тур А.С. Рисосеяние как феномен: исторический опыт рисосеяния на российском Дальнем Востоке. Проблемы рисосеяния российского Дальнего Востока. Владивосток: Издательство Дальневосточного университета. 1999; 4–34. ISBN 5-7444-1011-2
2. Чайка А.К., Ващенко А.П. Аграрная наука в Приморье (XX–XXI вв.). Владивосток: Рея. 2017; 228. ISBN 978-5-91849-121-8 <https://www.elibrary.ru/ypuwkz>
3. Носовский В.С., Носовский С.В., Золотов Б.А. Совершенствование организации управления развитием производства риса в Приморском крае. Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2015; (3): 42–53. <https://www.elibrary.ru/vdomtz>
4. Рис. Система ведения агропромышленного производства Приморского края. Новосибирск. 2001; 109–124. ISBN 5-94306-035-9
5. Ковалевская В.А. Селекция риса в дальневосточной зоне рисосеяния. Достижения науки и техники АПК. 2008; (6): 8–10. <https://www.elibrary.ru/jwvlid>
6. Sinogovsky M.O., Malashonok A.A., Sinogovskaya V.T. Assessment of the export potential of Russian soybean. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 677: 022025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022025>
7. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Гончаров С.В., Бруяко В.Н. Молекулярное маркирование локусов, определяющих высокие темпы роста на начальных этапах развития растений у российских сортов риса (*Oryza sativa* L.). Сельскохозяйственная биология. 2019; 54(5): 892–904. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.892rus>
8. Farrell T.C., Fox K.M., Williams R.L., Fukai S. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: screening with cold air and cold water. Field Crops Research. 2006; 98(2–3): 178–194. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.01.003>
9. Satoh T. et al. Identification of QTLs controlling low-temperature germination of the East European rice (*Oryza sativa* L.) variety Maratteli. Euphytica. 2016; 207(2): 245–254. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1531-z>
10. Ковалевская В.А. Биологическая и селекционная ценность исходного материала риса для создания скороспелых сортов в условиях Приморского края. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Благовещенск. 2000; 153.
11. Першин Б.М., Мизенин А.И. Естественно-исторические предпосылки рисосеяния. Проблемы рисосеяния российского Дальнего Востока. Владивосток: Издательство Дальневосточного университета. 1999; 34–37. ISBN 5-7444-1011-2
12. Zhang F. et al. Three genetic systems controlling growth, development and productivity of rice (*Oryza sativa* L.): a reevaluation of the «Green Revolution». Theoretical and Applied Genetics. 2013; 126(4): 1011–1024. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-2033-1>

REFERENCES

1. Oznobikhin V.I., Tur A.S. Rice cultivation as a phenomenon: the historical experience of rice cultivation in the Russian Far East. Problems of rice cultivation in the Russian Far East. Vladivostok: Far Eastern University publ. 1999; 4–34 (in Russian). ISBN 5-7444-1011-2
2. Chaika A.K., Vashenko A.P. Agrarian science in Primorye (XX–XXI centuries). Vladivostok: Reya. 2017; 228 (in Russian). ISBN 978-5-91849-121-8 <https://www.elibrary.ru/ypuwkz>
3. Nosovsky V.S., Nosovsky S.V., Zolotov B.A. Improvement of the management for development of rice production in Primorsky region. The Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2015; (3): 42–53 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vdomtz>
4. Rice. The system of conducting agro-industrial production in Primorsky Krai. Novosibirsk. 2001; 109–124 (in Russian). ISBN 5-94306-035-9
5. Kovalevskaya V.A. Rice breeding in the Far East rice growing zone. Achievements of Science and Technology of AIC. 2008; (6): 8–10 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jwvlid>
6. Sinogovsky M.O., Malashonok A.A., Sinogovskaya V.T. Assessment of the export potential of Russian soybean. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 677: 022025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022025>
7. Kharitonov E.M., Goncharova Yu.K., Goncharov S.V., Bruyako B.H. Molecular markers associated with high early growth rate of Russian rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Agricultural Biology. 2019; 54(5): 892–904. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.892eng>
8. Farrell T.C., Fox K.M., Williams R.L., Fukai S. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: screening with cold air and cold water. Field Crops Research. 2006; 98(2–3): 178–194. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.01.003>
9. Satoh T. et al. Identification of QTLs controlling low-temperature germination of the East European rice (*Oryza sativa* L.) variety Maratteli. Euphytica. 2016; 207(2): 245–254. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1531-z>
10. Kovalevskaya V.A. Biological and breeding value of the rice initial material for the development of early maturing varieties in the Primorsky Krai conditions. PhD (Agricultural sciences) Thesis. Blagoveshensk. 2000; 153 (in Russian).
11. Pershin B.M., Mizenin A.I. Natural-historical prerequisites for rice cultivation. Problems of rice cultivation in the Russian Far East. Vladivostok: Far Eastern University publ. 1999; 34–37 (in Russian). ISBN 5-7444-1011-2
12. Zhang F. et al. Three genetic systems controlling growth, development and productivity of rice (*Oryza sativa* L.): a reevaluation of the «Green Revolution». Theoretical and Applied Genetics. 2013; 126(4): 1011–1024. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-2033-1>

13. Kadambari G. *et al.* QTL-Seq-based genetic analysis identifies a major genomic region governing dwarfness in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Reports*. 2018; 37(4): 677–687.
<https://doi.org/10.1007/s00299-018-2260-2>
14. Yano K. *et al.* Isolation of a Novel Lodging Resistance QTL Gene Involved in Strigolactone Signaling and Its Pyramiding with a QTL Gene Involved in Another Mechanism. *Molecular Plant*. 2015; 8(2): 303–314.
<https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.10.009>
15. Lu Z. *et al.* Genome-Wide Binding Analysis of the Transcription Activator IDEAL PLANT ARCHITECTURE1 Reveals a Complex Network Regulating Rice Plant Architecture. *The Plant Cell*. 2013; 25(10): 3743–3759.
<https://doi.org/10.1105/tpc.113.113639>
16. Merugumala G.R. *et al.* Molecular breeding of «Swarna», a mega rice variety for lodging resistance. *Molecular Breeding*. 2019; 39: 55.
<https://doi.org/10.1007/s11032-019-0961-z>

ОБ АВТОРАХ

Марина Владиславовна Илюшко

кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии
ilyushkoiris@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7042-8641>

Марина Викторовна Ромашова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии
romashova_1969@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7426-8523>

Светлана Сергеевна Гученко

научный сотрудник лаборатории селекции риса
lana_svet8@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3492-8934>

Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30, пос. Тимирязевский, Уссурийск, 692539,
Россия

13. Kadambari G. *et al.* QTL-Seq-based genetic analysis identifies a major genomic region governing dwarfness in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Reports*. 2018; 37(4): 677–687.
<https://doi.org/10.1007/s00299-018-2260-2>

14. Yano K. *et al.* Isolation of a Novel Lodging Resistance QTL Gene Involved in Strigolactone Signaling and Its Pyramiding with a QTL Gene Involved in Another Mechanism. *Molecular Plant*. 2015; 8(2): 303–314.
<https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.10.009>

15. Lu Z. *et al.* Genome-Wide Binding Analysis of the Transcription Activator IDEAL PLANT ARCHITECTURE1 Reveals a Complex Network Regulating Rice Plant Architecture. *The Plant Cell*. 2013; 25(10): 3743–3759.
<https://doi.org/10.1105/tpc.113.113639>

16. Merugumala G.R. *et al.* Molecular breeding of «Swarna», a mega rice variety for lodging resistance. *Molecular Breeding*. 2019; 39: 55.
<https://doi.org/10.1007/s11032-019-0961-z>

ABOUT THE AUTHORS

Marina Vladislavovna Ilyushko

Candidate of Biology Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology
ilyushkoiris@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7042-8641>

Marina Viktorovna Romashova

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology
romashova_1969@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7426-8523>

Svetlana Sergeevna Guchenko

Researcher at the Rice Breeding Laboratory
lana_svet8@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3492-8934>

Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East of the East named after A.K. Chaika,
30 Volozhenin Str., Timiryazevsky, Ussuriysk, 692539, Russia

УДК 631.6:631.416.9

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-101-107

Ф.Ф. Пуздря ✉

А.В. Боженков

С.А. Круглова

Т.М. Морозова

Г.В. Попова

Костромской научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха», с. Минское, Костромской р-н, Костромская обл., Россия

✉ ksyu.matveeva2007@mail.ru

Поступила в редакцию:
11.07.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-101-107

Fedor F. Puzdrya ✉

Aleksandr V. Bozhenkov

Svetlana A. Kruglova

Tatyana M. Morozova

Galina V. Popova

Kostroma Scientific Research Institute of Agriculture — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch», Minskoe, Kostroma region, Russia

✉ ksyu.matveeva2007@mail.ru

Received by the editorial office:
11.07.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Применение химических и биологических препаратов на картофеле для предпосадочной обработки клубней

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В отрасли картофелеводства для улучшения качества семенного материала клубней, снижения заболеваемости и поражения вредителями картофеля широкое распространение получило использование биологических приемов.

Методы. Исследования по эффективности применения биологических и химических приемов на картофеле были проведены на опытном поле Костромского НИИИСХ — филиала ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха в 2021–2022 гг.

Цель работы — выявить эффективность использования биологического препарата «БисолбиСан», приема озонирования и химического фунгицида «Максим» на урожайность, качество картофеля в условиях Костромской области.

Результаты. Проведена оценка применения препаратов в качестве предпосадочной обработки клубней на картофеле сорта Фаворит. При совместном применении биопрепарата «БисолбиСан» и озона получена наибольшая достоверная прибавка массы клубней с куста 177 г, что на 30,8% больше, чем в контрольном варианте. При обработке клубней химическим протравителем «Максим» увеличение массы составило 20,5% по сравнению с контролем. Во всех вариантах получена достоверная прибавка количества клубней (от 1,5 до 2,6 шт/куст) по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшее количество клубней с куста (9,1 шт.) получено при совместной обработке — «БисолбиСан» + озон. Наибольший выход семенной фракции в размере 13,8% достигнут при обработке клубней протравителем «Максим», что превысило на 3,7% данный показатель в контрольном варианте. Совместная предпосадочная обработка клубней препаратом «БисолбиСан» и озоном обеспечила наибольший выход крупной фракции (81,9%), при обработке клубней протравителем «Максим» получен наименьший показатель из всех изучаемых вариантов (76,8%).

Ключевые слова: картофель, ОМУ «Картофельное», биологизация, «БисолбиСан», озонирование, протравитель, урожайность, качество

Для цитирования: Пуздря Ф.Ф., Боженков А.В., Круглова С.А., Морозова Т.М., Попова Г.В. Применение химических и биологических препаратов на картофеле в качестве предпосадочной обработки клубней. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 101–107.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-101-107>

©Пуздря Ф.Ф., Боженков А.В., Круглова С.А., Морозова Т.М., Попова Г.В.

The use of chemical and biological preparations on potatoes for pre-planting treatment of tubers

ABSTRACT

Relevance. In the potato industry, the use of biological techniques has become widespread to improve the quality of the seed material of tubers, reduce the incidence and damage of potato pests.

Methods. Studies on the effectiveness of the use of biological and chemical techniques on potatoes were carried out at the experimental field of the Kostroma Research Institute of Agricultural Research — a branch of the A.G. Lorch Potato Research Center in 2021–2022.

The purpose of the work is to identify the effectiveness of the use of the biological drug “BisolbiSan”, the intake of ozonation and the chemical fungicide “Maxim” on the yield and quality of potatoes in the Kostroma region.

Results. The evaluation of the use of drugs as a pre-planting treatment of tubers on potatoes of the Favorit variety was carried out. With the combined use of “BisolbiSan” biologics and ozone, the greatest reliable increase in tuber weight from the bush was obtained at 177 g, which is 30.8% more than in the control version. When processing tubers with the chemical mordant «Maxim», the weight increase was 20.5% compared to the control. In all variants, a significant increase in the number of tubers (from 1.5 to 2.6 pcs/bush) was obtained compared with the control variant. The largest number of tubers from the bush (9.1 pcs.) was obtained by joint processing — «BisolbiSan» + ozone. The highest yield of the seed fraction in the amount of 13.8% was achieved when processing tubers with the «Maxim» mordant, which exceeded this indicator by 3.7% in the control version. The joint pre-treatment of tubers with “BisolbiSan” and ozone provided the highest yield of a large fraction (81.9%), while the treatment of tubers with the “Maxim” mordant produced the lowest indicator of all studied options (76.8%).

Key words: potato, OМУ «Kartofelnoe», biologization, “BisolbiSan”, ozonation disinfectant, yield, quality

For citation: Puzdrya F.F., Bozhenkov A.V., Kruglova S.A., Morozova T.M., Popova G.V. The use of chemical and biological preparations on potatoes as a preplant treatment of tubers. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 101–107 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-101-107>

©Puzdrya F.F., Bozhenkov A.V., Kruglova S.A., Morozova T.M., Popova G.V.

Введение/Introduction

В последние десятилетия чрезмерное применение синтетических средств химизации является следствием загрязнения окружающей среды [1–3]. Одним из путей, направленных на улучшение плодородия почвы, улучшение качества и безопасности сельскохозяйственной продукции среды [4–6], является освоение альтернативных методов ведения сельского хозяйства.

Существуют экологически чистые приемы биологического земледелия, или биологизации, такие как правильно построенная система севооборотов, сидерация, применение биорегуляторов, озонирование, использование бактериальных биоудобрений. В частности, в отрасли картофелеводства для улучшения качества и количества клубней, снижения заболеваемости и поражения вредителями и, как следствие, повышения урожайности картофеля широкое распространение получило использование биологических средств [7–11].

Одним из наиболее важных приемов снижения отрицательного воздействия удобрений на экологическое состояние почвы является использование органоминеральных аналогов (далее — ОМУ) как альтернативы традиционным видам органических и минеральных удобрений. ОМУ «Картофельное»¹ Буйского химического завода (Костромская обл., Россия) содержит гуминовые соединения, азот, фосфор, калий, магний, микроэлементы, продукты бактериального метаболизма и споровые культуры, подселенные на ее гранулы. В ОМУ минеральные элементы образуют с гуминовыми соединениями органоминеральные комплексы, способные длительное время поставлять растениям легкоусвояемые формы питательных веществ.

Другим элементом биологизации является обработка клубней картофеля перед посадкой бактериальными фунгицидами. Например, «БисолбиСан» разработан лабораторией технологии микробных препаратов ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, (г. Санкт-Петербург, Россия) на основе ризосферной бактерии *Bacillus subtilis* штамма Ч13. В его состав входят бактериальные метаболиты, обеспечивающие быстрое начальное действие, и живая споровая культура, оказывающая долговременную защиту и регуляцию роста [12, 13].

Безопасным методом обеззараживания клубней является озонирование. Это доступный, технологичный и безопасный способ борьбы с возбудителями болезней растений, который улучшает посевные качества, ускоряет прорастание и не наносит вреда окружающей среде [14, 15]. Методика проведения озонирования и его параметры в настоящее время прорабатываются.

Ученые ВНИИХ им. А.Г. Лорха К.А. Пшеченков, Б.А. Чулков отмечают ускорение появления всходов и увеличение количества клубней в кусте после озонирования. В других исследованиях П.В. Шаравьева, Г.В. Зуева, О.П. Неверовой эти результаты не подтвердились либо оказались незначимыми и до сих пор являются предметом изучения данного вопроса [16–18].

Наряду с использованием биологических препаратов большое значение в производстве картофеля имеет применение химических протравителей [19], таких как

«Максим» (ООО «Сингента», Россия, д. в. флудиоксонил 25 г/л), «Табу» (АО «Август», Россия, д. в. имидаклоприд 500 г/л), «Престиж» (АО «Байер», Германия, д. в. имидаклоприд 140 г/л, пенцикурон 150 г/л) и т. д.

Цель работы — выявить эффективность использования бактериального фунгицида, приема озонирования и химического фунгицида на урожайность, качество картофеля в условиях Костромской области.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования по эффективности применения биологических и химических приемов на картофеле были проведены на опытном поле Костромского НИИСХ в 2021–2022 гг.

В опыте выращивали среднеспелый сорт картофеля Фаворит селекции Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха. Повторность опыта — четырехкратная, площадь учетной делянки — 42 м², размещение делянок — систематическое.

Полевые опыты располагались на легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса — 1,4%, подвижного фосфора — 247,9 мг/кг, обменного калия — 85,7 мг/кг почвы, рН_{сол} — 4,35. Фоном в качестве удобрений использовали ОМУ «Картофельное» (ОАО «Буйский химический завод», Россия) в дозе N₉₀P₁₂₀K₁₃₅ кг/га д. в. Предпосадочное озонирование семенных клубней было проведено озono-воздушным потоком с использованием высокочастотного генератора озона барьерного типа РИОС-20-0,5 М² (Россия). Доза озона на выходе — 10,0 мг/м³, время экспозиции — 30 мин.

Показатели продуктивности и качество картофеля оценивали по ГОСТ 33996³, ГОСТ 7194⁴, ГОСТ 29267⁵. Математическая обработка урожая проведена методом дисперсионного анализа данных двухфакторного полевого опыта по методике Б.А. Доспехова (г. Москва, 1985)⁶ с использованием стандартного пакета Microsoft Excel (США).

Биометрический анализ — по методике агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле (г. Москва, 2019)⁷.

Схема полевого опыта

1. Контроль (без обработки).
2. Обработка клубней перед посадкой протравителем «Максим» («Сенгента», Россия) (0,4 л/т).
3. Обработка клубней перед посадкой бактериальным фунгицидом «БисолбиСан» (ООО «Бисолби Плюс», Россия) (2 л/т).
4. Предпосадочная обработка клубней озono-воздушным потоком (10 мг/м³) + обработка клубней перед посадкой бактериальным фунгицидом «БисолбиСан» (2 л/т).

Метеорологические условия 2021–2022 гг. характеризовались засухой и неравномерным распределением влаги и тепла в течение периода вегетации. Посадка картофеля была проведена в благоприятных погодных

¹ Органические удобрения / Буйский химический завод. — Режим доступа: <https://bhz.ru/catalog/organicheskie-udobreniya1/>

² <https://rios.su/rios-20>

³ ГОСТ 33996-2016 Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. М.: Стандартинформ. 2017; 36.

⁴ ГОСТ 7194-81 Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества. М.: Стандартинформ. 2010; 13.

⁵ ГОСТ 29267-91. Картофель семенной. Оздоровленный исходный материал. Приемка и методы анализа. М.: Стандартинформ. 2010; 88.

⁶ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

⁷ Жевора С.В., Федотова Л.С., Старовойтов В.И. и др. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. Методическое пособие. М.: ФГБНУ ВНИИХ. 2019; 120.

условиях с достаточной влажностью почвы и оптимальной температурой воздуха. В фазе начала цветения растения находились длительное время. Из-за повышенной температуры воздуха и продолжительной засухи массового цветения не наблюдали — как 2021 г., так и в 2022-м.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По вариантам опыта время прохождения всех фаз роста и развития картофеля существенно не отличалось друг от друга. Биометрический анализ выявил определенную тенденцию увеличения длины стеблей и их количества в кусте в зависимости от способа обработки клубней перед посадкой (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что достоверная прибавка количества и длины стеблей получена на всех вариантах опыта относительно контроля. Наибольший показатель длины стеблей зафиксирован в варианте с обработкой их протравителем «Максим» и составил 52,1 см, что на 15,5% выше, чем в контрольном варианте. Наибольший показатель количества стеблей с куста отмечен также при применении протравителя «Максим» (5,6 шт/куст), что на 1,9 шт/куст больше, чем в контроле.

Количество стеблей в кусте в известной степени определяет величину урожая клубней (г. Москва, 1986)⁸. Установлена средняя степень взаимодействия между продуктивностью и количеством стеблей в кусте картофеля сорта Фаворит ($r = 0,66 \pm 0,14$). При совместном применении биопрепарата «БисолбиСан» и озона получена прибавка массы клубней с куста 177 г, что на 30,8% больше, чем в контрольном варианте. При обработке клубней химическим препаратом «Максим» увеличение массы составило 20,5% относительно контроля.

Отмечается положительное влияние обработки клубней перед посадкой на их количество в кусте. Во всех вариантах получена достоверная прибавка в сравнении с контролем. В варианте с протравителем «Максим» увеличение составило 1,5 шт/куст, или 23%, при обработке клубней биофунгицидом «БисолбиСан» — 1,9 шт/куст, или 29%, при совместной обработке биопрепаратом «БисолбиСан» и озоном — 2,6 шт/куст, или 40%.

Количество клубней с куста положительно коррелировало с урожайностью картофеля ($r = 0,91 \pm 0,13$) (табл. 2), однако достоверная прибавка урожайности получена лишь в варианте при совместной обработке клубней перед посадкой биофунгицидом «БисолбиСан» и озоном — 6,9 т/га. Установлена зависимость фракционного состава урожая от предпосадочной обработки клубней (табл. 2).

В среднем по изучаемым годам наибольший выход средней (семенной) фракции (13,8%) получен при предпосадочной обработке клубней протравителем «Максим», что превысило (на 3,7%) данный показатель контрольного варианта. Совместная предпосадочная обработка клубней «БисолбиСаном» и озоном обеспечила наибольший (81,9%) выход крупной фракции, что на 3,9% выше контроля, тогда как при обработке клубней «Максимом» получен наименьший показатель из всех изучаемых вариантов — 76,8%.

Необходимо добавить, что в изучаемые годы преобладала засушливая жаркая погода, заболеваний картофеля сорта Фаворит во время вегетации отмечено не было. Проведение клубневого анализа показало, что

Таблица 1. Влияние предпосадочных обработок на биометрические показатели картофеля сорта Фаворит (среднее), 2021–2022 гг.

Table 1. The effect of pre-planting treatments on biometric indicators of potatoes of the Favorite variety (average), 2021–2022

Вариант	Количество стеблей, шт.	Длина стеблей, см	Количество клубней, шт/куст	Вес клубней (1 куст), г
Контроль	3,7	45,1	6,5	542
«Максим»	5,6	52,1	8,0	653
БисолбиСан	5,2	50,0	8,4	618
Озон + «БисолбиСан»	4,9	50,6	9,1	719
НСР ₀₅ общ	0,9	2,5	1,5	120

Таблица 2. Влияние предпосадочной обработки картофеля сорта Фаворит на урожайность и фракционный состав клубней (среднее), 2021–2022 гг.

Table 2. The effect of pre-planting treatment of Favorite potatoes on yield and fractional composition of tubers (average), 2021–2022

Варианты	Урожайность, т/га	Доля фракции от размера клубней, %		
		мелкая (< 28 мм)	средняя (28–40 мм)	крупная (> 40 мм)
Контроль	20,0	4,8	10,1	78,0
«Максим»	24,1	3,9	13,8	76,2
«БисолбиСан»	22,5	6,4	9,0	79,4
Озон + «БисолбиСан»	26,9	3,9	8,0	81,9
НСР ₀₅ общ	5,9	1,7	3,8	5,3

поражения клубней при хранении в осенне-весенний период на всех вариантах опыта фитофторозом и мокрой гнилью не было.

На вариантах опыта было отмечено уменьшение пораженности клубней паршой обыкновенной по сравнению с контролем и составило с совместной обработкой озоном и «БисолбиСаном» 1%, препаратом «БисолбиСан» — 1,1%. При применении протравителя «Максим» заболевания паршой обыкновенной не зафиксировано.

Поражение клубней сухой гнилью было достаточно слабым (1,6%) на контрольном варианте, наименьшее значение зараженности отмечено на варианте с обработкой препаратом «Максим» — 0,3%. Симптомы поражения другими болезнями отсутствовали во всех вариантах опыта.

Выводы/Conclusion

Таким образом, обработка клубней перед посадкой биофунгицидом «БисолбиСан» и прием совместного использования «БисолбиСана» и озона увеличили количество клубней на достоверную величину, равную 1,9–2,6 шт/куст, продуктивность — на 76–177 г, по сравнению с контролем, при этом выход крупной фракции увеличился до 79,4–81,9% соответственно, тогда как только химический прием «Максим» увеличил долю семенной фракции относительно остальных вариантов.

Следует отметить, что только в варианте совместного применения «БисолбиСана» и озона получена достоверная прибавка продуктивности (30,8%) по сравнению с контрольным вариантом.

⁸ Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. и др. Растениеводство. Под ред. П.П. Вавилова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат. 1986; 512: илл.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Вклад в работу: Ф.Ф. Пуздыря — 45%, А.В. Боженков — 15%, С.А. Круглова — 15%, Т.М. Морозова — 15%, Г.В. Попова — 10%. Участие в написании рукописи: Ф.Ф. Пуздыря — 45%, А.В. Боженков — 15%, С.А. Круглова — 15%, Т.М. Морозова — 15%, Г.В. Попова — 10%, несут соответственно ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. Contribution to the work: F.F. Puzdrya — 45%, A.V. Bozhenkov — 15%, S.A. Kruglova — 15%, T.M. Morozova — 15%, G.V. Popova — 10%. Participation in writing the manuscript: F.F. Puzdrya — 45%, A.V. Bozhenkov — 15%, S.A. Kruglova — 15%, T.M. Morozova — 15%, G.V. Popova — 10%, respectively participation are responsible for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания Костромского научно-исследовательского института сельского хозяйства — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха» (№ 082-00295-23-01 на 2021–2023 гг.)

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Kostroma Scientific Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Potato Research Center named after A.G. Lorch» (No. 082-00295-23-01 for 2021–2023).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Садыкова Н.А., Велямов М.Т., Лукин А.Л., Мелькумова Е.А., Климин А.Ф. Эффективность применения малотоксичных для окружающей среды средств защиты сахарной свеклы от вредоносных болезней семян. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2023; 2(77): 36–48. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_36-48
2. Лысов А.К. Проблемы применения средств защиты растений и пути снижения их техногенного воздействия на окружающую среду. *АгроЭкоИнженерия*. 2023; 3(116): 34–51. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-3116-34-50>
3. Шулико Н.Н. и др. Биологическая активность лугово-черноземной почвы в зависимости от системы обработки почвы и применения средств химизации. *Вестник КРАСГАУ*. 2023; (7): 12–21. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-7-12-21>
4. Яшук Н.А., Гарашчук Ю.С., Ребезов М.Б. Влияние условий выращивания и хранения на содержание клейковины в зерне пшеницы. *Пища. Экология. Качество. Труды XVII Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург. 2020; 766–769. EDN: RTSSBL
5. Rebezov M. et al. Nutritional and technical aspect of tiger nut and its micro-constituents: an overview. *Food Reviews International*. 2021; 39(6): 3262–3282. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2011910>
6. Войцеховский В.И., Ребезов М.Б., Войцеховская Е.В. Формирование биологически ценных полифенолов в ягодах земляники садовой. *Экология и природопользование. Материалы Международной научно-практической конференции*. 2020; 117–121. EDN: AEOYGU
7. Молявко А.А., Марухленко А.В., Еренкова Л.А., Борисова Н.П. Биологизация производства картофеля. *Вестник Брянского государственного университета*. 2015; (2): 423–425. <https://elibrary.ru/uuyodt>
8. Мутиков В.М., Селиванов А.В., Васильев Н.И., Нурсов И.Н. Интенсивная биологизация земледелия и ее результаты (на примере ООО «Агрофирма «Слава картофелю» Чувашской Республики). *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2018; 91: 132–148. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-91-132-148>
9. Зейрук В.Н., Васильева С.В., Новикова И.И., Белякова Н.А., Деревягина М.К., Белов Г.Л. Перспективы развития экологических приемов защиты картофеля от болезней и вредителей. *Аграрная наука*. 2019; (S3): 54–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-54-59>
10. Лысенко А.Ю. Формирование урожая картофеля при использовании защитных препаратов. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020; 15(1): 21–25. <https://www.elibrary.ru/ahrhek>
11. Боженков А.В., Пуздыря Ф.Ф., Круглова С.А., Морозова Т.М., Попова Г.В. Влияние агрофонов с разной степенью биологизации на урожай и качество картофеля в засушливые годы. *Агрохимический вестник*. 2023; (4): 11–15. <https://www.elibrary.ru/dothrn>
12. Гериева Ф.Т., Газданова И.О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (3): 2–9. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9>
13. Деревягина М.К., Васильева С.В., Белов Г.Л., Зейрук В.Н. Эффективность схем применения нового биопрепарата «Картофин» на основе *Bacillus subtilis* при выращивании картофеля. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2020; (4): 25–34. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-57-4-25-34>
14. Морозова Т.М. Воздействие озono-воздушного потока на посевные и фитосанитарные качества зерна яровой пшеницы. *Владимирский земледелец*. 2020; (4): 37–40. <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10143>
15. Баскаков И.В., Оробинский В.И., Тарасенко А.П., Чернышов А.В., Чернова О.В. Применение процесса озонирования в сельском хозяйстве. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2016; (3): 120–126. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.3.120>
16. Пшеченков К.А., Чулков Б.А. Озонирование клубней снижает потери урожая при хранении, улучшает качество продукции и увеличивает урожай. *Картофель и овощи*. 2008; (3): 30–31. <https://elibrary.ru/jsdvux>
17. Кондратьев Р.Б., Пшеченков К.А., Чулков Б.А., Луговской И.В. Эффективность озонирования семенных клубней. *Картофель и овощи*. 2011; (1): 8. <https://elibrary.ru/pyngwj>

REFERENCES

1. Sadykova N.A., Velyamov M.T., Lukin A.L., Melkumova E.A., Klimin A.F. Efficiency of low-toxic sugar beet protection agents against harmful seed diseases. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023; 2(77): 36–48 (in Russian). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_36-48
2. Lysov A.K. Application problems of plant protection agents and ways to reduce their anthropogenic impact on the environment. *AgroEcoEngineering*. 2023; 3(116): 34–51 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-3116-34-50>
3. Shuliko N.N. et al. Meadow-chernozem soil biological activity depending on the tillage system and the chemicals use. *Bulliten KrasSAU*. 2023; (7): 12–21 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-7-12-21>
4. Yashchuk N.A., Garashchuk Yu.S., Rebezov M.B. The influence of growing conditions and storage on the gluten content in wheat grain. *Food. Ecology. Quality. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Yekaterinburg. 2020; 766–769 (in Russian). EDN: RTSSBL
5. Rebezov M. et al. Nutritional and technical aspect of tiger nut and its micro-constituents: an overview. *Food Reviews International*. 2021; 39(6): 3262–3282. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2011910>
6. Voitsekhovaly V.I., Rebezov M.B., Voitsekhovaly E.V. Formation of biologically valuable polyphenols in strawberries. *Ecology and environmental management. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. 2020; 117–121 (in Russian). EDN: AEOYGU
7. Molyavko A.A., Marukhlenko A.V., Erenkova L.A., Borisova N.P. Biologization of potato production. *The Bryansk State University Herald*. 2015; (2): 423–425 (in Russian). <https://elibrary.ru/uuyodt>
8. Mutikov V.M., Selivanov A.V., Vasiliev N.I., Nursov I.N. Intensive biologization of agriculture and its results (on the example LLC «Agrofirma «Slava Kartofelju» Chuvash Republic). *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2018; 91: 132–148 (in Russian). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-91-132-148>
9. Zeyruk V.N., Vasilyeva S.V., Novikova I.I., Belyakova N.A., Derevyagina M.K., Belov G.L. Prospects of development of ecological methods of potato protection from diseases and pests. *Agrian science*. 2019; (S3): 54–59 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-54-59>
10. Lysenko A.Yu. Potatoes yield formation when using protective drugs. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2020; 15(1): 21–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ahrhek>
11. Bozhenkov A.V., Puzdrya F.F., Kruglova S.A., Morozova T.M., Popova G.V. Influence of agro-backgrounds with different degrees of biologization on yield and quality of potato in arid years. *Agrochemical Herald*. 2023; (4): 11–15 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dothrn>
12. Gerieva F.T., Gazdanova I.O. The effectiveness of the use of promising new generation biological products in the conditions of the North Caucasus region. *Agrian Bulletin of the Urals*. 2021; (3): 2–9 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9>
13. Derevyagina M.K., Vasilyeva S.V., Belov G.L., Zeyruk V.N. The effectiveness of the scheme for the use of a new biological product «Kartofin» based on *Bacillus subtilis* in growing potatoes. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020; (4): 25–34 (in Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-57-4-25-34>
14. Morozova T.M. Impact of ozone air-flow on seed and phytosanitary characteristics of spring wheat grain. *Vladimir agricolist*. 2020; (4): 37–40 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10143>
15. Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Tarasenko A.P., Chernyshov A.V., Chernova O.V. Ozonation process and its implementation in agriculture. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016; (3): 120–126 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.3.120>
16. Pshechenkov K.A., Chulkov B.A. Tuber ozonation reduces yield losses during storage, improves product quality and increases yield. *Potato and Vegetables*. 2008; (3): 30–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/jsdvux>
17. Kondratiev R.B., Pshechenkov K.A., Chulkov B.A., Lugovskoy L.V. Efficiency of seed potatoes ozonation. *Potato and Vegetables*. 2011; (1): 8. <https://elibrary.ru/pyngwj>

18. Шаравьев П.В., Зуева Г.В., Неверова О.П. Инновационные технологии озонирования патогенов картофеля. *Аграрный вестник Урала*. 2014; (3): 63–66.
<https://elibrary.ru/sgwxvt>

19. Зейрук В.Н., Белов Г.Л., Мальцев С.В., Абашкин О.В., Абросимов Д.В. Защита картофеля при хранении. *Картофель и овощи*. 2019; (4): 33–34.
<https://doi.org/10.25630/PAV.2019.53.46.006>

18. Sharaviev P.V., Zueva G.V., Neverova O.P. Innovative ozonization technologies of potato pathogen. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014; (3): 63–66 (in Russian).
<https://elibrary.ru/sgwxvt>

19. Zeyruk V.N., Belov G.L., Maltsev S.V., Abashkin O.V., Abrosimov D.V. Protection of potatoes during storage. *Potato and Vegetables*. 2019; (4): 33–34 (in Russian).
<https://doi.org/10.25630/PAV.2019.53.46.006>

ОБ АВТОРАХ

Федор Федорович Пуздря

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
 ksyu.matveeva2007@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5064-8321>

Александр Владимирович Боженков

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
 kniish.dir@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0474-1319>

Светлана Александровна Круглова

старший научный сотрудник
 svetiksvetiky@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6070-9060>

Татьяна Михайловна Морозова

научный сотрудник
 tanya-moroz0406@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5924-0143>

Галина Владимировна Попова

старший научный сотрудник
 galina_popova2019@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5002-8840>

Костромской научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха, ул. Куколевского, 18, с. Минское, Костромской р-н, Костромская обл., 156543, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Fedor Fedorovich Puzdrya

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
 ksyu.matveeva2007@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5064-8321>

Alexander Vladimirovich Bozhenkov

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
 kniish.dir@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0474-1319>

Svetlana Alexandrovna Kruglova

Senior Researcher
 svetiksvetiky@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6070-9060>

Tatyana Mikhailovna Morozova

Research Associate
 tanya-moroz0406@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5924-0143>

Galina Vladimirovna Popova

Senior Researcher
 galina_popova2019@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5002-8840>

Kostroma Scientific Research Institute of Agriculture — branch of the Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh, 18 Kukolevsky Str., Minskoye village, Kostroma district, Kostroma region, 156543, Russia

УДК 004.891.4

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-106-121

Д.Е. Федоров

Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого, Кемерово, Россия

✉ fedorov_de@inbox.ru

Поступила в редакцию:

22.11.2023

Одобрена после рецензирования:

27.12.2023

Принята к публикации:

10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-106-121

Dmitriy E. Fedorov

Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia

✉ fedorov_de@inbox.ru

Received by the editorial office:

22.11.2023

Accepted in revised:

27.12.2023

Accepted for publication:

10.01.2024

Разработка программного обеспечения для бесконтактного управления БПЛА

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена разработке программы для бесконтактного управления БПЛА с помощью нейросети, которая отслеживает положение объекта. Для этих целей была обучена соответствующая модель на нейросети ultralytics YOLOv8. Приведены графики обучения данной модели, демонстрирующие изменение величины функции потерь по ограничивающей рамке и классу, а также величины метрики mAP50-95. Обучение завершилось при значении метрики mAP50-95 0,855. Разработано программное обеспечение для управления БПЛА с помощью движений руки, приведены ее блок-схема и описание. Программа считывает координаты руки в каждом кадре, рассчитывает ее площадь, производит оценку полученных данных и отправляет управляющие команды на коптер, который перемещается в соответствующую сторону на заданный шаг, включая при этом определенную группу светодиодов. Вместе с этим на экране отображается симуляция перемещения дрона в двух проекциях (спереди и сверху) и отображаются относительные координаты дрона. Тестирование программного обеспечения производилось на квадрокоптере Geoscan pioneer mini. Может использоваться для учебных, демонстрационных целей, в сельском хозяйстве, спортивных соревнованиях по БПЛА, аэрофото- и видеосъемках и других сферах деятельности.

Ключевые слова: БПЛА, программное обеспечение, программа, машинное обучение, нейросеть

Для цитирования: Федоров Д.Е. Разработка программного обеспечения для бесконтактного управления БПЛА. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 106–121.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-106-121>

© Федоров Д.Е.

Development of software for contactless control of UAVs

ABSTRACT

The article is devoted to the development of a program for contactless control of a UAV using a neural network that tracks the position of an object. For these purposes, a corresponding model was trained on the ultralytics YOLOv8 neural network. The graphs of the training of this model are presented, demonstrating the change in the magnitude of the loss function over the bounding box and class, as well as the values of the mAP50-95 metric. The training was completed when the value of the mAP50-95 metric was 0.855. Software has been developed to control the UAV using hand movements, its block diagram and description are given. The program reads the coordinates of the hand in each frame, calculates its area, evaluates the received data and sends control commands to the copter, which moves in the appropriate direction for a given step, including a certain group of LEDs. At the same time, the screen displays a simulation of the drone's movement in two projections (front and top) and displays the relative coordinates of the drone. The software was tested on a Geoscan pioneer mini quadcopter. It can be used for educational, demonstration purposes, in agriculture, UAV sports competitions, aerial photography and video filming and other fields of activity.

Key words: table and incubation eggs, excitation spectrum, photoluminescence spectrum, Stokes shift, optical properties

For citation: Fedorov D.E. Development of software for contactless control of UAVs. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 106–121 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-106-121>

© Fedorov D.E.

Введение/Introduction

Большие потоки информации в сельском хозяйстве, многовариантность технологических решений, факторы неопределенности обуславливают необходимость в применении инновационных технологий, одной из которых являются нейросети. Они уже давно с успехом применяются в АПК для решения сложных задач в области распознавания объектов, кластеризации, анализа данных, прогнозирования, управления и т. д. [1]

Неплохие перспективы показывает совмещение технологий искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [2, 3].

В настоящее время ведутся разработки программного обеспечения для БПЛА с использованием нейросетей для различных отраслей промышленности. Например, одно из направлений — распознавание объектов с камеры БПЛА.

Для наглядности рассмотрим схему работы классической нейросети (рис. 1).

Классическая нейросеть состоит из нескольких слоев с нейронами: входной слой, скрытые слои и выходной слой. Нейроны соединены между собой синапсами, каждый из которых обладает своим весом W — коэффициентом значимости (рис. 2).

На входной слой подаются исходные данные. Например, в случае распознавания изображений с камеры БПЛА в качестве входных данных выступает информация о цветах каждого пикселя текущего кадра.

Нейроны обрабатывают информацию путем умножения значений входов X_i на веса W_i (рис. 2). В расчет также может добавляться смещение W_0 , при этом формула расчета выходного сигнала V будет выглядеть следующим образом [5]:

$$V = \sum_{i=1}^n X_i \times W_i + W_0, \quad (1)$$

Выходное значение нейрона V после входного слоя поступает на первый скрытый слой. Скрытые слои получают информацию от предыдущих слоев, обрабатывают ее и передают на следующие слои. Сложные нейронные сети могут иметь большое количество скрытых слоев. Как правило, это значение подбирается экспериментально и зависит от ряда факторов: типа задачи и ее сложности, количества исходных данных, архитектуры нейронной сети. Чем сложнее задача нейронной сети, тем больше скрытых слоев требуется для ее решения. Однако большое количество скрытых слоев также связано с определенными проблемами: модель слишком точно подстраивается под тренировочные данные и неспособна обобщать новые данные. В случае распознавания объектов на кадре скрытые слои могут находить определенные признаки нужных объектов. Таким образом, система понимает, что в данной области кадра большая вероятность нахождения искомого объекта [5].

После этого информация с последнего скрытого слоя передается на выходной слой, который анализирует информацию о наличии или отсутствии признаков и принимает решение о том, имеются ли искомые объекты в текущем кадре, и если да, то в каких границах они расположены [6].

В случае бесконтактного управления БПЛА нейросеть должна принимать в качестве исходных данных

Рис. 1. Схема работы нейросети¹

Fig. 1. Scheme of the neural network²

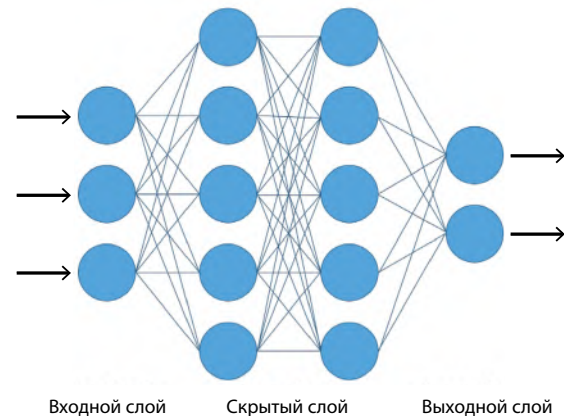
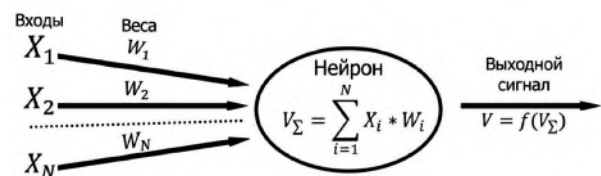


Рис. 2. Структурная схема искусственного нейрона [4]

Fig. 2. Block diagram of an artificial neuron [4]



цвета пикселей текущего кадра и пытаться обнаружить на кадре искомый объект, который будет служить ориентиром для принятия решения, в какую сторону необходимо переместить аппарат. Например, это может быть рука человека.

Для обучения нейросети используют исходные данные (датасет). В процессе обучения нейросеть меняет значения весов и сравнивает полученный результат собственного предсказания с эталонными. Далее происходит корректировка весов нейросети, и цикл повторяется снова.

В настоящее время разрабатывают системы БПЛА-нейросеть для самых различных целей: автоматической дозаправки БПЛА в воздушном пространстве без использования оператора [7], распознавания основных объектов инфраструктуры городской местности [8], прогнозирования риска вымирания лесов [9], оценки пораженных участков полей [10, 11], проведения поисково-спасательных работ², мониторинга в сельском хозяйстве [12].

Разрабатывается и ПО для управления БПЛА с помощью жестов [13]. Авторы работы [14] используют для этого не только видеокамеру, но и трехмерный сенсор Asus Xtion Pro Live, который нечувствителен к условиям освещения и размерам ладони и тела человека. Технология бесконтактного управления БПЛА установлена на дроне DJI Mavic Air (Китай). С помощью определенных жестов можно заставить данный БПЛА выполнять съемку или переходить в режим следования³.

Цель работы — разработка программного обеспечения бесконтактного управления беспилотным летательным аппаратом с использованием нейросети.

¹ <https://lpgenerator.ru/blog/chto-takoe-nejroset/>

² Борисов Е.Г., Талан А.С., Типикина К.С., Киртянова О.Н. Патент RU 2698893 A62B 99/00, B64C 39. Опубликовано 30.08.2019.

³ <https://coptermarket.by/upravlenie-zhestami-mavic-air>

**Материалы и методы исследования /
Materials and methods**

Программное обеспечение разрабатывалось в среде PyCharm, версия 2023.2.1 (правообладатель — JetBrains s. r. o., Чехия) на языке Python 3.11. Для распознавания изображений использовалась нейросеть YOLOv8 (правообладатель — Ultralytics, Испания). Для тестирования программы использовался беспилотный летательный аппарат Geoscan Pioneer mini (производитель — ГК «Геоскан», Россия) (рис. 3).

Разработка и тестирование программного обеспечения осуществлялись в ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого» в 2023 г.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для управления беспилотным летательным аппаратом было принято решение использовать нейросеть Ultralytics YOLOv8, которая бы отслеживала положение руки на изображении с камеры и в зависимости от ее координат подавала управляющие сигналы на беспилотник. Выбор данной нейросети обусловлен преимуществами по производительности и удобству использования, а также относительно высокой скоростью обучения.

Для машинного обучения и создания модели нейросети использовался датасет (база данных) с фотографиями руки при различных условиях съемки (освещенность, фон, положение руки). Количество фотографий составляло порядка 3700.

Весь датасет был поделен на три группы (табл. 1).

Обучение нейросети осуществлялось при следующих условиях: соотношение количества изображений между тренировочным, валидационным и тестовым датасетом составляло 7:3:1, максимальное количество эпох обучения — 300, размер пакета для загрузчика данных — 8. В качестве оптимизатора использовался стохастический градиентный спуск (SGD) [15].

На рисунке 4 приведены тренировочные графики, полученные при обучении нейросети.

На горизонтальной оси отложены эпохи, которые представляют собой одну итерацию в процессе обучения. В одну эпоху нейросеть обрабатывает примеры из обучающего множества, и осуществляется проверка качества обучения на контрольном множестве.

Для оценки качества обучения нейросети используют функцию потерь, которая показывает разницу между реальным результатом и предсказанным нейросетью. Чем она ниже, тем более точно обученная модель предсказывает результат.

На рисунке 4а представлен график зависимости функции потерь по ограничивающей рамке от эпох обучения. Данный график показывает, насколько рамка, созданная нейросетью и ограничивающая объект распознавания (руку), точно соответствует по положению и размерам правильному результату.

На рисунке 4б представлен график зависимости функции потерь по классу. В данном случае класс один, и данная функция показывает, насколько точно модель

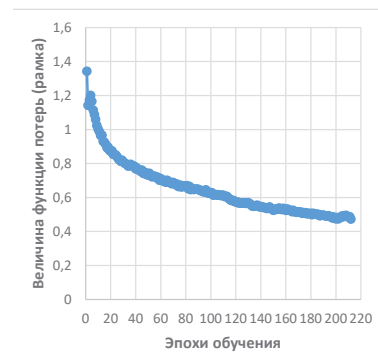
Рис. 3. БПЛА Geoscan Pioneer mini⁴

Fig. 3. UAV Geoscan Pioneer mini

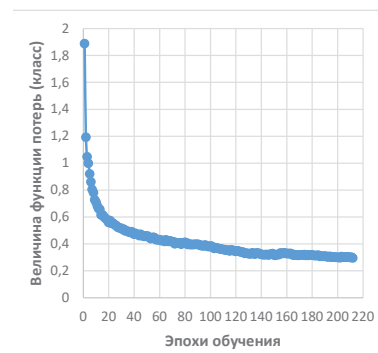


Рис. 4. Графики обучения нейросети: а — величина функции потерь по ограничивающей рамке; б — величина функции потерь по классу; в — метрика mAP50-95

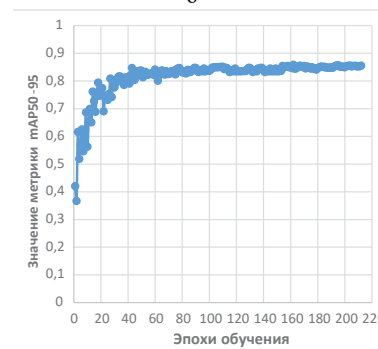
Fig. 4. Neural network training graphs: a — the value of the loss function along the bounding box; b — value of the loss function by class; c — metric mAP50-95



а



б



в

Таблица 1. Структура датасета

Table 1. Dataset structure

Тренировочный	Тестовый	Валидационный
Обучающая выборка, которая используется как исходные данные для непосредственного обучения модели и настройки параметров (весов)	Независимый от тренировочного data set, который применяется для проверки качества обучения модели	Независимый от тренировочного data set и используется при выборе лучшей модели для машинного обучения

предсказывает, есть ли на изображении рука или нет. Такой критерий качества обучения, как метрика mAP [16] (mean average precision), используется для оценки точности детектирования объектов на изображении, измеряется в диапазоне от 0 до 1. Чем она выше, тем более точно нейросеть находит нужные объекты на изображении.

Изначально максимальное количество эпох обучения было задано 300. Как показали ранее проведенные исследования, этого вполне достаточно для обучения модели. Однако в ходе обучения модели через 162 эпохи обучения значение метрики mAP50-95 практически не возрастает и колеблется в диапазоне 0,845–0,855 (рис. 4в).

По условию обучения данной нейросети если через 50 эпох обучения не наблюдается прогресса в возрастании метрики, то обучение останавливается. Таким образом, обучение было остановлено на 212-й эпохе обучения.

Из графиков (рис. 4) видно, что в течение первых 20 эпох скорость обучения наибольшая: значение метрики возрастает (от 0,42 до 0,75), а величина функции потерь по классу снижается (от 1,88 до 0,550). При дальнейшем обучении наблюдается снижение скорости изменения указанных показателей, которые по мере продвижения по эпохам обучения стремятся к 0. Количество слоев нейросети составило 168, количество подобранных параметров — 3 005 843.

Далее в среде разработки PyCharm на языке программирования Python была разработана программа для взаимодействия пользователя с БПЛА через интерфейс нейросети. На рисунке 5 представлена блок-схема данной компьютерной программы.

Вначале программы осуществляется подключение необходимых модулей: нейросети YOLOv8, библиотеки компьютерного зрения cv2, модуля времени time и библиотек, необходимых для графической симуляции и подключения к БПЛА.

Пользователь вводит исходные данные: размеры виртуального куба, ограничивающего полетное пространство БПЛА, — координаты x , y и z (в м). Также пользователь вводит шаг перемещения беспилотника. Затем происходит загрузка обученной модели, инициализация переменных, создание переменной счетчика трекера (изображения руки на кадре) и переменной триггера. Создаются окна с изображением БПЛА в двух проекциях, осуществляется подключение к беспилотнику.

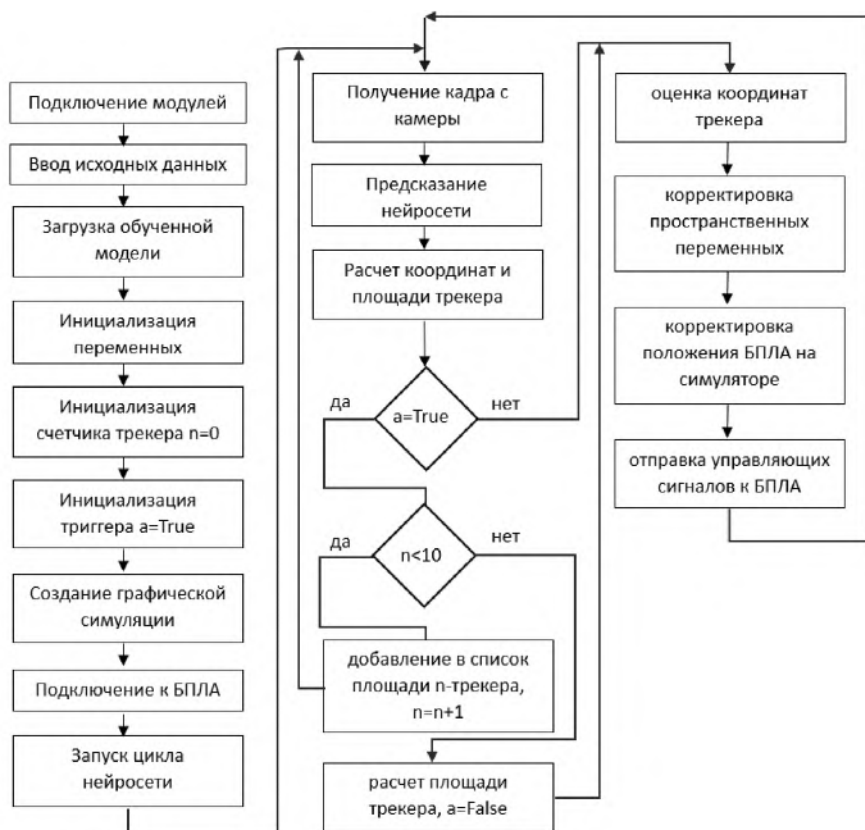
В данном случае тестирование производилось на коптере Geoscan pioneer mini, подключение которого — через WiFi-соединение.

После этого следует цикл — основная часть программы. Вначале она получает кадр с камеры. При этом можно использовать

изображение с кадра веб-камеры либо с самого БПЛА. Полученный кадр декодируется и передается в нейросеть, которая пытается найти на кадре трекер — изображение руки. Если трекер найден, то рассчитываются его площадь и координаты. После идет проверка: если триггер a активен (значение True) и общее количество обнаруженных трекеров за все предыдущие кадры меньше 10, то значение площади текущего трекера добавляется в список. Когда количество найденных трекеров за предыдущие предсказания станет равным 10, то программа рассчитывает среднее арифметическое площади трекера за все 10 предыдущих измерений.

Таким образом определяется площадь руки в среднем положении. Вместе с этим значение триггера a устанавливается False. Во всех последующих итерациях указанный блок расчета средней площади трекера будет игнорироваться. Далее производится оценка координат трекера на текущем кадре относительно ее центра и корректировка пространственных переменных, отвечающих за дальнейшее перемещение самого беспилотника и изображения БПЛА в симуляторе. При этом в программу заложена «нейтральная зона» — это определенная область вокруг осей x и y , проходящих через центр кадра, нахождение трекера в которой не приводит к изменению пространственных переменных. Другими словами, если рука по кадру находится в центральной части, то БПЛА не будет двигаться по осям x и z . В противном случае перемещение руки влево и вправо будет способствовать перемещению БПЛА по оси x в соответствующую сторону, а перемещение руки по кадру вверх и вниз — поднятию или опусканию БПЛА (перемещение по оси z).

Рис. 5. Блок-схема программы бесконтактного управления БПЛА
Fig. 5. Block diagram of the UAV contactless control program



Для того чтобы перемещать коптер вперед-назад (по оси y), используется полученное ранее значение средней площади трекера. Если пользователь перемещает руку ближе или дальше к камере, то программа, сравнивая значение текущей площади трекера со средним значением, отправляет управляющие сигналы на БПЛА для его перемещения по оси y . Таким образом, двигая рукой перед камерой, можно перемещать беспилотник по всем трем осям внутри полетной области, заданной пользователем.

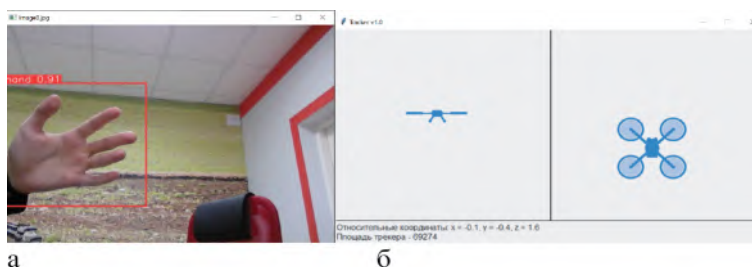
Для удобства одновременно с отправкой управляющих сигналов на беспилотник отправляются команды на мигание определенной группы светодиодов, отвечающих за то или иное направление полета.

В программе установлено ограничение на перемещение БПЛА: если он подлетает к границе установленной полетной зоны, то она перестает посылать управляющие сигналы в соответствующую сторону.

На рисунке 6 представлены рабочие окна программы. Слева приведено окно распознавания трекера в текущем кадре, справа — окно графической симуляции перемещения коптера в двух проекциях. Снизу отображаются относительные координаты БПЛА. За начало

Рис. 6. Рабочие окна разработанной программы: а — окно распознавания трекера нейросетью; б — окно графической симуляции

Fig. 6. Working windows of the developed program: a — tracker recognition window by neural network; b — graphical simulation window



отсчета координат x и y принята точка старта коптера. Начальная высота задана в 1,5 м.

Стоит отметить, что в данном программном обеспечении управляющими сигналами служили команды на перемещение коптера в локальную точку (`go_to_local_point`) с заданными значениями x , y , z и yaw (рыскание). Последний параметр отвечает за поворот коптера вокруг вертикальной оси (в данном случае он всегда был равен 0).

Другим способом перемещать коптер является отправка команд по RC-каналам. Он позволяет быстрее реагировать БПЛА на управляющие команды, однако в этом случае возникает сложность в точности позиционирования коптера.

Рис. 7. Часть кода разработанной программы

Fig. 7. Part of the developed program code

```

104 # Блок получения кадра и предсказания нейросетью
105 status, frame = video.read()
106 frame = cv2.flip(frame, 1)
107 results = model.predict(frame, show=True, conf=0.85)
108
109 # Рассчитываем координаты трекера
110 for result in results:
111     boxes = result.boxes
112     for i in boxes.data:
113         x1 = i[0].item()
114         y1 = i[1].item()
115         x2 = i[2].item()
116         y2 = i[3].item()
117         x_hand = (x1 + x2) / 2
118         y_hand = (y1 + y2) / 2
119         print(x_hand, y_hand)
120
121 # Рассчитываем площадь трекера
122 if x1 != 0:
123     if trigger_tracker:
124         square = (x2 - x1) * (y2 - y1)
125         square_hands.append(square)
126         counter_hand += 1
127 else:

```

Выводы/Conclusion

Таким образом, было разработано программное обеспечение для бесконтактного управления БПЛА с помощью движений руки. На рисунке 7 представлена часть кода программы.

Указанная система может быть адаптирована и под другие цели. Например, для того, чтобы беспилотник находил определенные объекты в процессе полета и центрировался на них, отслеживая и перемещаясь по воздуху так, чтобы объект всегда находился в центре кадра. Например, в сельском хозяйстве дрон может следить за определенной особью или группой животных, центрируя камеру и двигаясь вслед за ними.

Можно модифицировать программу, чтобы дрон работал как пастух или отпугивал диких животных. Разумеется, в этих случаях модель необходимо обучить для распознавания конкретного вида животных.

Таким образом, программное обеспечение может использоваться для учебных, демонстрационных целей, в сельском хозяйстве для мониторинга перемещения скота, в спортивных соревнованиях по БПЛА, аэрофото- и видеосъемках и других сферах деятельности.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Ториков В.Е. Нейронные сети в цифровом сельском хозяйстве. *Вестник Брянской ГСХА*. 2021; (5): 68–71. <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2021-87-5-68-71>
2. Сорокин И.А., Романов П.Н., Кондраненкова Т.Е., Ружьев В.А., Стенина Н.А., Пушкаренко Н.Н. Исследование алгоритмов перестановочного декодирования в системах управления БПЛА. *Аграрная наука*. 2022; (11): 133–140. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-133-140>
3. Кузнецов П.Н., Котельников Д.Ю., Воронин Д.Ю. Технология автоматизированного мониторинга состояния виноградника. *Аграрная наука*. 2023; (3): 109–116. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-109-116>

REFERENCES

1. Pogonyshov V.A., Pogonyshova D.A., Torikov V.E. Neural networks in digital agriculture. *Vestnik Bryansk State Agricultural Academy*. 2021; (5): 68–71 (in Russian). <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2021-87-5-68-71>
2. Sorokin I.A., Romanov P.N., Kondranenkova T.E., Ruzhev V.A., Stenina N.A., Pushkarenko N.N. Study of permutation decoding algorithms in UAV control systems. *Agrarian science*. 2022; (11): 133–140 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-133-140>
3. Kuznetsov P.N., Kotelnikov D.Yu., Voronin D.Yu. Technology of automated monitoring of the vineyard condition. *Agrarian science*. 2023; (3): 109–116 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-109-116>

4. Stesev G.I., Zhuravlev V.A. Использование нейросетей для решения задач прогнозирования, адаптированного управления и распознавания образов, применяемых в роевых БПЛА. *Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием*. СПб.: Политех-Пресс. 2019; 83–86.
https://www.elibrary.ru/mgdgwr
5. Wang C., Wang L. Artificial Neural Network and Its Application in Image Recognition. *Journal of Engineering Research and Reports*. 2023; 24(2): 50–57.
https://doi.org/10.9734/JERR/2023/v24i2802
6. Syberfeldt A., Vuolterä F. Image Processing based on Deep Neural Networks for Detecting Quality Problems in Paper Bag Production. *Procedia CIRP*. 2020; 93: 1224–1229.
https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.158
7. Калинин Д.С. Система автоматической дозаправки БПЛА на основе нейросетей с использованием технологии CUDA. *Молодежь и наука. XIX Международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов. Тезисы докладов*. М.: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». 2015; 3: 95–96.
https://www.elibrary.ru/wgqjdd
8. Михайлов В.А., Пилипенко О.Г. Распознавание основных объектов инфраструктуры городской местности при помощи БПЛА и нейросети U-Net. *IV Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта» (БТС-ИИ-2017). Труды семинара*. Казань: Центр инновационных технологий. 2017; 25–35.
https://www.elibrary.ru/mnkcif
9. Матко Е.В., Сафонова А.Н. Применение глубокого обучения для прогнозирования риска вымирания лесов от деятельности серой цапли на основе данных БПЛА. *Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы X Международной научной конференции*. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2023; 237–241.
https://www.elibrary.ru/zlyejm
10. Сыч А.С., Балык В., Поляков А.И., Карталов А.В. Применение аэрофотосъемки с применением мультиспектральной камеры в комплексе с нейросетью в сельском хозяйстве. *Chronos*. 2019; (9): 26–28.
https://www.elibrary.ru/cyelp
11. Рогачев А.Ф., Белоусов И.С. Нейросетевое выявление проблемных участков состояния посевов методами искусственного интеллекта. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022; (3): 459–466.
https://www.elibrary.ru/bjmnzy
12. Долженко В.А., Балык В., Поляков А.И., Карталов А.В. Применение мультиспектральной аэрофотосъемки в комплексе с нейросетью для автоматизации мониторинга в сельском хозяйстве. *Научное издание «XXIII научные чтения». Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова*. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2019; 10: 33–37.
https://www.elibrary.ru/yfcfbr
13. Шайдуллин М.И., Белов Н.В. Разработка системы управления беспилотным летательным аппаратом с помощью жестов. *Технологии информационного общества. Сборник трудов XVI Международной отраслевой научно-технической конференции*. М.: Медиа Паблишер. 2022; 324–326.
https://www.elibrary.ru/eozwwe
14. Нагапетян В.Э., Хачумов В.М. Распознавание жестов руки в задаче бесконтактного управления беспилотным летательным аппаратом. *Автоматрия*. 2015; 51(2): 103–109.
https://www.elibrary.ru/tszszd
15. Сеню А.А. Улучшение оценки распределенного стохастического градиентного спуска через аппроксимацию функции потерь. *Стохастическая оптимизация в информатике*. 2015; 11(1): 103–126.
https://www.elibrary.ru/ubgwob
16. Dang F., Chen D., Lu Y., Li Z. YOLOWeeds: A novel benchmark of YOLO object detectors for multi-class weed detection in cotton production systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023; 205: 107655.
https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107655
4. Stesev G.I., Zhuravlev V.A. The use of neural networks to solve forecasting problems, adapted control and pattern recognition used in swarming UAVs. *St. Petersburg State University Science Week. Materials of the scientific conference with international participation*. St. Petersburg: Polytech-Press. 2019; 83–86 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/mgdgwr
5. Wang C., Wang L. Artificial Neural Network and Its Application in Image Recognition. *Journal of Engineering Research and Reports*. 2023; 24(2): 50–57.
https://doi.org/10.9734/JERR/2023/v24i2802
6. Syberfeldt A., Vuolterä F. Image Processing based on Deep Neural Networks for Detecting Quality Problems in Paper Bag Production. *Procedia CIRP*. 2020; 93: 1224–1229.
https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.158
7. Kalintsev D.S. Automatic refueling system for UAVs based on neural networks using CUDA technology. *Youth and science. XIX International Telecommunication Conference of Young Scientists and Students. Abstracts of the reports*. Moscow: National Research Nuclear University MEPhI. 2015; 3: 95–96 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/wgqjdd
8. Mikhailov V.A., Pilipenko O.G. Recognition of main infrastructure objects in urban areas using UAVs and the U-Net neural network. *IV All-Russian Scientific and Practical Seminar "Unmanned Vehicles with Elements of Artificial Intelligence" (BTS-II-2017). Proceedings of the seminar*. Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologii. 2017: 25–35 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/mnkcif
9. Matko E.V., Safonova A.N. Applying deep learning to predict forest extinction risk from gray heron activity based on UAV data. *Regional problems of remote sensing of the Earth. Proceedings of the X International Scientific Conference*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University. 2023; 237–241 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/zlyejm
10. Sych A.S., Balyk V., Polyakov A.I., Kartalov A.V. Application of aerial photography using a multispectral camera in combination with a neural network in agriculture. *Chronos*. 2019; (9): 26–28 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/cyelp
11. Rogachev A.F., Belousov I.S. Neural network identification of problem areas of the state of crops by methods of artificial intelligence. *Proceedings of Nizhnevolskiy Agroiversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2022; (3): 459–466 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/bjmnzy
12. Dolzhenko V.A., Balyk V., Polyakov A.I., Kartalov A.V. Application of multispectral aerial photography in combination with a neural network to automate monitoring in agriculture. *High technology and innovation (XXIII scientific readings). Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 65th anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov*. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2019; 10: 33–37 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/yfcfbr
13. Shaydullin M.I., Belov N.V. Development of a control system for an unmanned aerial vehicle using gestures. *Technologies of the information society. Proceedings of the XVI International Industrial Scientific and Technical Conference*. Moscow: Media Publisher. 2022; 324–326 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/eozwwe
14. Nahapetyan V.E., Khachumov V.M. Gesture recognition in the problem of contactless control of an unmanned aerial vehicle. *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing*. 2015; 51(2): 192–197.
https://doi.org/10.3103/S8756699015020132
15. Senov A.A. Improving distributed stochastic gradient descent estimate via loss function approximation. *Stokhasticheskaya optimizatsiya v informatike*. 2015; 11(1): 103–126 (in Russian).
https://www.elibrary.ru/ubgwob
16. Dang F., Chen D., Lu Y., Li Z. YOLOWeeds: A novel benchmark of YOLO object detectors for multi-class weed detection in cotton production systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023; 205: 107655.
https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107655

ОБ АВТОРАХ**Дмитрий Евгеньевич Федоров**

кандидат технических наук
fedorov_de@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0002-8641-0662

Кузбасский государственный аграрный университет
им. В.Н. Полецовца,
ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Dmitriy Evgenievich Fedorov**

Candidate of Technical Sciences
fedorov_de@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0002-8641-0662

Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov,
5 Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

Ю.Ф. Казаков ✉
В.Н. Батманов
Ю.В. Константинов
П.В. Зайцев

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

✉ ura.kazakov@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.08.2024

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Yuri F. Kazakov ✉
Vladimir N Batmanov
Yuri V. Konstantinov
Petr V. Zaitsev

Chuvash State Agrarian University,
Cheboksary

✉ ura.kazakov@mail.ru

Received by the editorial office:
10.08.2024

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Повышение эффективности использования тракторов оснащением ведущих колес встроенным дифференциалом

РЕЗЮМЕ

Актуальность. На эффективность использования колесных мобильных агрегатов сельскохозяйственного назначения, процесса взаимодействия колесного движителя с опорной поверхностью влияют его конструкционные параметры, свойства опорной поверхности и протектора шины, соотношение вертикальной нагрузки и продольной силы. В целях снижения буксования колес предложен встроенный дифференциал с нецентральной приложением внешних нагрузок.

Методы. Для количественного и качественного описания работы колеса использованы методы аналитического, сравнительного, информационно-логического и системного анализа факторов, имеющих причинно-следственную связь с показателями работы мобильных агрегатов, колесных движителей. Анализ работы движителя проведен на положениях теории качения деформируемого колеса по деформируемой опорной поверхности. Предмет исследования — двухэтапный процесс взаимодействия поверхности и ведущего колеса в ходе разгона. Движение подрессоренной массы трактора на первом этапе происходит в пределах радиуса колеса, при этом колесо не вращается. На втором этапе движение масс трактора происходит при вращающемся колесе, колесный редуктор работает в дифференциальном режиме, предотвращая его внешнее скольжение.

Результаты. Колесный дифференциал способствует поддержанию максимальной величины коэффициента сцепления и рационального соотношения ведущего момента и момента сопротивления перекачанию. Применение встроенного дифференциала в колесных движителях является перспективным вариантом их совершенствования, способствует поддержанию высокой удельной продольной реакции, предотвращая буксование и тем самым разрушение структуры почвы. Как следствие, повышается производительность колесных мобильных агрегатов, снижается износ шин, уменьшается уплотнение почвы.

Ключевые слова: колесный трактор, ведущее колесо со встроенным дифференциалом, нецентральное приложение нагрузки и крутящего момента, удельная продольная реакция, пятно контакта, предотвращение внешнего скольжения

Для цитирования: Казаков Ю.Ф., Батманов В.Н., Константинов Ю.В., Зайцев П.В. Повышение эффективности использования тракторов оснащением ведущих колес встроенным дифференциалом. *Аграрная наука.* 2024; 378(1): 112–121.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-112-121>

©Казаков Ю.Ф., Батманов В.Н., Константинов Ю.В., Зайцев П.В.

Improving the efficiency of using tractors by equipping the drive wheels with a built-in differential

ABSTRACT

Relevance. The efficiency of the use of agricultural wheel units, the process of interaction of the wheel mover with the support surface is influenced by structural parameters, the properties of the support surface and the tire tread, the ratio of vertical load and longitudinal pushing force. In order to reduce wheel slipping, a built-in differential with an off-center application of external knobs and a driving torque is proposed

Methods. For a quantitative and qualitative description of the operation of the wheel, methods of analytical, comparative, information-logical and system analysis of factors that have a causal relationship with the performance of mobile units, wheel propellers were used. The analysis of the propeller operation was carried out by the methods of theoretical mechanics on the provisions of the theory of rolling of a deformable wheel on a deformable supporting surface. The subject of the study is a two-stage process of interaction between the surface and the drive wheel during acceleration. At the first stage, the sprung mass of the tractor moves with a stationary wheel rim within its radius. At the second stage, the movement of the tractor masses occurs with a rotating wheel, the wheel gear operates in differential mode, preventing its external slip.

Results. The wheel differential contributes to maintaining the maximum value of the friction coefficient and the rational ratio of the driving moment and the moment of resistance to rolling. The use of a built-in differential in wheel propellers is a promising option for their improvement, it helps to maintain a high specific longitudinal reaction, preventing slipping and, thereby, destruction of the soil structure. As a result, the productivity of wheeled mobile units increases, fuel consumption and tire wear decrease, soil compaction decreases.

Key words: wheeled tractor, drive wheel with built-in differential, non-central application of load and torque, specific longitudinal reaction, contact patch, external slip prevention

For citation: Kazakov Yu. F., Batmanov V.N., Konstantinov Yu.V., Zaitsev P.V. Improving the efficiency of using tractors by equipping the drive wheels with a built-in differential. *Agrarian science.* 2024; 378(1): 112–121 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-112-121>

©Kazakov Yu.F., Batmanov V.N., Konstantinov Yu.V., Zaitsev P.V.

Введение/Introduction

Увеличение производства зерновых, пропашных и технических культур — основа продовольственной безопасности страны. Это предполагает эффективное использование мобильных агрегатов в составе энергонасыщенных тракторов отечественного производства с однооперационными широкозахватными и комбинированными сельскохозяйственными машинами и орудиями. Отрицательным следствием применения тяжелых мобильных агрегатов на пахотных работах являются уплотнение почвы движителями, их буксование, дымный выхлоп двигателей в начале движения и при разгоне агрегатов [1–3]. Эффективность использования трактора во многом определяется совершенством движителей. Почвозацепами колеса в результате деформации смятия и среза существенно разрушается структура почвы. Ширина зоны уплотнения до 1,5 раз превышает ширину колесного движителя, а ее глубина — зону залегания основной массы корней сельскохозяйственных культур.

Буксование движителей сельскохозяйственных тракторов отрицательно сказывается на их тяговой характеристике и тем самым на балансе мощности и энергетическом потенциале повышения производительности. К недостаткам колесных тракторов относится ограниченная проходимость на поверхностях с невысокой несущей способностью [4, 5]. В результате повышаются погектарный расход топлива, износ шин [6].

С учетом вышеприведенного в целях снижения буксования и уплотнения почвы предложено оснащать колесные движители встроенным дифференциалом, влияющим на соотношение площадей трения и упругого скольжения в пятне контакта.

Цели исследований — повышение эффективности использования колесных мобильных агрегатов увеличением удельной касательной силы колеса со встроенным дифференциалом, анализ влияния дорожных условий, свойств шины и внешних нагрузок на сцепление в пятне контакта.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для количественного и качественного описания процесса работы колеса со встроенным дифференциалом использованы методы аналитического, сравнительного, информационно-логического и системного анализа факторов, имеющих причинно-следственную связь с качественными и энергетическими показателями работы мобильных агрегатов, их колесных движителей.

Анализ работы колеса проведен методами теоретической механики на основных положениях теории качения колеса [7]. При этом опорная поверхность и колесо приняты деформируемыми. Предметом исследования принят двухэтапный процесс взаимодействия опорной поверхности и ведущего колеса трактора со встроенным дифференциалом в ходе разгона.

В колесном планетарном редукторе сателлит 2 радиусом r_1 является ведущим и несущим, к нему приложены сила тяжести Q , продольная сила P_T (рис. 1).

Вал 3 редуктора-дифференциала 1 опирается на подшипники 4 центрирующего диска 5 радиусом r . Небольшой крутящий момент вращает ведущий сателлит по эпициклической шестерне, при этом изменяются координаты точки приложения внешней нагрузки L по горизонтали и H вертикали. Это первая фаза разгона

МЭС, она проходит при неподвижном колесе. За счет силы P_T и абсциссы, изменяющейся в пределах $0-L_2$, формируется кантующий момент переменной величины. Образуется также переменный рычажный момент за счет вертикальной нагрузки Q и ординаты, изменяющейся в диапазоне H_1-H_3 . Когда сумма кантующего и рычажного моментов и ведущего момента превысит момент сопротивления перекачиванию колеса, эпициклическая шестерня (ЭШ) начинает движение, планетарный редуктор переходит в режим дифференциальной передачи. Начинается вторая фаза разгона трактора.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Наукой и передовой практикой предложены разные решения по снижению буксования движителей энергонасыщенных тракторов, повышению их производительности, увеличению касательной силы ведущего колеса¹ [7–9]. Выделим наиболее распространенные: использование балласта; оснащение догрузителем сцепной массы; использование активных почвообрабатывающих рабочих органов — движителей; растянутый во времени процесс вступления в работу комбинированных рабочих органов — механизмов [7, 10, 11]. Совершенствование колесных движителей является важным направлением снижения буксования и повышения производительности колесных машинно-тракторных агрегатов.

На эффективность процесса взаимодействия колесного движителя с опорной поверхностью влияют конструкционные параметры движителя, свойства опорной поверхности и протектора шины, деформация шины и опорной поверхности, соотношение между вертикальной нагрузкой и продольной силой от рамы трактора к колесу.

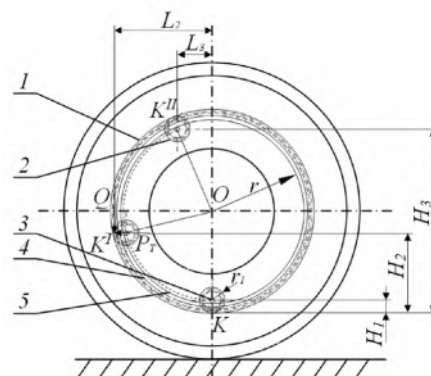
Величина касательной силы P_K , формируемой ведущим моментом на движителе, зависит от суммарной реакции опорной площади в горизонтальной плоскости R_x [7]:

$$R_x = A c_o Y_1 + P_N \varphi_o Y_2,$$

где A — площадь поверхности, по которой происходит сдвиг почвогрунта, c_o — коэффициент сцепления частиц почвогрунта между собой, P_N — нормальная суммарная нагрузка на поверхности сдвига, φ_o — коэффициент внутреннего трения почвы, Y_1 и Y_2 — передаточные функции.

Проведем анализ данного выражения. Значения c_o и φ_o зависят от физико-механических свойств

Рис. 1. Схема колеса со встроенным редуктором — дифференциалом
Fig. 1. Diagram of a wheel with a built-in gearbox — differential



¹ Kemeny Z. The Revolutionary Air Suspension Wheel <https://globalaircylinderwheels.com/> (date of the application: 05.11.2021).

почвогрунта и его влажности. Для конкретного почвогрунта они постоянны. Передаточные функции Y_1 и Y_2 определяют эффективность использования сил трения и сцепления протектора шины с почвогрунтом, их величина изменяется в пределах 0–1. Следовательно, модуль касательной силы P_k зависит от опорной площади и нормальной нагрузки на поверхность сдвига. Для повышения тягово-сцепных качеств колесных движителей и проходимости мобильной машины необходимо изыскивать возможности их увеличения.

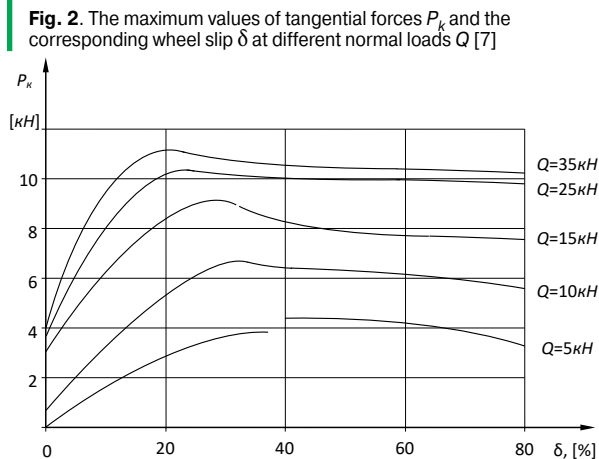
Наиболее результативно параметр A можно повысить за счет увеличения габаритных размеров движителя, деформаций его опорной части, применения искусственных уширителей. Наибольший эффект от увеличения параметра A проявляется на связных почвогрунтах и меньшей степени на супесчаных почвах. На песчаной поверхности увеличение A способствует некоторому увеличению Y_2 вследствие меньшей деформации движителя и большей площади трения. Нормальная нагрузка P_N в основном зависит от силы тяжести, приходящейся на движитель. В результате деформации опорной поверхности и движителя, изменения скоростного режима элементарные реакции в пятне контакта могут отклоняться от вертикали. Результирующую силу R_x формируют проекции элементарных реакций на горизонтальную поверхность. В зависимости от нормальной нагрузки на ведущее колесо касательное усилие P_k повышается до некоторого предельного значения, а затем падает (рис. 2).

На рисунке 2 приведены результаты экспериментальных испытаний шины 12–38'' на фоне стерни колосовых влажностью 15–18% при разной нормальной нагрузке на нее. Почва — серо-лесная [7]. Максимальные значения касательных усилий получены при буксовании $\delta = 20...30\%$. По мнению профессора В.И. Медведова, это обусловлено наступлением предела прочности почвы по деформации сдвига [7].

Анализ графиков показывает, что соотношение между вертикальной нагрузкой и касательной силой $\gamma = P_k/Q_k$ влияет на величину буксования, при которой достигается наибольшая касательная сила (рис. 2). При этом высокие значения соотношения сил соответствуют большому буксованию: буксование составляет 40–50% при $\gamma = 0,86$ (нижняя кривая на рис. 2), оно равно 20% при $\gamma = 0,32$ (верхняя кривая).

По мнению автора, качественная сторона такой закономерности обусловлена малой деформацией шины и

Рис. 2. Максимальные значения касательных усилий P_k и соответствующее им буксование колеса δ при разной нормальной нагрузке Q [7]



почвы в пятне контакта при низком давлении от невысокой нагрузки, рациональным соотношением зон скольжения и трения при фактическом отсутствии внешнего скольжения. При $\gamma = 0,86$ в пятне контакта площадь зон со сцеплением преобладает над площадями, в которых имеют место упругое скольжение и трение.

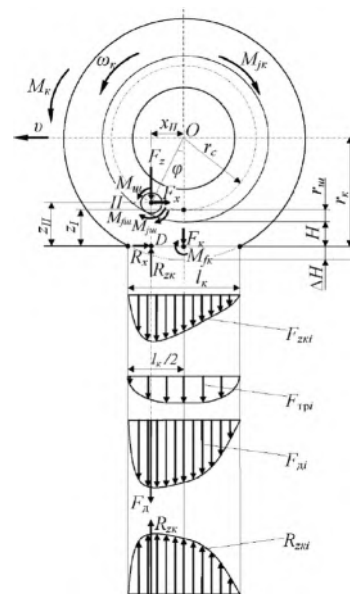
По мере возрастания нагрузки увеличивается деформация шины, роль ее боковин в формировании касательной силы. На боковинах шины более выражено упругое скольжение, соответственно, снижается площадь зоны, в которой касательная сила формируется за счет сцепления. Под беговыми дорожками около продольной плоскости симметрии шины доля площадей со сцеплением снижается, соответственно, возрастает доля площади в пятне контакта, взаимодействующей с протектором преимущественно в виде трения. Так как величина коэффициента трения меньше величины коэффициента сцепления, то и буксование, соответствующее наибольшей касательной силе, будет меньше и составляет около 20%.

Процесс взаимодействия колеса со встроенным дифференциалом с опорной поверхностью имеет ряд особенностей, которые отражаются на эпюре давления в пятне контакта [12, 13].

В связи с нецентральной приложением внешних сил, приводного момента, а также с деформацией опорной поверхности в набегающем и сбегающем секторах пятна контакта длиной l_k формируется неравномерно распределенная нагрузка F_{zki} (рис. 3).

Рис. 3. Эпюра давления колеса в фазе разгона: r_w — радиус шестерни, r_k — кинематический радиус колеса, r_c — радиус водила, ω_w — угловая скорость вращения колеса, v — поступательная скорость колеса, l_k — длина пятна контакта, H — высота профиля шины, ΔH — прогиб шины, φ — угол поворота водила, Z_1 — ордината центра шестерни в начальном положении, Z_{11} — ордината центра шестерни во втором положении, X_{11} — абсцисса центра шестерни во втором положении, F_x — горизонтальная нагрузка на шестерню, F_z — вертикальная нагрузка на шестерню, F_k — вертикальная нагрузка колеса на опорную поверхность, F_{zki} — распределенная нагрузка в пятне контакта, F_{tpi} — сила трения в элементах шины, F_{di} — распределенная сила трения и упругости шины, F_d — равнодействующая силы трения и силы упругости шины, R_{zk} — равнодействующая реакции опорной поверхности на колесо, R_{zki} — распределенная реакция опорной поверхности на колесо, M_{w} — ведущий момент шестерни, M_k — ведущий момент колеса, $M_{w\omega}$ — маховой момент инерции водила и шестерни, M_{jk} — маховой момент инерции колеса, M_{fw} — момент сопротивления перекачивания шестерни, M_{fk} — момент сопротивления перекачивания колеса

Fig. 3. Plot of wheel pressure in the acceleration phase: r_w — gear radius, r_k — kinematic radius of the wheel, r_c — carrier radius, ω_w — angular speed of wheel rotation, v — forward speed of the wheel, l_k — contact patch length, H — tire profile height, ΔH — tire deflection, φ — carrier rotation angle, Z_1 — ordinate of the gear center in the initial position, Z_{11} — ordinate of the gear center in the second position, X_{11} — abscissa of the gear center in the second position, F_x — horizontal load on the gear, F_z — vertical load on the gear, F_k — vertical load of the wheel on the supporting surface, F_{zki} — distributed load in the contact patch, F_{tpi} — friction force in tire elements, F_{di} — distributed friction force and elasticity of the tire, F_d — is the resultant of the friction force and the elastic force of the tire, R_{zk} — is the resultant reaction of the supporting surface on the wheel, R_{zki} — distributed reaction of the supporting surface to the wheel, M_w — driving moment of the gear, M_k — driving moment of the wheel, $M_{w\omega}$ — flywheel moment of inertia of the carrier and gear, M_{jk} — flywheel moment of inertia of the wheel, M_{fw} — moment of resistance of gear rolling, M_{fk} — moment of resistance to wheel rolling



Ее характер обусловлен также силами упругости шины и силами трения элементов протектора шины. Вышесказанное влияет на величину кинематического радиуса колеса r_k .

Силы упругости в средней продольной плоскости колеса пропорциональны радиальной деформации шины и зависят от ее коэффициента радиальной жесткости. При движении колеса радиальная деформация набегающих частей протектора возрастает, а на сбегающей части — уменьшается. Изменение деформации приводит к различным по величине относительным вертикальным перемещениям элементов шины, поэтому между ними возникают силы трения $F_{Тр}$, которые направлены противоположно относительным скоростям деформации шины. В набегающем секторе колеса они препятствуют увеличению радиальной деформации шины, а в сбегающем — препятствуют ее уменьшению. Следовательно, в набегающем секторе силы трения и силы упругости шины совпадают по направлению, а в сбегающем — имеют противоположные направления. Равнодействующая F_d этих сил (ввиду несимметричности суммарной эпюры) смещена в сторону поступательного движения колеса на расстояние X_{II} от поперечной плоскости симметрии колеса.

В соответствии с третьим законом Ньютона допускаем, что эпюра равнодействующей опорной поверхности R_{zk} будет ее зеркальным отражением, поэтому к центру давления на том же расстоянии X_{II} приложим вектор нормальной реакции опорной поверхности на колесо. Равнодействующая нормальных реакций $R_{zk} = -F_d = -F_z$. Нормальная реакция опорной поверхности на колесо и вектор F_d приложена в набегающем секторе шины к одной точке, называемой центром давления.

Воздействие момента M_k приводит к дополнительной окружной деформации как боковин шины, так и ее протектора. Элементы шины набегающей полуокружности подвергаются сжатию, а сбегающей — растяжению. Эта деформация суммируется с окружной деформацией от силы F_z . Элементы шины, находящиеся в контакте с опорной поверхностью, нагружаются по-разному и неравномерно: входящие с ней в контакт подвергаются сжатию, а выходящие — растяжению. Как следствие, на контактной поверхности шины формируются тангенциальные напряжения, уравниваемые силами сцепления.

Равнодействующая всех элементарных сил сцепления, действующих в пятне контакта, представляет собой касательную реакцию опорной поверхности на колесо. В общем случае она раскладывается на продольную и поперечную составляющие. Продольная составляющая при равномерном движении колеса со встроенным дифференциалом равна по модулю силе F_x , но имеет противоположное направление. С увеличением момента $M_{ш}$ на валу шестерни (следовательно, и на колесе) касательные напряжения в пятне контакта возрастают. Из-за неравномерности их распределения по контактной поверхности у отдельных элементов протектора шины касательные напряжения могут превысить силы сцепления. Элементы протектора начинают проскальзывать относительно опорной поверхности. При дальнейшем нарастании M_k все элементы шины начинают проскальзывать, наступает фаза внешнего скольжения колеса (буксование).

По сравнению с «классическим» колесом явление буксования колеса со встроенным дифференциалом предотвращается и при большем приводном моменте. Это

связано с автоматическим переходом модернизированного колесного редуктора в режим дифференциала, следствием которого является снижение передаточного числа, следовательно, и крутящего момента на ободе колеса. У колеса с дифференциалом за счет вращения шестерни по внутренним зубьям эпициклической шестерни при возрастании крутящего момента происходит увеличение горизонтальной координаты центра давления. Увеличивается асимметрия эпюры давления в пятне контакта за счет движения центра несущей ведущей шестерни в сторону поступательного движения, поэтому центр давления смещается вперед по пятну контакта. При развитых элементах протектора тракторных шин (ввиду возросшей вертикальной нагрузки на набегающий сектор пятна контакта) сдвиг комков почвы, расположенных между элементами протектора, по почвенному основанию наступит раньше, чем скольжение элементов протектора шины по опорной поверхности. Это отражается на соотношении касательной силы к вертикальной нагрузке на колесо — удельной продольной силе, развиваемой колесным двигателем.

При постоянном положении органа, управляющего подачей топлива, величина потребного момента зависит от изменения дорожного сопротивления. Если дорожное сопротивление практически не изменяется, положение центра шестерни по отношению к эпициклической шестерне, выполненной на ободе колеса, можно принять постоянным. При изменении дорожного сопротивления неизбежно изменение угловой скорости колеса. При возрастании сопротивления произойдет снижение частоты вращения колеса, а несущая ведущая шестерня продолжает движение по эпициклической шестерне. Следовательно, происходит изменение координат центра шестерни. Как следствие, изменяются касательная сила и удельная продольная реакция γR_x :

$$\gamma R_x = R_{zk} / R_x, \quad (1)$$

где: R_{zk} — вертикальная реакция опорной поверхности на колесо, формируемая от силы тяжести, приходящейся на колесо; R_x — продольная реакция опорной поверхности на колесо, направлена против вектора поступательной скорости v .

Векторы реакций R_{zk} и R_x прикладываются к центру давления — точке D (рис. 3). Величина удельной продольной реакции рассматривается в качестве показателя эффективности взаимодействия колеса с опорной поверхностью, рациональности соотношения зон трения и упругого скольжения в пятне контакта, отражающего отношение приложенных внешних нагрузок к касательной силе колеса.

Интенсивность изменения удельной продольной реакции обусловлена конструктивными параметрами r_c и $r_{ш}$ колесного дифференциала, соотношением передаточных чисел редуктора при работе в режиме дифференциала $U_{диф}$ и планетарного редуктора $U_{ред}$, момента сопроудления $M_{ш}$ перекачиванию ведущей шестерни по эпициклической шестерне маховых моментов инерции водила и шестерни $M_{ш}$, а также колеса M_{jk} , конструкцией и параметрами H шины, ее деформацией ΔH (рис. 3).

Передаточное число колесного трансформатора U_g , работающего в режиме планетарного редуктора, равно:

$$U_g = Z_{эш} / Z_{ш} = U_{ред}, \quad (2)$$

Передаточное число редуктора в дифференциальном режиме:

$$U_g = Z_{эщ}/Z_{ш} - 1 = U_{диф}, \quad (3)$$

где $Z_{эщ}$ — число зубьев эпициклической шестерни.

Из уравнений (2) и (3) следует, что с переходом трансформатора в дифференциальный режим работы передаточное число колеса уменьшается.

В колесах со встроенным дифференциалом сила тяжести F_z прилагается к центру ведущей шестерни (к одному из спутников планетарного редуктора, встроенного в колесо). Сила тяжести формирует силу трения F_T колеса с дорогой:

$$F_T = \mu F_z = U_{диф}, \quad (4)$$

где μ — коэффициент трения.

Под действием крутящего момента $M_k = M_{ш} U_{ред}$ колеса формируется касательная сила F :

$$F_T = \frac{M_k}{Z_i} = \frac{M_{ш} U_{диф}}{Z_i}, \quad (5)$$

где Z_i — текущее значение ординаты центра ведущей шестерни.

Так как колесо оснащено редуктором, в котором сила тяжести, продольная толкающая сила и приводной момент приложены не центрально, то на его ободе формируется дополнительный крутящий момент, пропорциональный приложенной силе тяжести F_z и текущей величине эксцентриситета — абсциссе центра ведущей шестерни X_i (рис. 3). Следствием этого является формирование дополнительной касательной силы, обратно пропорциональной ординате центра ведущей шестерни Z_i :

$$\Delta F = F_k \frac{X_i}{Z_i}, \quad (6)$$

При равномерном движении его величина незначительно отличается от нуля. При интенсивном разгоне будет иметь значительную величину, зависящую от дорожных условий, достигая наибольшей величины при преодолении единичных неровностей на дороге. В итоге продольная реакция колеса будет представлена двумя составляющими: постоянной F , зависящей от силы тяжести, приходящейся на колесо, переменной ΔF , пропорциональной как силе тяжести, так и абсциссе и ординате точке приложения силы тяжести:

$$YR_x = R_z/R_x = R_z/(F + \Delta F), \quad (7)$$

Положение центра ведущей шестерни зависит от величины приводного момента двигателя, от дорожных условий, передаточного числа трансмиссии и передаточного числа колесного редуктора.

На рисунке 4 представлен график изменения удельной продольной реакции ведущего колеса. Начальная часть графика OA — общая для «классического» колеса и колеса со встроенным дифференциалом. Величина $(YR_x)_{max} = \varphi_{xmax}$ отражает максимальный коэффициент продольного сцепления колеса с опорной поверхностью.

После достижения φ_{xmax} , соответствующего коэффициенту скольжения λ^* , удельная продольная реакция

снижается до величины $\varphi_{x\delta}$ при $\lambda = 1$ из-за возрастания буксования. Штриховая линия (рис. 4) отражает уменьшение удельной продольной силы ввиду возрастания коэффициента скольжения колеса (буксования).

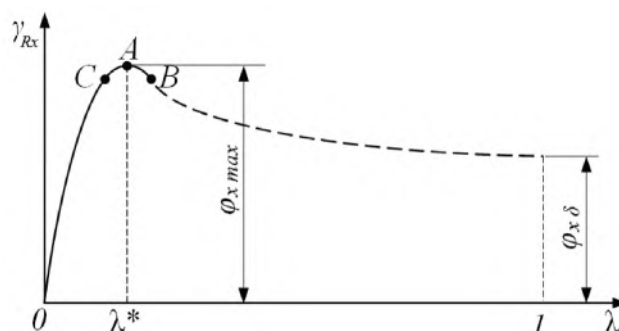
Участок графика $C - A - B$ отражает изменение удельной продольной силы колеса со встроенным дифференциалом в зависимости от изменения режима работы колесного редуктора. Снижение удельной продольной реакции прекращается в точке B . Это связано с уменьшением величины крутящего момента на ободе колеса в результате перехода редуктора в дифференциальный режим. На участке $B - A$ графика наблюдается возрастание удельной продольной силы за счет снижения в пятне контакта доли площадей трения и возрастания доли площадей, на которых имеет место упругое скольжение элементов шины. Следовательно, на основной площади пятна контакта величина коэффициента сцепления φ_x^1 остается близкой к максимальному значению (участок $C - A - B$).

Участок $O - A$ отражает изменение удельной продольной реакции YR_x при работе колесного дифференциала на первом этапе разгона, когда касательная сила практически полностью формируется сцеплением. Величина ведущего момента на ободе остается меньше величины момента трения в пятне контакта. На втором этапе (участок $A - B$) характер зависимости удельной продольной силы от изменения коэффициента скольжения колеса останется неизменным. Но интенсивность снижения удельной продольной силы будет меньше ввиду автоматического переключения колесного редуктора в режим дифференциала и последующего снижения ведущего момента на ободе колеса. Его величина становится меньше величины момента трения между колесом и пятном контакта. Повышение буксования прекратится, начинается повышение удельной продольной реакции (участок $B - A$), поэтому график на этом этапе будет совпадать с графиком изменения удельной продольной силы «классического» колеса. Это имеет место до формирования дополнительной касательной силы ΔF за счет $(P - \Delta)$ — эффекта от эксцентрично приложенной вертикальной силы F_z (рис. 3) [8]. Величина YR_x колеса с дифференциалом будет соответствовать наибольшей величине, характерной «классическому» колесу.

Формирование дополнительной касательной силы в пятне контакта за счет эксцентриситета X_{11} приводит к увеличению ведущего момента на ободе колеса при снижении ведущего момента от двигателя трактора. Кроме этого, при смещении центра спутника в условиях формирования дополнительной касательной силы изменяется эпюра давления в набегающей части пятна

Рис. 4. Зависимость удельной продольной реакции YR_x от коэффициента скольжения колеса λ

Fig. 4. Dependence of the specific longitudinal reaction YR_x on the slip coefficient of the wheel λ



контакта, способствуя возрастанию основной составляющей касательной силы. Таким образом, величина γR_x будет выше максимального значения, характерного классическому колесу. В конце первого этапа кривая удельной продольной реакции γR_x для колеса с дифференциалом может быть расположена выше участка графика, характерного для «классического» колеса.

Эти процессы находят отражение и в закономерности изменения кинематического радиуса колеса r_k (рис. 5). Отрезок прямой 1 — 2 (рис. 5) вытекает из уравнения академика Е.А. Чудакова, отражает влияние ведущего момента M_k и коэффициента окружной жесткости шины $C_{шо}$ на радиус качения колеса [7]:

$$r_k = r_{ко} - \frac{1}{C_{шо}} M_k,$$

где $r_{ко}$ — кинематический радиус колеса при $M_k = 0$.

Кривая 1 — 2 — 3 — 4 отражает изменение расстояния от мгновенного центра вращения до центра качения колеса (кинематического радиуса колеса $r_{оп}$). Точка 3 соответствует началу внешнего скольжения колеса, поэтому величина момента на ободу колеса, в этом случае формируемая только трением, снижается. В точке 4 стремится к 0 и кинематический радиус колеса $r_{оп}$.

Точки 2' и 2'' соответствуют различным значениям передаточного числа дифференциала в колесе. При малом соотношении передаточных чисел планетарного редуктора и дифференциала в точке 2' произойдет автоматическое переключение в дифференциал. Точка 2'' соответствует переключению режимов редуктора при большом соотношении передаточных чисел $U_{ред}$ и $U_{диф}$. Таким образом, точку 3, соответствующую началу внешнего скольжения (буксования) колеса, можно избежать при наличии встроенного дифференциала с рациональным передаточным отношением и величиной конструкционного параметра m :

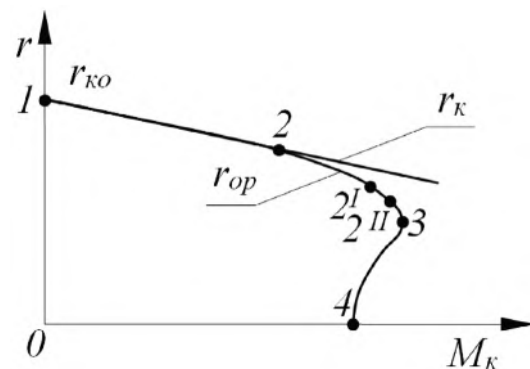
$$m = r_c / r_{ко},$$

где r_c — радиус окружности центра ведущей шестерни (водила) (рис. 3).

Следовательно, повышаются эксплуатационная скорость и производительность колесного трактора с

Рис. 5. Зависимость радиуса колеса r от величины приложенного ведущего момента M_k

Fig. 5. Dependence of the wheel radius r on the magnitude of the applied driving moment M_k



дифференциалом в колесах, способствуя снижению погектарного расхода топлива.

Выводы/Conclusions

Колесный дифференциал способствует поддержанию коэффициента сцепления, близко к максимальной возможной величине, рационального соотношения ведущего момента и момента трения на ободу колеса, площадей трения и упругого скольжения, предотвращая внешнее скольжение в пятне контакта.

Этому способствует: формированию дополнительной силы и дополнительного момента на ободу колесе без увеличения потребного от ДВС ведущего момента; опережающему перемещению точки приложения вертикальной нагрузки к несущей ведущей шестерне по сравнению со смещением центра давления в пятне контакта; автоматическому поддержанию величины момента на ободу колеса в пределах, предотвращающих внешнее скольжение, переходом колесного редуктора в дифференциальный режим.

Применение в колесных движителях встроенного дифференциала является перспективным вариантом их модернизации, способствует поддержанию высокой удельной продольной реакции в пятне контакта с почвой. В результате снижаются буксование, уплотнение почвы. Тракторы с такими колесами будут обладать высоким энергетическим потенциалом для увеличения производительности.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Шарафиев Л.З. Отечественная техника и технология ликвидации продовольственной зависимости *Вестник Курганской ГСХА*. 2020; (3): 76–80. <https://elibrary.ru/erbbmn>
2. Воросков И.В., Овчинников Д.Н. Повышение производительности почвообрабатывающего агрегата за счет полного использования тягового усилия трактора. *Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия. 2020; 4–9. <https://elibrary.ru/wlttgm>
3. Попов И.П., Чумаков В.Г., Родионов С.С. Динамика трогания составного сельскохозяйственного транспортно-технологического комплекса с упругими сцепками. *Вестник Курганской ГСХА*. 2022; (2): 53–62. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_42_53
4. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Hasanov E., Farhutdinov I. Soil compaction management: Reduce soil compaction using a chain-track tractor. *Journal of Terramechanics*. 2020; 89: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2020.02.002>

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

REFERENCES

1. Mazitov N.K., Sakhapov R.L., Sharafiev L.Z. Domestic machinery and elimination technology food dependency. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2020; (3): 76–80 (in Russian). <https://elibrary.ru/erbbmn>
2. Voroskov I.V., Ovchinnikov D.N. Increasing the productivity of the tillage unit by fully utilizing the tractor's traction force. *Engineering support in the implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. 2020; 4–9 (in Russian). <https://elibrary.ru/wlttgm>
3. Popov I.P., Chumakov V.G., Rodionov S.S. Driving dynamics of a composed agricultural transportation and technological complex with elastic hitchings. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2022; (2): 53–62 (in Russian). https://doi.org/10.52463/22274227_2022_42_53
4. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Hasanov E., Farhutdinov I. Soil compaction management: Reduce soil compaction using a chain-track tractor. *Journal of Terramechanics*. 2020; 89: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2020.02.002>

5. Valiev A., Mukhametshin I., Muhamadyarov F., Yarullin F., Pikmullin G. Theoretical substantiation of parameters of rotary subsoil loosener. *Engineering for Rural Development*. 2019; 18: 312–318. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N511>
6. Сурип Р.О., Кузнецов Е.Е., Шитов С.В. Определение тягового усилия колесного полурамного энергетического средства с установленным фронтальным прокальвателем-щелерезом в условиях движения по склону. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022; (4): 117–122. <https://elibrary.ru/elvnhv>
7. Акимов А.П., Медведев В.И., Чегулов В.В. Работа колес. Чебоксары: ЧПИ (ф) МГОУ. 2011; 168. ISBN 978-5-4246-0070-8 <https://elibrary.ru/zbwpxd>
8. Kemeny Z.A. The Physics of the Air Suspension Wheel. Wheel Rolling Assisted by Planetary Hub Action *Metals and Mining Rev. O.* June 21. The Physics of the Air Suspension Wheel Copyright ©, 2014LLC, 2015 1 of 14.
9. Gainutdinov R., Zemdikhanov M. Kinematics of the disk working body for ground development. *E3S Web of Conferences*. 2021; 274: 11006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127411006>
10. Яхин С.М., Алиакберов И.И., Вахитов А.Р. Обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы с наклонными шестигольными дисками. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022; 17(4): 106–111. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-106-111>
11. Поливаев О.И., Пилаев С.Н., Болотов Д.Б. Эффективность использования машинно-тракторных агрегатов, работающих с упругодемпфирующими приводами ведущих колес. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2021; (6): 76–81. DOI: 10.17816/0321-4443-2021-6-76-81
12. Корзов Д.Б., Акимов А.П., Медведев В.И., Егоров В.П. Имитационная модель колесного трактора с кантующим приводом задних ведущих колес на базе двухколесного велосипеда. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (2): 100–105. <https://elibrary.ru/gjqcfs>
13. Казаков Ю.Ф., Медведев В.И., Терентьев А.Г., Батманов В.Н., Павлов В.С. Работа колесного дифференциала в процессе разгона пахотного агрегата. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022; 17(1): 56–61. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-56-61>

ОБ АВТОРАХ

Юрий Федорович Казаков

доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов ura.kazakov@mail.ru orcid.org/0000-0002-3189-3759

Владимир Николаевич Батманов

кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов bvn.academi-gsxa@yandex.ru orcid.org/0000-0002-0556-9154

Юрий Валентинович Константинов

кандидат технических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий konstantinov@polytech21.ru orcid.org/0000-0002-2975-0599

Петр Владимирович Зайцев

доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства zapevl@mail.ru orcid.org/0000-0002-6139-9751

Чувашский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 29, Чебоксары, 428003, Россия

5. Valiev A., Mukhametshin I., Muhamadyarov F., Yarullin F., Pikmullin G. Theoretical substantiation of parameters of rotary subsoil loosener. *Engineering for Rural Development*. 2019; 18: 312–318. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N511>

6. Surin R.O., Kuznetsov E.E., Shchitov S.V. Determination of the traction force of a wheeled semi-frame power vehicle with a front-mounted piercing-cutter on a slope. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; (4): 117–122 (in Russian). <https://elibrary.ru/elvnhv>

7. Akimov A.P., Medvedev V.I., Chegulov V.V. Wheels operation. *Cheboksary: Cheboksary Polytechnic Institute (branch) Moscow State Open University*. 2011; 168 (in Russian). ISBN 978-5-4246-0070-8 <https://elibrary.ru/zbwpxd>

8. Kemeny Z.A. The Physics of the Air Suspension Wheel. Wheel Rolling Assisted by Planetary Hub Action *Metals and Mining Rev. O.* June 21. The Physics of the Air Suspension Wheel Copyright ©, 2014LLC, 2015 1 of 14.

9. Gainutdinov R., Zemdikhanov M. Kinematics of the disk working body for ground development. *E3S Web of Conferences*. 2021; 274: 11006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127411006>

10. Yakhin S.M., Aliakberov I.I., Vakhitov A.R. Substantiation of parameters of a rotary implement for surface treatment of soil with inclined hexagonal disc. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2022; 17(4): 106–111 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-106-111>

11. Polivaev O.I., Pilyaev S.N., Bolotov D.B. Efficiency of using machine-tractor units operating with elastic-damping drives of drive wheels. *Tractors and agricultural machines*. 2021; (6): 76–81 (in Russian). DOI: 10.17816/0321-4443-2021-6-76-81

12. Korsov D.B., Akimov A.P., Medvedev V.I., Egorov V.P. Simulated model of a wheeled tractor with turning drive of rear driving wheels on the basis of a two-wheel bike. *Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2020; (2): 100–105 (in Russian). <https://elibrary.ru/gjqcfs>

13. Kazakov Yu.F., Medvedev V.I., Terentyev A.G., Batmanov V.N., Pavlov V.S. Operation of the wheel differential during the acceleration of the arable unit. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2022; 17(1): 56–61 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-56-61>

ABOUT THE AUTHORS

Yuri Fedorovich Kazakov

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes ura.kazakov@mail.ru orcid.org/0000-0002-3189-3759

Vladimir Nikolaevich Batmanov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes bvn.academi-gsxa@yandex.ru orcid.org/0000-0002-0556-9154

Yuri Valentinovich Konstantinov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies konstantinov@polytech21.ru orcid.org/0000-0002-2975-0599

Petr Vladimirovich Zaitsev

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production zapevl@mail.ru orcid.org/0000-0002-6139-9751

Chuvash State Agrarian University, 29 K. Marks Str., Cheboksary, 428003, Russia

УДК 631.171:62-503.57

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-119-121

В.С. Тетерин ✉
Н.С. Панфёров
С.А. Пехнов
Е.В. Пестряков
А.Ю. Овчинников

Федеральный научный агроинженерный
 центр ВИМ, Москва, Россия

✉ v.s.teterin@mail.ru

Поступила в редакцию:

10.08.2024

Одобрена после рецензирования:

10.02.2024

Принята к публикации:

14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-119-121

Vladimir S. Teterin ✉
Nikolay S. Panferov
Sergey A. Pehnov
Efim V. Pestryakov
Alexey Yu. Ovchinnikov

Federal Scientific Agroengineering Center
 VIM, Moscow, Russia

✉ v.s.teterin@mail.ru

Received by the editorial office:

10.08.2024

Accepted in revised:

10.02.2024

Accepted for publication:

14.02.2024

Теоретическое исследование рабочего органа тукосмесительной установки центробежного типа

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Использование удобрений в агропромышленном комплексе является важным средством для обеспечения устойчивого развития, продовольственной и экологической безопасности. Научное применение различных типов удобрений позволяет сократить негативное воздействие на природные экосистемы, а также оптимизировать использование ресурсов и учитывать индивидуальные потребности каждого растения. Благодаря сбалансированному составу и биологической модификации хелатными комплексами тукосмеси обладают повышенной биологической эффективностью и стимулируют рост растений. При этом существует актуальная задача получения смесей, которые имеют высокую степень однородности, в связи с чем требования к тукосмесительному оборудованию очень высоки, так как конструктивно-кинематические параметры являются наиболее важными факторами, влияющими на стабильность технологического процесса смешивания и равномерность конечной смеси.

Методы. На основе проведенного анализа существующих тукосмесительных установок авторами была предложена концепция тукосмесительной установки центробежного типа с рабочим органом в виде конусной поверхности. В ходе исследований были изучены процессы, происходящие во время работы рабочего органа предлагаемого центробежного смесителя с использованием методов математического анализа, графического и математического моделирования.

Результаты. В результате исследований установлено, что наибольшее влияние на изменение абсолютной скорости гранул оказывает окружная скорость гранул, которая в значительной степени определяется частотой вращения и параметрами конической поверхности. В свою очередь, установлено, что с течением времени угол между направлением абсолютной скорости гранул удобрений и образующей конической поверхности стремится к направлению окружной скорости, при этом с ростом частоты вращения данный показатель изменяется более быстро.

Ключевые слова: минеральные удобрения, точное земледелие, тукосмеси, тукосмесительная установка, система смешивания

Для цитирования: Тетерин В.С., Панфёров Н.С., Пехнов С.А., Пестряков Е.В., Овчинников А.Ю. Теоретическое исследование рабочего органа тукосмесительной установки центробежного типа. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 119–121.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-119-121>

©Тетерин В.С., Панфёров Н.С., Пехнов С.А., Пестряков Е.В., Овчинников А.Ю.

Theoretical study of the working body of a centrifugal type mixing plant

ABSTRACT

Relevance. The use of fertilizers in the agro-industrial complex is an important means to ensure sustainable development, food and environmental security. The scientific application of various types of fertilizers can reduce the negative impact on natural ecosystems, as well as optimize the use of resources and take into account the individual needs of each plant. Due to the balanced composition and biological modification by chelate complexes, fertilizer mixture has increased biological efficiency and stimulate plant growth. At the same time, there is an urgent task of obtaining mixtures that have a high degree of uniformity. In this connection, the requirements for the mixing equipment are very high, since the structural and kinematic parameters are the most important factors affecting the stability of the mixing process and the uniformity of the final mixture.

Methods. Based on the analysis of existing mixing plants, the authors proposed the concept of a centrifugal type mixing plant with a working body in the form of a conical surface. In the course of the research, the processes occurring during the operation of the working body, the proposed centrifugal mixer, were studied using methods of mathematical analysis, graphical and mathematical modelling.

Results. As a result of the research, it was found that the greatest influence on the change in the absolute velocity of the granules is exerted by the circumferential velocity of the granules, which is largely determined by the rotation frequency and parameters of the conical surface. In turn, it was found that over time, the angle between the direction of the absolute velocity of the fertilizer granules and the forming conical surface tends to the direction of the circumferential velocity, while with increasing rotation frequency, this indicator changes more rapidly.

Key words: mineral fertilizers, precision agriculture, fertilizer mixture, fertilizer mixture plant, mixing system

For citation: Teterin V.S., Panferov N.S., Pehnov S.A., Pestryakov E.V., Ovchinnikov A.Yu. Theoretical study of the working body of a centrifugal type mixing plant. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 119–121 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-119-121>

©Teterin V.S., Panferov N.S., Pehnov S.A., Pestryakov E.V., Ovchinnikov A.Yu.

Введение/Introduction

Использование удобрений в агропромышленном комплексе является важным средством для обеспечения устойчивого развития, продовольственной и экологической безопасности. Они помогают компенсировать потери питательных веществ с урожаем и предотвращать эрозию, инфильтрацию и денитрификацию, поддерживая биологический круговорот веществ. Научное применение различных типов удобрений позволяет сократить негативное воздействие на природные экосистемы, а также оптимизировать использование ресурсов и учитывать индивидуальные потребности каждого растения [1, 2].

Несмотря на рост ассортимента и качества минеральных удобрений, фермерам по-прежнему доступны только ограниченные составы сложных удобрений с фиксированной концентрацией макроэлементов (N/P/K), что не соответствует принципам точного земледелия.

Стоит обратить внимание, что эффективное соотношение элементов питания различается для разных полей и культур, и оно существенно отличается от стандартных удобрений, таких как нитрофоска, нитроаммофоска, азофоска, в связи с чем на практике могут возникать два противоположных сценария: если некоторые элементы питания в используемых удобрениях находятся в недостаточном количестве, это приводит к снижению урожайности и качества продукции, а также выносу питательных веществ из почвы; если элементы питания представлены в большем количестве, это приводит к нестабильности агробиоценозов из-за изменения почвенной среды, снижения буферных свойств и загрязнения грунтовых вод [2, 3].

Один из наиболее эффективных способов решения этой проблемы — использование тукосмесей, то есть смесей удобрений, созданных для конкретных условий применения. Благодаря сбалансированному составу и биологической модификации хелатными комплексами эти смеси обладают повышенной биологической эффективностью и стимулируют рост растений.

При этом существует актуальная задача получения смесей, которые имеют высокую степень однородности. Это необходимо для равномерного распределения важных и ценных компонентов, которые определяют эффективность готовой продукции.

Однако на практике идеальное распределение частиц в тукосмеси не достигается из-за воздействия множества факторов, таких как физические свойства компонентов, параметры конструкции и кинематики, а также технологические факторы.

В свою очередь, для получения качественной тукосмеси необходимо использовать оборудование, соответствующее технологическим требованиям. Основная часть технических средств, используемых для получения тукосмеси, представлена смесителями сыпучих материалов [4–8]. Поэтому требования к такому оборудованию очень высоки, так как конструктивно-кинематические параметры являются наиболее важными факторами, влияющими на стабильность технологического процесса смешивания.

В настоящее время в сельском хозяйстве барабанные, шнековые и комбинированные смесители, как непрерывного, так и периодического действия, являются наиболее популярными при протравливании семян в сухом и влажном состоянии, а также при смешивании сыпучих материалов, таких как твердые минеральные удобрения [2, 9].

Производством современных тукосмесительных установок занимаются различные отечественные и зарубежные компании, в частности ГК «Мегавес» (Россия), «Сипр Групп» (Россия), European machine trading (Нидерланды), Shunxin (Китай), Maschinenfabrik Gustav Eirich (Германия), Agro CS (Чехия), Doyle Equipment Manufacturing (США). При этом производимое ими оборудование отличается между собой по различным параметрам, включая их конструкцию, компоновку оборудования, принципы работы, способы дозирования и типы смесителей. Наиболее распространенными являются установки периодического действия, которые используют массовое дозирование компонентов.

При проведении научно-исследовательских работ особое внимание уделяется разработке эффективных методов, которые помогают снизить сегрегацию смесей в процессе их производства, транспортировки и применения. Особое внимание уделяется оптимизации гранулометрического состава смешиваемых компонентов, выбору режимов тукосмешивания и установке антисегрегирующих устройств в наиболее критических точках технологических схем, таких как ячеистые делители, формирователи потока и гибкие тукопроводы для равномерного распределения тукосмесей в транспортных средствах [9].

Зарубежные производители оборудования для тукосмешивания в настоящее время акцентируют внимание на стационарных ТСУ и больше фокусируются на изменении химического состава удобрений путем изменения их рецептуры при изготовлении гранул, а не на сухом смешивании с добавлением биопрепаратов. Практически за рубежом процесс тукосмешивания эволюционировал в разработку сложных удобрений с определенным количеством необходимых питательных веществ [10–12]. Стоимость оборудования для производства таких удобрений велика и приравнивается к стоимости мини-завода.

Суммируя вышесказанное, можно говорить о том, что при проектировании тукосмесительного оборудования необходимо обращать внимание на следующее: тукосмесительная установка должна иметь возможность осуществления полного цикла производства — начиная от загрузки и дозирования необходимых компонентов и заканчивая созданием готовой тукосмеси с установленной рецептурой и упаковкой готового продукта; при производстве в конструкции тукосмесительной установки необходимо использование композитных материалов, стойких к коррозионному и механическому износу; комбинирование нескольких методов смешивания на одной линии позволит добиться высокой степени однородности; возможность осуществления модификации тукосмесей путем добавления в них жидких и порошкообразных препаратов (биостимуляторов и модификаторов, средств защиты растений, антислеживателей и др.) позволит добиться повышения эффективности применения удобрений [13–18].

Цель исследования — теоретическое обоснование режимов смешивания конусного рабочего органа тукосмесительной установки центробежного типа.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Выполнение работы осуществлялось в 2021 году на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. В ходе исследований были изучены процессы, происходящие во время выполнения операции смешивания, осуществляемой рабочим органом, выполненным в виде конуса, предлагаемого центробежного смесителя.

С этой целью применялись интегральные методы расчетов дифференциальных уравнений. Полученные результаты исчисления анализировались в программе MathCad (США). В ходе анализа оценивалось изменение скорости гранул минеральных удобрений и угла направления их абсолютной скорости при варьировании параметров начального положения гранул минеральных удобрений, коэффициента трения и частоты вращения конической поверхности.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На основе проведенного анализа существующих тукосмесительных установок авторами была предложена концепция тукосмесительной установки центробежного типа с рабочим органом в виде конусной поверхности (рис. 1).

Представленная модель тукосмесительной установки (рис. 1) состоит из трех бункеров, направляющих лотков, формирователя, вращающегося конуса, воронки, промежуточной камеры и выгрузного окна. Работает предлагаемая модель центробежного смесителя следующим образом: твердые минеральные удобрения из бункеров по направляющим лоткам через формирователь поступают на вращающийся конус, на котором они распределяются по наружной поверхности в виде тонкого слоя, при этом каждый следующий вид удобрений поступает на предыдущий слой.

Таким образом при работе тукосмесительной установки в начальный момент времени гранулы минеральных удобрений из бункеров по трубопроводам поступают на вращающуюся коническую поверхность, поправ на которую начинают движение по спиральной траектории. Проекцию движения гранул на плоскость, перпендикулярную оси вращения, можно записать как систему уравнений:

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos\phi \\ y = r \cdot \sin\phi \end{cases} \quad (1)$$

где: r — текущее расстояние от конической поверхности до оси вращения, м; ϕ — текущий угол поворота конической поверхности за время t , град.;

Движение гранул по образующей конусной поверхности будет описываться в декартовой системе координат θ, ψ с началом в точке O_1 (рис. 2). При попадании на вращающуюся конусную поверхность гранулы минеральных удобрений в начальный момент времени будут обладать исходными параметрами r, h, z и θ , которые связаны между собой и геометрическими размерами конусной поверхности следующим выражением:

$$\begin{cases} r = r_0 \left(1 - \frac{z}{h_0} \right) \\ z = h_0 \left(1 - \frac{\theta}{L_0} \right) \end{cases} \quad (2)$$

где z, θ — оси координат конусной поверхности, r_0 — максимальный радиус конусной поверхности, h_0 — высота конусной поверхности, L_0 — длина образующей конусной поверхности.

На гранулы минеральных удобрений, находящихся на вращающейся конусной поверхности, будут действовать такие силы, как центробежная сила, сила реакции опоры, сила трения и вес гранул. Спроецировав данные

Рис. 1. Общий вид центробежного смесителя: 1 — бункер, 2 — лоток направляющий, 3 — формирователь, 4 — конус вращающийся, 5 — воронка, 6 — промежуточная камера, 7 — окно выгрузное

Fig. 1. General view of the centrifugal mixer: 1 — hopper, 2 — guide tray, 3 — shaper, 4 — rotating cone, 5 — funnel, 6 — intermediate chamber, 7 — discharge window

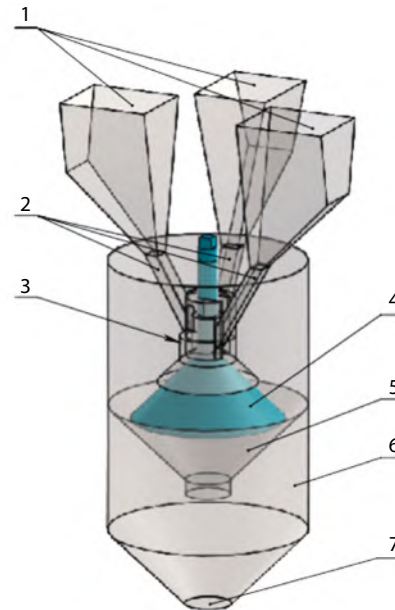
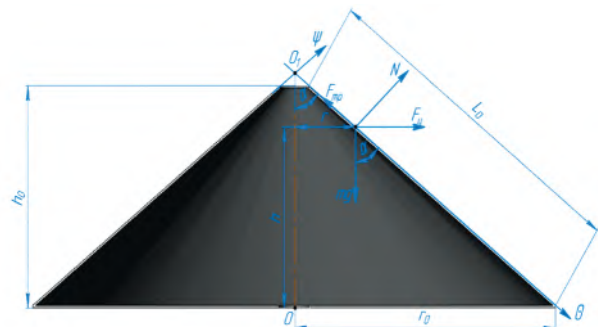


Рис. 2. Расчетная схема для описания движения гранул минеральных удобрений

Fig. 2. Calculation scheme for describing the movement of mineral fertilizer granules



силы на плоскость $\theta O_1 \psi$, определим значение силы реакции опоры по следующему выражению:

$$N + m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos\alpha - m \cdot g \cdot \sin\alpha = 0, \quad (3)$$

где: N — сила реакции опоры, Н; m — масса гранулы минеральных удобрений, кг; g — ускорение свободного падения, м/с²; α — угол наклона образующей конуса.

Таким образом, сила реакции опоры будет определяться по формуле:

$$N = m \cdot g \cdot \sin\alpha - m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos\alpha, \quad (4)$$

Угол α будет определяться исходя из параметров конусной поверхности:

$$\begin{cases} \cos\alpha = \frac{h_0}{L_0} \\ \sin\alpha = \frac{r_0}{L_0} \end{cases} \quad (5)$$

Движение гранул минеральных удобрений по конической поверхности, связанное с ее вращением в системе

координат θ $O_1\Psi$ с учетом выражений (2), (4) и (5), будет определяться следующим уравнением:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = g \cdot \frac{h_0}{L_0} + \frac{\omega^2 \cdot r_0^2}{L_0^2} \cdot \theta - f \cdot \left(g \cdot \frac{r_0}{L_0} - \frac{\omega^2 \cdot r_0 \cdot h_0}{L_0^2} \cdot \theta \right), \quad (6)$$

Для упрощения расчетов вводим следующие обозначения:

$$A = \frac{\omega^2 \cdot r_0^2}{L_0^2} \left(1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0} \right), \quad (7)$$

$$B = g \cdot \frac{h_0}{L_0} \left(1 - f \cdot \frac{r_0}{h_0} \right), \quad (8)$$

Подставив выражения (7) и (8) в выражение (6) и проинтегрировав, получим:

$$\theta(t) = \left(L_h + \frac{B}{A} \right) \cdot \text{ch}(\sqrt{A} \cdot t) - \frac{B}{A}, \quad (9)$$

С учетом выражений (2) и (8) можно найти изменение координаты высоты z при движении гранул минеральных удобрений по вращающейся конической поверхности:

$$z(t) = h_0 \left(1 - \left(\frac{L_h}{L_0} + \frac{B}{L_0 \cdot A} \right) \cdot \text{ch}(\sqrt{A} \cdot t) - \frac{B}{L_0 \cdot A} \right), \quad (10)$$

Из выражения (10) определим время движения гранул по вращающейся конической поверхности, для этого зададимся следующими условиями: $t = t_d$, $z(t_d) = 0$. Подставив данные условия в выражение (9) и преобразовав, получим:

$$t_d = \frac{1}{\sqrt{A}} \cdot \text{arcch} \left(\frac{L_0 + B/A}{L_h + B/A} \right), \quad (11)$$

Изменение скорости гранул минеральных удобрений в проекции на плоскость, перпендикулярную оси вращения на основе системы уравнений (1) и с учетом вышеизложенного, будет определяться:

$$\begin{cases} V_x = \frac{r_0}{L_0} \cdot \frac{\theta}{dt} \cdot \cos(\omega \cdot t) - \frac{r_0}{L_0} \cdot \omega \cdot \theta \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ V_y = \frac{r_0}{L_0} \cdot \frac{\theta}{dt} \cdot \sin(\omega \cdot t) + \frac{r_0}{L_0} \cdot \omega \cdot \theta \cdot \cos(\omega \cdot t) \end{cases}, \quad (12)$$

Изменение скоростей в полярной системе координат будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} V_r = \frac{r_0}{L_0} \cdot \frac{\theta}{dt} \\ V_\varphi = \frac{r_0}{L_0} \cdot \omega \cdot \theta \end{cases}, \quad (13)$$

Подставив в систему уравнений (13) выражение (9) с учетом выражений (7) и (8), окончательно получим:

$$\begin{cases} V_r = \frac{r_0}{L_0} \cdot \omega \cdot \sqrt{1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0}} \cdot \left(L_h + \frac{g \cdot h_0 \cdot L_0 \cdot (1 - f \cdot \frac{r_0}{h_0})}{\omega^2 \cdot r^2 \cdot (1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0})} \right) \cdot \text{sh} \left(\frac{r_0}{L_0} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0} \right) \cdot \omega \cdot t \right) \\ V_\varphi = \frac{r_0}{L_0} \cdot \omega \cdot \left(\left(L_h + \frac{g \cdot h_0 \cdot L_0 \cdot (1 - f \cdot \frac{r_0}{h_0})}{\omega^2 \cdot r^2 \cdot (1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0})} \right) \cdot \text{ch} \left(\frac{r_0}{L_0} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0} \right) \cdot \omega \cdot t \right) - \frac{g \cdot h_0 \cdot L_0 \cdot (1 - f \cdot \frac{r_0}{h_0})}{\omega^2 \cdot r^2 \cdot (1 + f \cdot \frac{h_0}{r_0})} \right) \end{cases}, \quad (14)$$

На основе полученной системы уравнений (14) определим изменение компонентов скорости гранул

Рис. 3. Зависимость радиальной скорости движения гранул удобрений вдоль образующей конической поверхности от времени и частоты ее вращения

Fig. 3. Dependence of the radial velocity of fertilizer granules along the forming conical surface on the time and frequency of its rotation

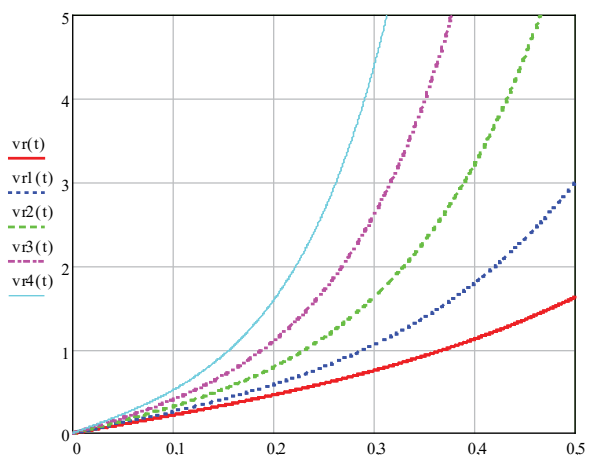
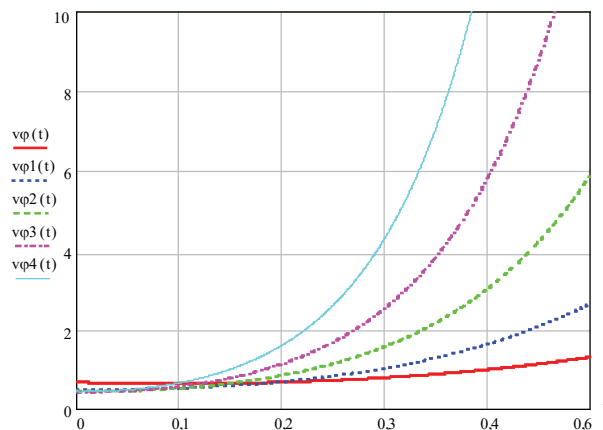


Рис. 4. Зависимость окружной скорости движения гранул удобрений по конической поверхности от времени и частоты ее вращения

Fig. 4. Dependence of the circumferential velocity of fertilizer granules on a conical surface on the time and frequency of its rotation



минеральных удобрений, движущихся по вращающейся конической поверхности, исходя из основных параметров: начальное положение гранул минеральных удобрений (L_h), геометрические параметры конической поверхности (r_0 и h_0) и частоты вращения (ω).

Анализ зависимостей производился в программе MathCad, где на основании выражения (13) были построены зависимости изменения радиальной и окружной скорости гранул минеральных удобрений (рис. 3, 4).

В качестве исходных параметров для построения зависимостей принимались следующие значения: радиус основания конической поверхности $r_0 = 0,24$ м; высота конической поверхности $h_0 = 0,168$ м; ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с²; коэффициенты трения варьировались от 0,48 до 0,66, начальное положение гранул минеральных удобрений L_h — от 0,05 до 0,09 м, частота вращения — от 20 до 60 мин⁻¹.

Анализ (рис. 3) показывает, что радиальная скорость движения гранул удобрений вдоль образующей конической поверхности в большей степени определяется частотой вращения и параметрами конической поверхности, а также временем нахождения гранулы на поверхности. В то же время изменение зоны попадания гранул удобрений на коническую поверхность в указанном диапазоне не оказывает существенного влияния на скорость.

Анализ графика показал, что наиболее значимым фактором увеличения окружной скорости являются частоты вращения и параметры конической поверхности. Изменение окружной скорости во времени нахождения на конической поверхности включает этап разгона гранулы на поверхности (движение с проскальзыванием), причем чем ниже скорость гранулы, тем меньше время этого периода.

На следующем этапе при более длительном времени нахождения на конической поверхности существенное влияние начинают оказывать частота вращения и параметры конической поверхности (текущий радиус вращения).

Для определения абсолютной скорости гранул на конической поверхности воспользовались тем, что радиальная и окружная скорости находятся перпендикулярно друг другу. Выражение для абсолютной скорости гранул запишется в следующем виде:

$$V(t) = \sqrt{V_r^2(t) + V_\phi^2(t)}, \quad (15)$$

На основании выражения (14) в программе MathCad построена зависимость изменения абсолютной скорости гранул минеральных удобрений (рис. 5).

Анализ полученной зависимости показал, что наибольшее влияние на изменение абсолютной скорости гранул оказывает окружная скорость гранулы, которая в значительной степени определяется частотой вращения и параметрами конической поверхности.

Для определения направления скорости движения гранул по конической поверхности запишем выражение, характеризующее угол схода гранул удобрений относительно образующей конуса в определенный момент времени:

$$\beta = \arcsin \left(\frac{V_r(t)}{\sqrt{V_r^2(t) + V_\phi^2(t)}} \right), \quad (16)$$

где β — угол направления абсолютной скорости гранул удобрений относительно образующей конической поверхности.

В программе MathCad построены зависимости изменения угла направления абсолютной скорости гранул удобрений от образующей конической поверхности (рис. 6).

Анализ (рис. 6) показывает, что со временем угол направления абсолютной скорости гранул удобрений относительно образующей конической поверхности стремится к направлению окружной скорости, а с увеличением частоты вращения конической поверхности направление меняется быстрее.

Выводы/Conclusion

В ходе проведения теоретических исследований установлено, что с течением времени угол между направлением абсолютной скорости гранул удобрений и образующей конической поверхности стремится к направлению окружной скорости, при этом с ростом частоты вращения данный показатель изменяется динамичнее и доходит до максимальных значений в диапазоне времени (от 0,15 до 0,2 сек.).

В свою очередь, при изменении частоты вращения конической поверхности в диапазоне от 20 до

Рис. 5. Зависимость абсолютной скорости движения гранул удобрений по конической поверхности от времени и частоты ее вращения

Fig. 5. Dependence of the absolute speed of movement of fertilizer granules on a conical surface on the time and frequency of its rotation

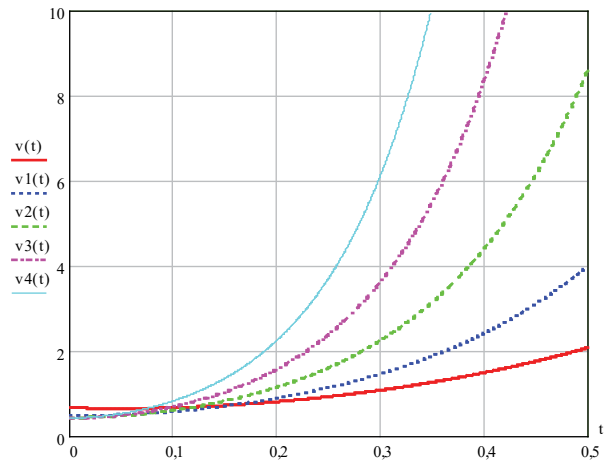
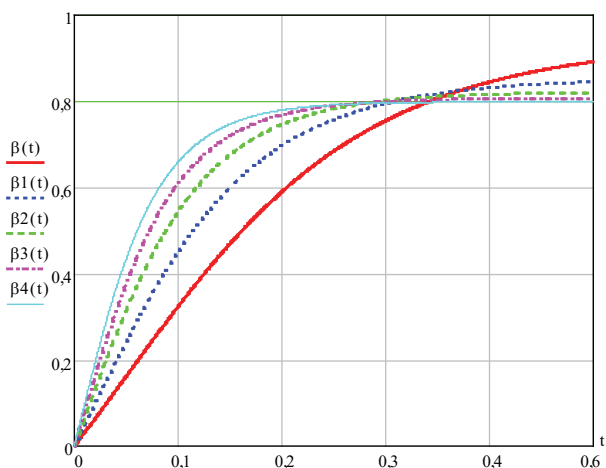


Рис. 6. Зависимость изменения угла направления абсолютной скорости гранул удобрений относительно образующей конической поверхности от времени и частоты ее вращения

Fig. 6. Dependence of the change in the direction angle of the absolute velocity of fertilizer granules relative to the forming conical surface on the time and frequency of its rotation



60 мин⁻¹ происходит рост абсолютной скорости гранул минеральных удобрений, пропорциональный изменению их окружной скорости, максимальные значения которой достигаются при коэффициенте трения 0,66.

Учитывая вышеизложенное, необходимо отметить, что для предотвращения преждевременного ссыпания удобрений с конической поверхности необходимо соблюдать баланс скоростей. В связи с тем, что значение коэффициента трения для различных типов гранулированных минеральных удобрений о стальную поверхность варьируется от 0,31 до 0,66, можно сделать вывод, что для смешивания минеральных удобрений с различными коэффициентами трения рациональные режимы работы будут при частоте вращения конической поверхности от 40 мин⁻¹, при этом осуществляя смешивание удобрений с коэффициентом трения, приближающимся к минимальному значению, частоту вращения конической поверхности следует увеличивать.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования. *Агрехимия*. 2020; (6): 3–13. <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
2. Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Благов Д.А., Панферов Н.С., Тетерин В.С. Анализ тенденций развития тукоsmесительного оборудования. *Аграрная наука*. 2023; (6): 98–110. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-98-110>
3. Дорохов А.С., Новиков Н.Н., Митрофанов С.В. Интеллектуальная технология формирования системы удобрения. *Техника и оборудование для села*. 2020; (7): 2–5. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-7-2-5>
4. Рычков В.А., Катаев А.А., Смагин А.В. Приготовление тукоsmесей в условиях хозяйств. *Техника в сельском хозяйстве*. 2010; (1): 37–38. <https://www.elibrary.ru/nordur>
5. Личман Г.И., Марченко Н.М., Елизаров В.П., Марченко А.Н. Обоснование параметров машинной технологии приготовления органо-бактериальных удобрений. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016; (1): 43–48. <https://elibrary.ru/vkzgyx>
6. Longlong R., Zhang H., Zhang S., Fan G., Li Y., Song Y. Experimental research on efficient irrigation system with mixed fertilizer in integration of water and fertilizer. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1550(4): 042004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1550/4/042004>
7. Nogalska A., Czaplа J., Skwierawska M. The effect of multi-component fertilizers on spring triticale yield, the content and uptake of macronutrients. *Journal of Elementology*. 2012; 17(1): 95–104.
8. Белоусов И.Е., Кремзин Н.М. Эффективность применения полиэлементных тукоsmесей в рисоводстве. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(8): 40–41. <https://www.elibrary.ru/wjztnl>
9. Гаибарян М.А., Сидоркин В.И., Гапеева Н.Н. Оптимизация структурного построения технологического процесса тукоsmешения и биомодификации твердых минеральных удобрений. *Техника и оборудование для села*. 2021; (10): 17–22. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-10-17-22>
10. Францкевич В.С., Высоцкая Н.А., Дворник А.П. Гранулирование сложносмесанных удобрений в барабанном грануляторе-сушилке. *Механика. Исследования и инновации*. 2021; (14): 226–233. <https://www.elibrary.ru/mnwokm>
11. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Жаворонков Н.М. Системный анализ процессов химической технологии: основы стратегии. Монография. 2-е изд. М.: Юрайт. 2018; 499. ISBN 978-5-534-06991-4 <https://www.elibrary.ru/zcyhsc>
12. Туркин В.Н., Комягин А.С. Оптимизация применения минеральных и биогизированных удобрений с использованием тукоsmесительных машин нового поколения. Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Материалы 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2017; 2: 350–354. <https://elibrary.ru/zgdrwl>
13. Панферов Н.С., Тетерин В.С., Пехнов С.А., Сухоруков Д.Г. Разработка лабораторного стенда для исследования рабочих органов распределителей удобрений центробежного типа. *Техника и оборудование для села*. 2020; (7): 26–29. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-7-26-29>
14. Панферов Н.С., Тетерин В.С., Митрофанов С.В., Благов Д.А., Пехнов С.А., Сухоруков Д.Г. Тенденции развития машин с центробежными рабочими органами для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений. *Техника и оборудование для села*. 2021; (12): 18–24. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-12-18-24>
15. Павлов В.С., Смирнов А.Г., Гордеев А.А. Коррозионная стойкость конструкционных материалов в контакте с комплексными удобрениями. *Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2021; 619–624. <https://www.elibrary.ru/uaoufl>
16. Mitrofanov S.V., Novikov N.N. Efficiency of using stimulating preparations in pre-treatment of spring barley seeds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020; 26(5): 958–965.
17. Новиков Н.Н., Рычков В.А., Тихонова О.В., Ариткин А.Г. О приготовлении модифицированных минеральных удобрений в условиях сельскохозяйственных предприятий. *Проблемы механизации агротехнического обеспечения сельского хозяйства*. 2016; (10): 185–192. <https://www.elibrary.ru/zfclz>
18. Коняев Е.Р., Костин Я.В., Акулина И.А. Научные основы получения и применения биомодифицированных минеральных удобрений. *Теоретический и практический потенциал в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства. Материалы Национальной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых*. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2021; 69–72. <https://www.elibrary.ru/myuuc>

REFERENCES

1. Sychev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agricultural Chemistry*. 2020; (6): 3–13 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
2. Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Blagov D.A., Panferov N.S., Teterin V.S. Analysis of trends in the development of fertilizer mixing equipment. *Agrarian science*. 2023; (6): 98–110 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-98-110>
3. Dorokhov A.S., Novikov N.N., Mitrofanov S.V. Intelligent fertilizer system technology. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020; (7): 2–5 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-7-2-5>
4. Rychkov V.A., Katayev A.A., Smagin A.V. Preparation of fertilizer mixtures in the conditions of economies. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2010; (1): 37–38 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nordur>
5. Lichman G.I., Marchenko N.M., Elizarov V.P., Marchenko A.N. Justification of parameters of machine technology of organo-bacterial fertilizers preparation. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2016; (1): 43–48 (in Russian). <https://elibrary.ru/vkzgyx>
6. Longlong R., Zhang H., Zhang S., Fan G., Li Y., Song Y. Experimental research on efficient irrigation system with mixed fertilizer in integration of water and fertilizer. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1550(4): 042004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1550/4/042004>
7. Nogalska A., Czaplа J., Skwierawska M. The effect of multi-component fertilizers on spring triticale yield, the content and uptake of macronutrients. *Journal of Elementology*. 2012; 17(1): 95–104.
8. Belousov I.E., Kremzin N.M. Efficiency of polyelement fertilizer mixtures in rice growing. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016; 30(8): 40–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wjztnl>
9. Gaibaryan M.A., Sidorkin V.I., Gapeeva N.N. Optimization of the structural design of the process of fertilizer mixing and biomodification of solid mineral fertilizers. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021; (10): 17–22 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-10-17-22>
10. Frantskevich V.S., Vysotskaya N.A., Dvornik A.P. Granulation of complex-mixed fertilizers in a drum granulator-dryer. *Mechanics. Researches and Innovations*. 2021; (14): 226–233 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mnwokm>
11. Kafarov V.V., Dorokhov I.N., Zhavoronkov N.M. System analysis of chemical technology processes: Processes of grinding and mixing of bulk materials: basics of strategy. Monograph. 2nd Ed. Moscow: Yurayt. 2018; 499 (in Russian). ISBN 978-5-534-06991-4 <https://www.elibrary.ru/zcyhsc>
12. Turkin V.N., Komyagin A.S. Optimization of the use of mineral and biogized fertilizers using a new generation of tukosmesitelnye machines. *Principles and technologies of greening production in agriculture, forestry and fisheries. Proceedings of the 68th International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Ecology in Russia*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2017; 2: 350–354 (in Russian). <https://elibrary.ru/zgdrwl>
13. Panferov N.S., Teterin V.S., Pekhnov S.A., Sukhorukov D.G. Development of a laboratory bench for the study of the working bodies of centrifugal fertilizer spreaders. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020; (7): 26–29 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-7-26-29>
14. Panferov N.S., Teterin V.S., Mitrofanov S.V., Blagov D.A., Pekhnov S.A., Sukhorukov D.G. Trends in the development of machines fitted with centrifugal working bodies for surface application of solid mineral fertilizers. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021; (12): 18–24 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-12-18-24>
15. Pavlov V.S., Smirnov A.G., Gordeev A.A. Corrosion resistance of construction materials in contact with complex fertilizers. *Scientific, educational and applied aspects of the production and processing of agricultural products. Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2021; 619–624 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uaoufl>
16. Mitrofanov S.V., Novikov N.N. Efficiency of using stimulating preparations in pre-treatment of spring barley seeds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020; 26(5): 958–965.
17. Novikov N.N., Rychkov V.A., Tikhonova O.V., Aritkin A.G. On the preparation of modified mineral fertilizers in conditions of agricultural enterprises. *Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaystva*. 2016; (10): 185–192 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zfclz>
18. Konyaev E.R., Kostin Ya.V., Akulina I.A. Scientific bases of obtaining and applying biomodified mineral fertilizers. *Theoretical and practical potential in agriculture, forestry and hospitality. Proceedings of the National Scientific and Practical Conference of students, undergraduates, postgraduates and young scientists*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2021; 69–72 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/myuuc>

ОБ АВТОРАХ

Владимир Сергеевич Тетерин

кандидат технических наук
старший научный сотрудник
v.s.teterin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8116-723X>

Николай Сергеевич Панферов

кандидат технических наук
старший научный сотрудник
nikolaj-panfyorov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7431-7834>

Сергей Александрович Пехнов

старший научный сотрудник
pehnov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9471-6074>

Ефим Вадимович Пестряков

научный сотрудник
unlimited-007@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7399-9906>

Алексей Юрьевич Овчинников

младший научный сотрудник
aleksovchinn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2188-1527>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir Sergeevich Teterin

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
v.s.teterin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8116-723X>

Nikolay Sergeevich Panferov

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
nikolaj-panfyorov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7431-7834>

Pekhanov Sergey Alexandrovich

Senior Researcher
pehnov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9471-6074>

Efim Vadimovich Pestryakov

Researcher
unlimited-007@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7399-9906>

Alexey Yurievich Ovchinnikov

Junior Researcher
aleksovchinn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2188-1527>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

Н. В. Попова ✉
И. В. Калинина
А. К. Васильев
К. С. Каменева

Южно-Уральский государственный
университет, Челябинск, Россия

✉ nvpopova@susu.ru

Поступила в редакцию:
01.10.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-126-129

Natalia V. Popova ✉
Irina V. Kalinina
Andrey K. Vasiliev
Ksenia S. Kameneva

South Ural State University, Chelyabinsk,
Russian Federation

✉ nvpopova@susu.ru

Received by the editorial office:
01.10.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Оценка эффективности и оптимизация процесса ферментации овсяного напитка молочнокислыми микроорганизмами

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Разработка пробиотических продуктов на безлактозной основе в последнее время привлекает внимание многих ученых. Такие продукты особенно интересны для людей с индивидуальными особенностями организма, в частности непереносимостью химических компонентов молока, либо собственными пищевыми предпочтениями. В качестве пищевой системы для получения пробиотического продукта всё чаще используют напитки на растительной основе: овсяный, рисовый, соевый миндальный и другие. Растительные напитки являются источником целого ряда нутриентов, а процессы ферментации с использованием молочнокислых микроорганизмов могут позволить обогатить их такими функциональными ингредиентами, как пробиотики.

Цели исследования — оценка возможности ферментации овсяного напитка штаммами пробиотических молочнокислых микроорганизмов и поиск оптимальных режимов этого процесса.

Методы. Ферментацию напитка безалкогольного сырья «Молоко овсяное» проводили, используя закваску Danisco Choozit MA 11 25 DCU, включающую в себя *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. Cremoris*. Эффективность процесса оценивали по накоплению биомассы, титруемой и активной кислотности, накоплению молочной кислоты, наиболее вероятному числу пробиотических микроорганизмов. Дополнительно оценили влияние функционального компонента — рутина — на активность изменения указанных показателей.

Результаты. Была установлена возможность адаптации молочнокислых бактерий в растительной среде овсяного напитка, внесение рутина способствовало активизации процесса ферментации. Прирост биомассы молочнокислых бактерий без внесения рутина составил 150%, а при внесении — 230%. Варьирование температурного фактора при ферментации напитка в течение 12–20 часов позволило установить оптимумы по накоплению молочной кислоты — 16 часов при температуре 34,7 °С. Количество пробиотических микроорганизмов в готовом напитке составило $3,8–5,2 \times 10^7$, что позволяет отнести напитки к функциональным продуктам с пробиотиками. Таким образом, результаты исследований подтверждают возможность использования растительного напитка на овсяной основе для ферментации молочнокислыми бактериями *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 23-26-10063.

Ключевые слова: пробиотический напиток, растительный напиток, молочнокислые бактерии, ферментация

Для цитирования: Попова Н.В., Калинина И.В., Васильев А.К., Каменева К.С. Оценка эффективности и оптимизация процесса ферментации овсяного напитка молочнокислыми микроорганизмами. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 126–129.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-126-129>

© Попова Н.В., Калинина И.В., Васильев А.К., Каменева К.С.

Evaluation of effectiveness and optimisation of the process of fermentation of oat drink with lactic acid microorganisms

ABSTRACT

Relevance. The development of lactose-free probiotic products has recently attracted the attention of many scientists. Such products are especially interesting for people with individual characteristics of the body, in particular intolerance to the chemical components of milk, or their own food preferences. As a food system for obtaining a probiotic product, plant-based drinks are increasingly being used: oatmeal, rice, soy almond and others. Plant-based drinks provide a range of nutrients, and fermentation processes using lactic acid microorganisms can enrich them with functional ingredients such as probiotics.

The purpose of the study is to evaluate the possibility of fermentation of oatmeal drink by strains of probiotic lactic acid microorganisms and to search for optimal modes of this process.

Methods. Fermentation of a non-alcoholic beverage from vegetable raw materials “Oat milk” was carried out using a starter culture Danisco Choozit MA 11 25 DCU, including *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. Cremoris*. The efficiency of the process was assessed by the accumulation of biomass, titratable and active acidity, lactic acid accumulation, and the most likely number of probiotic microorganisms. Additionally, the influence of the functional component — rutin — on the activity of changes in these indicators was assessed.

Results. The possibility of adaptation of lactic acid bacteria in the plant environment of an oat drink was established, the addition of rutin contributed to the activation of the fermentation process. The increase in the biomass of lactic acid bacteria without the introduction of rutin was 150%, and when applied — 230%. The variation of the temperature factor during fermentation of the drink for 12–20 hours allowed us to establish the optimum for the accumulation of lactic acid — 16 hours at a temperature of 34.7 °C. The number of probiotic microorganisms in the finished drink was $3.8–5.2 \times 10^7$, which makes it possible to classify drinks as functional products with probiotics. Thus, the research results confirm the possibility of using an oat-based vegetable drink for fermentation by lactic acid bacteria *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*. The research was carried out with the financial support of a grant from the Russian Science Foundation (RGNF) within the framework of the project 23-26-10063.

Key words: probiotic drink, plant drink, lactic acid bacteria, fermentation

For citation: Popova N.V., Kalinina I.V., Vasiliev A.K., Kameneva K.S. Evaluation of effectiveness and optimisation of the process of fermentation of oat drink with lactic acid microorganisms. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 126–129 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-126-129>

© Popova N.V., Kalinina I.V., Vasiliev A.K., Kameneva K.S.

Введение/Introduction

В развитие исследований в области технологий производства пробиотических напитков на растительной основе¹, которые привлекательны для людей с индивидуальными особенностями организма либо с собственными пищевыми предпочтениями, актуальны тенденции производства напитков на овсяной основе [1–4].

Овес, как сырьевой ингредиент для растительных напитков, характеризуется рядом преимуществ, в том числе достаточно дешев, имеет богатый химический состав, менее аллергенен по сравнению с напитками на основе сои или орехов, произрастает в регионах, где выращивание сои или орехов не может быть применимо из-за погодных и сельскохозяйственных условий. Овес богат крахмалом, белком, клетчаткой (бета-глюканами), антиоксидантами, витаминами и полезными жирами [5, 6].

Некоторые исследования показывают гипохолестеринемический эффект овсяных продуктов, приводящий к снижению уровня холестерина на 20–30% и ожидаемому общему эффекту снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний именно благодаря содержанию в овсе бета-глюкана [7, 8]. Белки овса имеют более высокое содержание лизина, который является основной лимитирующей аминокислотой в злаках. Овес содержит большое количество ненасыщенных незаменимых жирных кислот, таких как олеиновая кислота (18:1) и линолевая кислота (18:2), которые оказывают значительное влияние на качество питания [9–11].

Одним из способов уменьшить дефицит сырья, улучшить срок хранения, питательность и вкус продукта является ферментация [2, 12, 13].

Процесс ферментации вызывает некоторые биохимические изменения в пищевом матриксе, что повышает биодоступность питательных веществ, усвояемость белков, продлевает срок хранения продукта [10, 11, 14]. Благодаря ферментационным процессам можно разрабатывать функциональные пробиотические продукты питания, полезность которых для организма человека сегодня уже не вызывает сомнения [15, 16].

Пробиотики представляют собой селективные жизнеспособные микробиологические пищевые добавки, вводимые в достаточном количестве, чтобы принести пользу для здоровья человека. Эти микроорганизмы можно использовать по отдельности или в сочетании для улучшения метаболизма лактозы, профилактики инфекций кишечного тракта, повышения иммунитета, снижения содержания холестерина в сыворотке крови, синтеза витаминов, экзополисахаридов и т. д. [17, 18].

Основными источниками пробиотиков для человека долгое время являлись молоко и кисломолочные продукты^{2, 3} [19, 20]. Однако непереносимость лактозы, высокое содержание холестерина, аллергия на молочные белки и всё увеличивающееся количество вегетарианцев стали ограничивающими факторами для развития рынка молочных пробиотических продуктов.

Такая ситуация требует поиска альтернативных подходов к разработке пищевых продуктов — источников пробиотиков, в том числе на основе фруктов, овощей, круп, бобовых и т. д. [21, 22].

Цели исследования — оценка возможности ферментации овсяного напитка штаммами пробиотических молочнокислых микроорганизмов и поиск оптимальных режимов этого процесса.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В качестве растительной основы взят напиток безалкогольный из растительного сырья «Молоко овсяное» марки «Здоровое меню» (ООО «Объединение “Союзпищепром”», Россия). В составе данного продукта вода, овсяная мука, рапсовое масло, карбонат кальция, фосфат кальция, регулятор кислотности — фосфат калия, витамин В₂, соль йодированная.

В качестве пробиотической культуры использовали закваску Danisco Choozit MA 11 25 DCU (Danisco France SAS, Франция), включающую в себя *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*. *Lactococcus lactis subsp. lactis* — основной компонент любой мезофильной закваски, гомоферментативная бактерия, продуктом брожения которой является молочная кислота. Оптимальной температурой роста для него считается 28–32 °С, а максимальной — 40–42 °С. *Lactococcus lactis subsp. cremoris* обеспечивает нежный сливочный вкус готовому продукту, отвечает за образование густка сметанообразной консистенции, способного удерживать влагу [9, 23–27].

Оценку процесса ферментации осуществляли по накоплению биомассы, результатам оценки титруемой и активной кислотности, накоплению молочной кислоты в образцах пробиотических напитков, наиболее вероятно числу пробиотических микроорганизмов.

Дополнительно оценили влияние функционального компонента на активность изменения указанных показателей. В качестве функционального ингредиента использовали растительный антиоксидант — флавоноид рутин, изготовитель — Now Foods (США), источник — цветы сафоры японской, чистота — 97–99%.

Сквашивание осуществлялось согласно рекомендации изготовителя закваски (3 г/л), температурный интервал — 37–45 °С.

Количество вносимой добавки рутина рассчитывалось исходя из рекомендуемых норм его потребления на порцию продукта (100 мл) с учетом требований ГОСТ 55577⁴.

Прирост биомассы микроорганизмов оценивали с использованием пробирочного биореактора BioSan (BioSan Ltd., Латвия). Программное обеспечение биореактора BioSan выстраивает графически ферментативную кинетику процесса, основанную на определении интенсивности светорассеяния. В каждой контролируемой точке прибор фиксирует значение прироста биомассы микроорганизмов.

Титруемую кислотность определяли методом нейтрализации кислых солей, белков, свободных кислот и других кислых соединений раствором щелочи в

¹ Яковченко Н.В. Применение биопотенциала адаптогенных БАВ из растительного сырья для создания новых функциональных продуктов питания с пробиотическим эффектом для активного долголетия и здоровья. Отчет о НИР № 22-26-00288. Российский научный фонд. 2022.

² Бегунова А.В. Разработка технологии пробиотического кисломолочного продукта с *Lactobacillus reuteri* LR1. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН». 2021. EDN: TQNTTY

³ Боровик Т.Э., Скворцова В.А., Бушуева Т.В., Гусева И.М., Козлова Е.В., Тимофеева А.Г., Фисенко А.П. Специализированный продукт с пробиотиком на основе полного гидролизата сывороточных белков для питания детей с рождения. Патент на изобретение RU 2761534 С1, 09.12.2021. Заявка № 2020142972 от 25.12.2020.

⁴ ГОСТ 55577-2013 Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.

присутствии индикатора фенолфталеина, активную кислотность — методом измерения разности потенциалов между измерительным электродом и электродом сравнения, погруженными в пробу ферментированного растительного напитка.

Содержание молочной кислоты определяли спектрофотометрически (с применением спектрофотометра СФ56, Россия) по методике патента 2639245С1⁵, которая заключается в добавлении исследуемого раствора к 0,2%-ному раствору хлорида железа трехвалентного, с последующим измерением оптической плотности полученного раствора при длине волны 390 нм. Количеством концентрации молочной кислоты устанавливается по калибровочному графику.

Для установления оптимальных технологических режимов производства ферментированных (пробиотических) напитков была внедрена методика композиционного планирования, основанная на двухфакторном анализе. Температура и время ферментации были выбраны в качестве переменных, а содержание молочной кислоты — в качестве контролируемого показателя, который косвенно может свидетельствовать о полноте протекания процесса адаптации пробиотических микроорганизмов в системе растительного напитка. Были использованы три температурных режима ферментации (28 °С, 32 °С и 36 °С) в течение 12, 16 и 20 часов.

Определение и подсчет пробиотических микроорганизмов проводили по методике ГОСТ Р 56139⁶. Метод основан на высеве ряда разведений функциональных пищевых продуктов и ингредиентов, которые могли бы содержать пробиотические микроорганизмы, в определенных концентрациях в питательные среды и их культивировании при оптимальных для роста условиях, а также с последующим определением их культурально-морфологических свойств и подсчете количественного содержания в продукте. Количество пробиотических микроорганизмов выражали через единицы НВЧ (наиболее вероятное число микроорганизмов).

Морфологию микроорганизмов изучали путем светлой микроскопии фиксированного мазка, окрашенного метиленовым голубым (увеличение $\times 1500$). Дополнительно проводили оценку соответствия органолептических показателей полученного пробиотического напитка на растительной основе требованиям ГОСТ Р 70650⁷.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При благоприятном протекании процесса адаптации в растительной среде должно происходить накопление биомассы микроорганизмов. Результаты оценки данного показателя свидетельствовали о положительном протекании биотехнологического процесса возможности развития молочнокислой закваски в растительной среде (рис. 1).

Отмечается положительное влияние вносимого функционального компонента — флавона рутина — на активизацию процесса накопления биомассы, что связано с лучшей адаптацией закваски в растительной среде (рис. 2).

Рис. 1. Динамика темпа прироста биомассы закваски Danisco Choozit MA 11 25 DCU в напитке из растительного сырья «Молоко овсяное»

Fig. 1. Biomass growth rate of the starter "Danisco Choozit MA 11 25 DCU" in the drink made from plant materials "Oat milk"

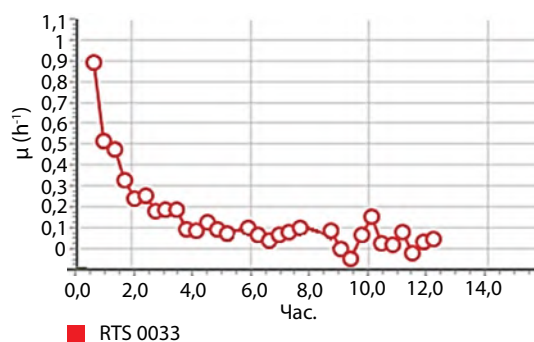
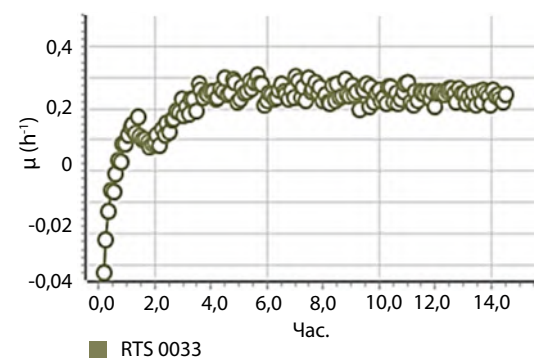


Рис. 2. Динамика темпов прироста биомассы закваски Danisco Choozit MA 11 25 DCU при добавлении рутина

Fig. 2. Biomass growth rate of the starter "Danisco Choozit MA 11 25 DCU" with the addition of rutin



Рисунки 1 и 2 демонстрируют темпы прироста биомассы микроорганизмов и указывают на то, что без добавления рутина темп прироста биомассы лактобактерий в течение первых четырех часов снижается и последующее время колеблется в диапазоне 0,05–0,2 (h⁻¹). При внесении рутина характер течения этого процесса меняется. В течение первого часа процесса ферментации происходит адаптация молочнокислых микроорганизмов к питательной среде. В последующем темп прироста биомассы колеблется в диапазоне 0,2–0,3 (h⁻¹).

В целом прирост биомассы молочнокислых бактерий без внесения рутина составил 150%, а при внесении — 230% за 12 часов ферментации. Это свидетельствует о способности закваски молочнокислых бактерий адаптироваться в растительной среде, причем внесение функционального ингредиента в расчетном количестве активизирует процесс адаптации и развития молочнокислых бактерий. Это наглядно демонстрируют результаты микроскопии образцов (рис. 3).

Анализ микроскопии с учетом атласа микроорганизмов (МУ 2.3.2.2327⁸) показывает присутствие как *Lactococcus lactis subsp. lactis*, так и *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, причем более активное развитие культуры молочнокислых микроорганизмов наблюдалось в образце с рутином. Это послужило основанием в дальнейших исследованиях использовать именно этот образец напитка.

⁵ Патент 2639245С1 РФ МПК (51) G01N 33/00 (2006.01). Дата начала отсчета срока действия патента — 02.12.2016. Способ спектрофотометрического определения молочной кислоты. Авторы: Л.Н. Борщевская, Т.Л. Гордеева, А.Н. Калинина, С.П. Синецкий. Патентообладатель — Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

⁶ ГОСТ Р 56139-2014 Продукты пищевые функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов.

⁷ ГОСТ Р 70650-2023 Напитки на растительной основе (из зерна, орехов, кокоса). Общие технические условия.

⁸ МУ 2.3.2.2327-08 Пищевые продукты и пищевые добавки. Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов).

Рис. 3. Результаты микроскопии образцов пробиотических растительных напитков (фиксированный препарат, окраска метиленовым голубым, ×1500): а — образец без рутина, б — образец с рутином

Fig. 3. Results of microscopy of samples of probiotic herbal drinks (fixed preparation, methylene blue staining, ×1500): a — sample without rutin, b — sample with rutin

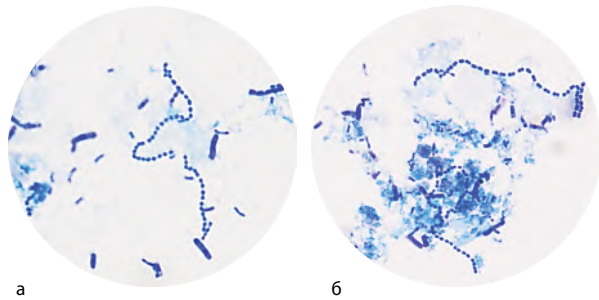
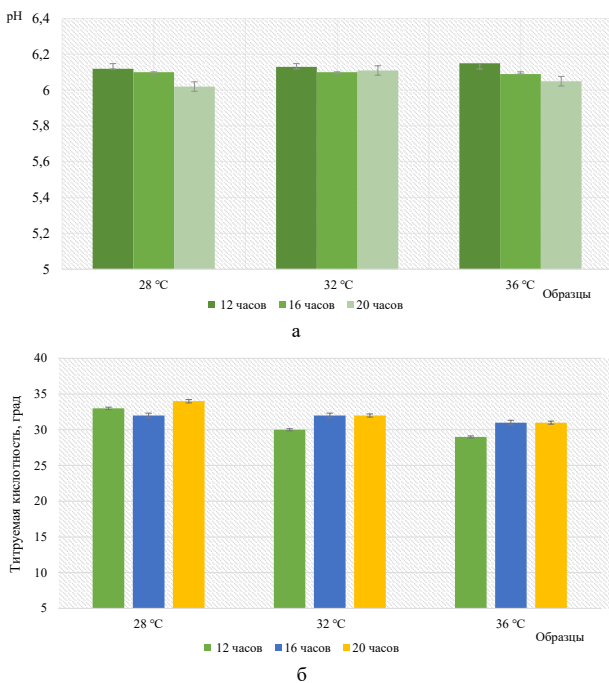


Рис. 4. Результаты определения pH и титруемой кислотности в образцах пробиотических растительных напитков, ферментированных при разных режимах: а — pH, б — титруемая кислотность

Fig. 4. Results of determining pH and titratable acidity in samples of probiotic plant drinks fermented under different conditions: а — pH, б — titratable acidity



Развитие молочнокислой микрофлоры в пищевой системе сопряжено с рядом изменений, таких как рост титруемой кислотности в результате молочнокислого брожения, снижением значений pH, в результате частичного распада белка. Интенсивность этих процессов в значительной степени зависит от режимов процесса ферментации. Авторами была предпринята попытка оценить влияние температуры и продолжительности процесса ферментации на изменение ключевых показателей — титруемой кислотности и pH (рис. 4).

Полученные значения показали, что развитие микроорганизмов используемой заквасочной культуры в системе растительного напитка происходит в целом стабильно. Выбранные режимы ферментации не вызвали резких скачков в значениях оцениваемых показателей. Вместе с тем наблюдались незначительное снижение титруемой кислотности и рост значений pH при увеличении температуры процесса до 36 °C, что может косвенно свидетельствовать о снижении уровня активности микроорганизмов.

9 ГОСТ Р 56139-2014 Продукты пищевые функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов.

Таблица 1. Результаты определения содержания молочной кислоты в образцах пробиотических напитков, ферментированных при разных режимах

Table 1. Results of the determination of lactic acid content in samples of probiotic drinks fermented under different conditions

Температурный режим, °C	Длительность процесса ферментации, час		
	12	16	20
28	$\lambda = 6,12$	$\lambda = 6,92$	$\lambda = 6,74$
32	$\lambda = 7,63$	$\lambda = 7,92$	$\lambda = 7,76$
36	$\lambda = 7,74$	$\lambda = 8,12$	$\lambda = 8,03$

Для оптимизации процесса ферментации овсяного молока молочнокислыми микроорганизмами был применен двухфакторный регрессионный анализ. Температура и время ферментации были выбраны в качестве переменных, а в качестве контролируемого показателя было выбрано содержание молочной кислоты, наиболее полно иллюстрирующего процесс адаптации пробиотических микроорганизмов в системе растительного напитка. Результаты оценки содержания молочной кислоты в напитках, ферментируемых при различных режимах, приведены в таблице 1.

В результате планирования и решения задачи оптимизации с использованием программного обеспечения MATHCAD 15.1 были получены поверхность отклика и описывающее ее уравнение, что позволило сократить количество экспериментов, необходимых для определения оптимального сочетания факторов (рис. 5).

Данные (рис. 5) свидетельствуют, что с учетом физического смысла величин рациональными условиями для создания пробиотических напитков на овсяной основе будет 16,7 часа при температуре 34,7 °C.

Для напитка, полученного с учетом установленного рационального режима, была проведена оценка количества пробиотических культур микроорганизмов по методике ГОСТ Р 56139⁹ путем определения показателя НВЧ.

Полученные результаты показали, что их количество в вырабатываемом образце напитка на растительной основе составило $3,8-5,2 \times 10^7$. Это позволяет отнести такой напиток к функциональным продуктам с пробиотиками и свидетельствует о способности микроорганизмов используемой закваски *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* адаптироваться и развиваться в растительной среде овсяного напитка.

Рис. 5. Моделирование оптимальных условий ферментации овсяного напитка молочнокислыми бактериями для максимального накопления молочной кислоты

Fig. 5. Modelling optimal conditions for the fermentation of oat drink with lactic acid bacteria for maximum accumulation of lactic acid

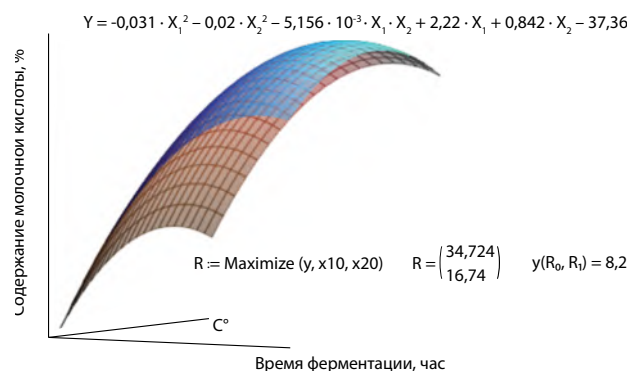


Таблица 2. Результаты органолептической оценки пробиотического напитка на овсяной основе

Table 2. Results of an organoleptic evaluation of an oat-based probiotic drink

Показатель качества	Характеристики показателей качества	
	исследуемый образец	норма по стандарту
Вкус и запах	Вкус приятно кисловатый, запах ароматный, характерный для овсяного молока	Свойственный вкусу и запаху используемого зернового сырья. Посторонние привкусы и запахи не допускаются. Допускается легкое ощущение мучности во вкусе
Цвет	Белый, с желтоватым оттенком, равномерный по всей массе	От белого до кремового с желтоватым либо зеленоватым оттенком или светло-серый в зависимости от вида зернового сырья
Консистенция и внешний вид	Непрозрачная, мутная, однородная жидкость. Без посторонних включений. Немного вязкая консистенция	Непрозрачная, мутная, однородная жидкость. Без посторонних включений. Допускается вязкая консистенция. Допускается наличие осадка, взвесей, хлопьев природного происхождения

Была проведена оценка органолептических показателей готового пробиотического растительного напитка как наиболее важных для конечного потребителя (табл. 2).

По органолептическим показателям отмечается полное соответствие стандарту. Напиток характеризуется

по внешнему виду однородностью и гомогенной структурой, без расслоений и образования осадка, цвет — приятный, со слабым желтоватым оттенком, вкус и запах — характерные для овсяного напитка, со слегка кисловатым привкусом, что свидетельствует о протекании процесса сквашивания растительного напитка молочнокислыми бактериями.

Выводы/Conclusion

Таким образом, результаты исследований подтверждают возможность использования растительного напитка на овсяной основе для ферментации молочнокислыми бактериями *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*.

В результате протекающих биотехнологических процессов происходит изменение титруемой и активной кислотности, увеличивается доля молочной кислоты, накапливается биомасса молочнокислых бактерий. Стимулирующее действие на эти процессы оказывает внесение рутин.

Количество пробиотических микроорганизмов в вырабатываемом образце напитка на растительной основе составляет $5,2 \times 10^7$, что позволяет отнести его к функциональным продуктам с пробиотиками.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

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

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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 при финансовой поддержке гранта РФФИ 23-26-10063.

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant 23-26-10063.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J. Food Sci. Technol.* 2016; 53(9): 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Yonghui Yu et al. Oat milk analogue versus traditional milk: Comprehensive evaluation of scientific evidence for processing techniques and health effects. *Food Chem X.* 2023; 19: 100859. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100859>
- Serikova A. et al. Development of technology of fermented milk drink with immune stimulating properties. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2018; 9(4): 495–500. EDN: XRWRFRR
- Temerbayeva M. et al. Development of yoghurt from combination of goat and cow milk. *Annual Research & Review in Biology.* 2018; 23(6): 1–7. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/38800>
- Кобелев К.В., Харламова Л.Н., Лазарева И.В., Синельникова М.Ю., Матвеева Д.Ю. Овес — перспективный материал для производства растительного молока. *Пищевая промышленность.* 2022; (7): 89–92. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.7.7.016>
- Синельникова М.Ю., Матвеева Д.Ю., Харламова Л.Н., Кобелев К.В. Влияние технологических режимов изготовления овсяного напитка на качество готового продукта. *Пищевая промышленность.* 2022; (12): 79–81. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.12.12.016>
- Lehtinen P., Laakso S. Role of lipid reactions in quality of oat products. *Agric. Food Sci.* 2004; 13(1–2): 88–99. <https://doi.org/10.2137/1239099041838085>
- Lyly M. et al. Influence of oat beta-glucan preparations on the preception of mouthfeel and on rheological properties in beverage prototypes. *Cereal Chemistry.* 2003; 80(5): 536–541. <https://doi.org/10.1094/cchem.2003.80.5.536>
- Lehtinen P., Kiiliäinen K., Lehtomäki I., Laakso S. Effect of heat treatment on lipid stability in processed oats. *Journal of Cereal Science.* 2003; 37(2): 215–221. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0496>
- Angelov A., Yaneva-Marinova T., Gotcheva V. Oats as a matrix of choice for developing fermented functional beverages, *J. Food Sci. Technol.* 2018; 55(7): 2351–2360. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3186-y>
- Masia C., Jensen P.E., Buldo P. Effect of lactobacillus rhamnosus on physicochemical properties of fermented plant-based raw materials. *Foods.* 2021; 10(573): 1–31. <https://doi.org/10.3390/foods10030573>
- Ahsan S. et al. Functional exploration of bioactive moieties of fermented and non-fermented soy milk with reference to nutritional attributes. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* 2020; 10(1): 145–149. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.1.145-149>

REFERENCES

- Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J. Food Sci. Technol.* 2016; 53(9): 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Yonghui Yu et al. Oat milk analogue versus traditional milk: Comprehensive evaluation of scientific evidence for processing techniques and health effects. *Food Chem X.* 2023; 19: 100859. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100859>
- Serikova A. et al. Development of technology of fermented milk drink with immune stimulating properties. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2018; 9(4): 495–500. EDN: XRWRFRR
- Temerbayeva M. et al. Development of yoghurt from combination of goat and cow milk. *Annual Research & Review in Biology.* 2018; 23(6): 1–7. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/38800>
- Kobelev K.V., Kharlamova L.N., Lazareva I.V., Sinelnikova M.Yu., Matveeva D.Yu. Oats are a promising material for the production of vegetable milk. 2022; (7): 89–92 (in Russian). <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.7.7.016>
- Sinelnikova M.Yu., Matveeva D.Yu., Kharlamova L.N., Kobelev K.V. Influence of technological regimes for the manufacture of oatmeal drink on the quality of the finished product. *Food industry.* 2018; 9(1): 291–295 (in Russian). <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.12.12.016>
- Lehtinen P., Laakso S. Role of lipid reactions in quality of oat products. *Agric. Food Sci.* 2004; 13(1–2): 88–99. <https://doi.org/10.2137/1239099041838085>
- Lyly M. et al. Influence of oat beta-glucan preparations on the preception of mouthfeel and on rheological properties in beverage prototypes. *Cereal Chemistry.* 2003; 80(5): 536–541. <https://doi.org/10.1094/cchem.2003.80.5.536>
- Lehtinen P., Kiiliäinen K., Lehtomäki I., Laakso S. Effect of heat treatment on lipid stability in processed oats. *Journal of Cereal Science.* 2003; 37(2): 215–221. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0496>
- Angelov A., Yaneva-Marinova T., Gotcheva V. Oats as a matrix of choice for developing fermented functional beverages, *J. Food Sci. Technol.* 2018; 55(7): 2351–2360. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3186-y>
- Masia C., Jensen P.E., Buldo P. Effect of lactobacillus rhamnosus on physicochemical properties of fermented plant-based raw materials. *Foods.* 2021; 10(573): 1–31. <https://doi.org/10.3390/foods10030573>
- Ahsan S. et al. Functional exploration of bioactive moieties of fermented and non-fermented soy milk with reference to nutritional attributes. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* 2020; 10(1): 145–149. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.1.145-149>

13. Temerbayeva M. *et al.* Technology of sour milk product for elderly nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(1): 291–295. EDN: XNJGKT
14. Loponen J., Laine P., Sontag-Strohm T., Salovaara H. Behaviour of oat globulins in lactic acid fermentation of oat bran. *Eur. Food Res. Technol.* 2007; 225(1): 105–110. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0387-9>
15. Gavrilova N. *et al.* Biotechnology application in production of specialized dairy products using probiotic cultures immobilization. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019; 8(6): 642–648. EDN: PYDNOH
16. Зербай Ұ.Р., Аuezова Н.С., Калемшарив Б. Әсімдік сығындысымен дайындалатын сүтқышқылды өнім алу мүмкіншілігі. *М. Қозыбаев атындағы СҚУ Хабаршысы*. 2021; 1(50): 91–96. EDN: ҰХКЛZY
17. Bocchi S. *et al.* The combined effect of fermentation of lactic acid bacteria and in vitro digestion on metabolomic and oligosaccharide profile of oat beverage. *Food Research International*. 2021; (142): 110216. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110216>
18. Kütt M.-L. *et al.* Starter culture growth dynamics and sensory properties of fermented oat drink. *Heliyon*. 2023; 9(5): e15627. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023>
19. Sidra-Tul-Muntaha *et al.* Safety assessment of milk and indigenous milk products from different areas of Faisalabad. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2020; 9(6): 1197–1203. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2020.9.6.1197-1203>
20. Smolnikova F. *et al.* Developing milk-fruit drinks for school nutrition. *Journal of Natural Remedies*. 2021; 21(9–1): 72–77. EDN: FWCSHS
21. Кенйиз Н.В., Варивода А.А., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию специализированных пищевых продуктов для геродиетического питания. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 143–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150>
22. Варивода А.А., Кенйиз Н.В., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию пищевых продуктов направленного действия для геродиетического питания. *Аграрная наука*. 2023; 369(4): 145–151. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-145-151>
23. Gobbeti M., De Angelis M., Corsetti A., Di Cagno R. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science & Technology*. 2005; 16(1–3): 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>
24. Peyer L.C., Zannini E., Arendt E.K. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages. *Trends Food Sci. Technol.* 2016; (54): 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.009>
25. Messaoudi S. *et al.* Lactobacillus salivarius: Bacteriocin and probiotic activity. *Food Microbiology*. 2013; 36(2): 296–304. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.010>
26. Luana N. *et al.* Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes fermented by selected lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2014; 185(18): 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.004>
27. Russo P. *et al.* Lactobacillus plantarum strains for multifunctional oat-based foods. *LWT-Food Science and Technology*. 2016; (68): 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.040>
13. Temerbayeva M. *et al.* Technology of sour milk product for elderly nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(1): 291–295. EDN: XNJGKT
14. Loponen J., Laine P., Sontag-Strohm T., Salovaara H. Behaviour of oat globulins in lactic acid fermentation of oat bran. *Eur. Food Res. Technol.* 2007; 225(1): 105–110. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0387-9>
15. Gavrilova N. *et al.* Biotechnology application in production of specialized dairy products using probiotic cultures immobilization. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019; 8(6): 642–648. EDN: PYDNOH
16. Zerbay U.P., Auezova N.S., Kalemshariv B. Possibility of obtaining a fermented milk product prepared with a plant extract. *Vestnik of the North Kazakhstan University named after M. Kozybayev*. 2021; 1(50): 91–96 (in Kazakh). EDN: ҰХКЛZY
17. Bocchi S. *et al.* The combined effect of fermentation of lactic acid bacteria and in vitro digestion on metabolomic and oligosaccharide profile of oat beverage. *Food Research International*. 2021; (142): 110216. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110216>
18. Kütt M.-L. *et al.* Starter culture growth dynamics and sensory properties of fermented oat drink. *Heliyon*. 2023; 9(5): e15627. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023>
19. Sidra-Tul-Muntaha *et al.* Safety assessment of milk and indigenous milk products from different areas of Faisalabad. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2020; 9(6): 1197–1203. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2020.9.6.1197-1203>
20. Smolnikova F. *et al.* Developing milk-fruit drinks for school nutrition. *Journal of Natural Remedies*. 2021; 21(9–1): 72–77. EDN: FWCSHS
21. Keniyz N.V., Varivoda A.A., Rebezov M.B. Development of scientifically based approaches to the design of specialized food products for gerodietetic nutrition. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 143–150 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150>
22. Varivoda A.A., Keniyz N.V., Rebezov M.B. Development of evidence-based approaches to the design of targeted food products for gerodietary nutrition. *Agrarian science*. 2023; (4): 145–151 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-145-151>
23. Gobbeti M., De Angelis M., Corsetti A., Di Cagno, R. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science & Technology*. 2005; 16(1–3): 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>
24. Peyer L.C., Zannini E., Arendt E.K. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages. *Trends Food Sci. Technol.* 2016; (54): 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.009>
25. Messaoudi S. *et al.* Lactobacillus salivarius: Bacteriocin and probiotic activity. *Food Microbiology*. 2013; 36(2): 296–304. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.010>
26. Luana N. *et al.* Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes fermented by selected lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2014; 185(18): 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.004>
27. Russo P. *et al.* Lactobacillus plantarum strains for multifunctional oat-based foods. *LWT-Food Science and Technology*. 2016; (68): 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.040>

ОБ АВТОРАХ**Наталья Викторовна Попова**

кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий
nvpopova@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4309-891X>

Ирина Валерьевна Калинина

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пищевых и биотехнологий
kalininaiv@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

Андрей Константинович Васильев,

сотрудник управления научной и инновационной деятельности
mbz2018vak72@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8481-7656>

Ксения Сергеевна Каменева

сотрудник управления научной и инновационной деятельности
ksyushenka.kameneva@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-8705-3222>

Южно-Уральский государственный университет,
пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Natalia Viktorovna Popova**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Food and Biotechnology
nvpopova@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4309-891X>

Irina Valerievna Kalinina

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor
of the Department of Food and Biotechnology
kalininaiv@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

Andrey Konstantinovich Vasiliev

Employee of the Department of Scientific
and Innovative Activity
mbz2018vak72@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8481-7656>

Ksenia Sergeevna Kameneva

Employee of the Department of Scientific
and Innovative Activity
ksyushenka.kameneva@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-8705-3222>

South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

УДК 338.36

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-132-150

Ю.А. Клейменова ✉

Г.Л. Баяндурян

Кубанский государственный
технологический университет,
Краснодар, Россия

✉ 20ulya1987@mail.ru

Поступила в редакцию:
27.11.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-132-150

Yulia A. Kleimenova ✉

Galina L. Bayanduryan

Kuban state technological university,
Krasnodar, Russia

✉ 20ulya1987@mail.ru

Received by the editorial office:
27.11.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Особенности развития сельскохозяйственного машиностроения в условиях современного санкционного давления

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются современное состояние рынка сельскохозяйственной техники, изменение его структуры после введения санкций. Анализируется производство основных видов сельскохозяйственной техники за 2018–2022 гг. В результате проведенного анализа авторы показали, что несмотря на увеличение доли на рынке техники отечественного производства, объемы ее производства с каждым годом снижаются. Кроме того, анализ позволил систематизировать перспективы импортозамещения в производстве сельскохозяйственной техники. Показано, что в условиях санкционного давления, необходимо решить ряд проблем, которые препятствуют развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения. Приводятся конкретные предложения, направленные на наращивание объемов производства отечественной сельскохозяйственной техники для достижения целей импортозамещения, а также обеспечения внутреннего рынка современными и высокотехнологичными видами техники и оборудования, что позволит сельхозтоваропроизводителям создавать качественную продукцию в целях обеспечения продовольственной безопасности страны.

Ключевые слова: сельскохозяйственное машиностроение, санкции, рынок, производство, импортозамещение, проблемы, направления, государственная поддержка

Для цитирования: Клейменова Ю.А., Баяндурян Г.Л. Особенности развития сельскохозяйственного машиностроения в условиях современного санкционного давления. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 132–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-132-150>

© Клейменова Ю.А., Баяндурян Г.Л.

Features of the development of agricultural engineering in the conditions of modern sanctions pressure

ABSTRACT

The article examines the current state of the agricultural machinery market and the change in its structure after the imposition of sanctions. The production of the main types of agricultural machinery for 2018–2022 is analyzed. As a result of the analysis, the authors showed that despite the increase in the share of domestic machinery in the market, its production volumes are decreasing every year. In addition, the analysis made it possible to systematize the prospects for import substitution in the production of agricultural machinery. It is shown that under the conditions of sanctions pressure, it is necessary to solve a number of problems that hinder the development of domestic agricultural engineering. Specific proposals are presented aimed at increasing the production of domestic agricultural machinery to achieve the goals of import substitution, as well as providing the domestic market with modern and high-tech types of machinery and equipment, which will allow agricultural producers to produce high-quality products in order to ensure the country's food security.

Keywords: agricultural engineering, sanctions, market, production, import substitution, problems, directions, governmental support

For citation: Kleimenova Yu.A., Bayanduryan G.L. Features of the development of agricultural engineering in the conditions of modern sanctions pressure. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 132–150 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-132-150>

© Kleimenova Yu.A., Bayanduryan G.L.

Введение/Introduction

В условиях санкционного давления на экономику России многие отрасли испытывают определенные трудности, связанные с изменением структуры рынка, торговых и посреднических связей, логистических цепочек [1, 2]. Крупнейшие мировые бренды покинули российский рынок либо существенно сократили экспорт в Россию. Эти проблемы непосредственно коснулись АПК страны в части производства сельскохозяйственной техники.

По мнению авторов, именно агропромышленный комплекс способен обеспечить продовольственную безопасность страны. Отметим, что в России наблюдается наращивание объемов производства сельскохозяйственной продукции, что подтверждается данными Министерства сельского хозяйства РФ. Так, в министерстве отмечается, что в 2022 году внутренний и внешний рынки были обеспечены зерном и растительным маслом на 185%, обеспеченность внутреннего спроса рыбой и рыбной продукцией составила 153%, мясом — 101%, сахаром — 103%, молоком — 85%¹.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что базовые показатели доктрины продовольственной безопасности были достигнуты в полном объеме, кроме молока.

Опираясь на рост показателей доктрины продовольственной безопасности², в министерстве предложили начать постепенный переход от экстенсивного механизма развития сельского хозяйства к интенсивному, то есть увеличивать не количество ресурсов, необходимых для производства и переработки сельхозпродукции, а эффективность их использования³. Однако, чтобы и дальше продолжать наращивать объемы производимой сельскохозяйственной продукции, необходимо качественно улучшить прежде всего материально-техническую базу сельского хозяйства, что возможно только в условиях применения инновационных, ресурсосберегающих и высокотехнологичных машин и оборудования.

Становится вполне очевидным, что перед отечественными производителями сельскохозяйственной техники стоит сложная задача: с одной стороны, наращивать объемы производства и расширять номенклатурный ряд производимой техники и оборудования, чтобы обеспечить внутренний спрос, с другой — производимая техника должна отвечать всем необходимым критериям качества и не уступать импортной.

Цели исследования — изучить проблемы развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения, проанализировать современное состояние рынка сельскохозяйственной техники и предложить конкретные направления увеличения объемов производства отечественной сельскохозяйственной техники для обеспечения внутреннего рынка современными и высокотехнологичными видами техники и оборудования, что позволит аграриям производить качественную продукцию в целях обеспечения продовольственной безопасности страны.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В статье использовались общенаучные методы исследования: системный анализ, аналитический, графический, экономико-статистический метод. Информационной базой исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации⁴ за 2018–2022 гг., а также официальные данные за 2018–2022 гг., доступные в открытом информационном поле: Росспецмаш⁵, Агро.ру⁶, Агроинвестор⁷.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Отметим, что до 2022 года на рынке было много импортной сельскохозяйственной техники, которая пользовалась большим спросом у сельхозтоваропроизводителей, а после ухода многих мировых лидеров структура рынка изменилась (табл. 1).

Так, по данным таблицы 1 видно, что за анализируемый период происходили изменения долей сельскохозяйственной техники отечественного производства и импортной техники на внутреннем рынке.

С 2018 по 2021 год происходило снижение доли сельскохозяйственной техники отечественного производства на внутреннем рынке. В 2022 году отмечался рост данного показателя.

Доля иностранной сельскохозяйственной техники на внутреннем рынке с 2018 по 2021 год, напротив, имела тенденцию роста. В 2022 году данный показатель снизился до 39%, что соответствует показателю 2018 года.

Несмотря на рост спроса на сельскохозяйственную технику отечественного производства, доля иностранной сельхозтехники остается высокой [4]. Это требует проведения комплексного анализа прежде всего номенклатуры производимой сельскохозяйственной техники и оборудования, чтобы попытаться в краткосрочной перспективе заполнить ту нишу, которая образовалась на рынке после ухода многих иностранных производителей.

Как отмечается в аналитическом обзоре рынка сельскохозяйственной техники, подготовленном аналитическим агентством «Агро.ру»⁹, «чтобы адаптироваться под запросы агропромышленного комплекса и занять

Таблица 1. Структура внутреннего рынка сельскохозяйственной техники в России, %

Table 1. The structure of the domestic market of agricultural machinery in Russia, %

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Рынок сельскохозяйственной техники, всего:	100	100	100	100	100
доля российской сельскохозяйственной техники на внутреннем рынке	60	54	58	51	61
доля иностранной сельскохозяйственной техники на внутреннем рынке	40	46	42	49	39

Источник: Составлено авторами на основе данных, представленных в статьях Е.П. Криничной [3] и Е. Хафизовой⁸

¹ Боровикова К., Сапожков О. Деньги земля не принимает. Коммерсантъ. 2023; (118): 1.

² Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

³ Шахова С. В России отменяют стимулирующие субсидии в АПК. <https://abnews.ru/news/2023/7/4/v-rossii-otmenyat-stimuliruyushhie-subsidii-v-akp> (дата обращения: 23.07.2023).

⁴ Официальный сайт Службы государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/>

⁵ Официальный сайт Росспецмаша. <https://rosspetsmash.ru>

⁶ Сетевое издание Агро.ру. <https://agro.ru/>

⁷ Официальный сайт журнала «Агроинвестор». <https://www.agroinvestor.ru/>

⁸ Хафизова Е. Динамика производства и отгрузок на внутренний рынок российской сельхозтехники в 2022 году. <https://spec-technika.ru/2023/02/dinamika-proizvodstva-i-otgruzok-na-vnutrennij-rynok-rossijskoj-selhoztehniki-v-2022-godu/> (дата обращения: 23.07.2023).

⁹ Аналитический обзор рынка сельхозтехники. <https://agroru.com/news/analiticheskij-obzor-rynka-selhoztehniki-11355.htm> (дата обращения: 23.07.2023).

освободившуюся нишу, потребуется время. Сельхозтоваропроизводители будут вынуждены использовать запасы техники, материалов и запасных частей, что в конечном итоге может привести к дополнительному росту цен на отдельные виды сельскохозяйственной техники и оборудования»¹⁰.

Отметим, что внутреннюю потребность в сельскохозяйственной технике на рынке обеспечивают порядка 60 предприятий¹¹.

По состоянию на 2021 год крупнейшими производителями сельскохозяйственной техники были следующие компании: ООО «КЗ «Ростсельмаш», АО «Петербургский тракторный завод», ООО «МИГ «КТЗ», ЗАО СП «Брянсксельмаш», ООО «Джон Дир Русь», АО «Клевер», АО «Евро-техника», ООО «Пегас-Агро», ООО «Воронежсельмаш» и др.¹¹.

В таблице 2 представлена динамика производства основных видов сельскохозяйственной техники в России.

Таблица 2. Производство основных видов сельскохозяйственной техники

Table 2. Production of the main types of agricultural machinery

Вид техники	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Абсолютное отклонение 2022 г. от 2018 г.	Темп роста 2022 г. к 2018 г., %
Зерноуборочные комбайны	4,60	4,80	5,40	7,00	4,70	0,10	102,17
Бороны	нет данных	4,30	5,20	6,80	6,20	-	-
Сеялки	8,90	8,60	12,00	6,80	6,20	-2,70	69,66
Тракторы сельскохозяйственные	7,10	5,50	7,20	6,30	6,20	-0,90	87,32
Косилки	5,70	5,60	8,90	2,40	2,90	-2,80	50,88
Пресс-подборщики	3,30	3,30	3,40	2,30	1,70	-1,60	51,52
Машины для внесения удобрений	0,50	0,97	1,50	0,70	0,80	0,30	160,0

Источник: Составлено авторами на основе данных Росстата¹² и данных, представленных в статье Е. Хафизовой¹³

Как видно из таблицы 2, количество произведенной сельскохозяйственной техники имело тенденцию снижения практически по всем представленным видам, кроме зерноуборочных комбайнов и машин для внесения удобрений.

Так, можно отметить, что в 2022 году по отношению к 2018-му существенно снизилось производство косилок — на 49,12%, пресс-подборщиков — на 48,48%, сеялок — на 30,34%. Однако в стоимостном выражении объем производства сельскохозяйственной техники в России составил 218 млрд руб., что на 46% больше, чем за 2020 г.¹⁴. При этом ряд экспертов отмечают, что в 2022 году объем производства сельскохозяйственной техники составил 250,6 млрд руб., что на 15,1% больше

показателя 2021 г.¹⁴. Очевидно, что увеличение объемов производства в денежном выражении было связано с ростом цен на машины и оборудование отечественного производства.

Стоит обратить внимание на то, что с 2018 по 2021 г. наблюдался рост производства некоторых видов сельскохозяйственной техники не только в денежном, но и в натуральном выражении.

Основным драйвером роста объемов производства сельскохозяйственной техники по-прежнему является механизм государственной поддержки производителей сельскохозяйственной техники в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 1432¹⁵, а также стимулирование аграриев приобретать технику отечественного производства через механизм Росагролизинга¹⁶ и льготного кредитования¹⁷.

Как было отмечено ранее, санкции могут стать одним из стимулов для увеличения объемов производства сельскохозяйственной техники отечественными производителями в целях удовлетворения потребностей не только внутреннего рынка, но и наращивания экспортного потенциала.

Импортная сельскохозяйственная техника по-прежнему находится в приоритете у многих российских аграриев по ряду причин. Поскольку некоторые виды сельскохозяйственной техники в России вообще не производятся либо производятся в количестве, не позволяющем удовлетворить внутренний спрос [5]. Авторами систематизированы на этой основе перспективы импортозамещения в производстве сельскохозяйственной техники (табл. 3).

Как видно, наблюдается крайне низкая обеспеченность сельхозтоваропроизводителей следующими

Таблица 3. Систематизация перспектив импортозамещения в производстве сельскохозяйственной техники

Table 3. Systematization of the prospects for import substitution in production agricultural machinery

Лидирующие позиции российских производителей	Производство в РФ в ограниченном количестве или отсутствует
Зерноуборочные комбайны	Свекло- и картофелеуборочные комбайны
Тракторы мощностью более 300 л. с.	Тракторы тягового класса 1,4 и 2
Почвообрабатывающая и посевная техника	Оборудование для точного земледелия
Элеваторное и зерноочистительное оборудование	Техника для садоводства, виноградарства и льноводства
	Оборудование для полива и орошения
Техника для кормозаготовки (косилки, пресс-подборщики и др.)	Большинство сегментов оборудования для животноводства (в том числе для беспривязного содержания)
	Телескопические погрузчики
	Компонентная база

Источник: Составлено авторами¹⁸

¹⁰ Аналитический обзор рынка сельхозтехники. <https://agroru.com/news/analiticheskij-obzor-rynka-selhoztehnik-11355.htm> (дата обращения: 23.07.2023).

¹¹ Обзор рынка сельскохозяйственной техники: тренды и структура. <https://marketing.rbc.ru/articles/13354/> (дата обращения: 23.07.2023).

¹² Сельское хозяйство в России. М.: Статистический сборник / Росстат. 2021; 100.

¹³ Хафизова Е. Динамика производства и отгрузок на внутренний рынок российской сельхозтехники в 2022 году. <https://spec-technika.ru/2023/02/dinamika-proizvodstva-i-otgruzok-na-vnutrennij-rynok-rossijskoj-selhoztehnik-v-2022-godu/> (дата обращения: 23.07.2023).

¹⁴ Официальный сайт Россельхозмаша. <https://rosspetsmash.ru> (дата обращения: 23.07.2023).

¹⁵ Постановление Правительства РФ от 27.12.2012 № 1432 (ред. от 04.11.2023) «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники».

¹⁶ Льготный лизинг отечественной сельхозтехники. https://www.rosagroleasing.ru/sdelano_v_rossii/ (дата обращения: 23.07.2023).

¹⁷ Постановление Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2016 г. № 1528 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским кредитным организациям, международным финансовым организациям и государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ» на возмещение недополученных ими доходов по кредитам, выданным сельскохозяйственным товаропроизводителям (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов), организациям и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим производство, первичную и (или) последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции и ее реализацию, по льготной ставке» (ред. от 06.05.2023).

¹⁸ Доклад заместителя генерального директора АО «Росагролизинг» Н.И. Зудиной на Всероссийском совещании агроинженерных служб «Об организации работы инженерно-технических служб АПК», Москва, 2 февраля 2017 г., ВДНХ, павильон № 75.

видами сельскохозяйственной техники: свекло- и картофелеуборочными комбайнами, тракторами тягового класса 1,4 и 2, техникой для садоводства, виноградарства и льноводства, телескопическими погрузчиками, компонентной базой, так как ситуация в этой сфере практически не изменилась с 2017 по 2022 год.

Следует отметить, что качество некоторых видов сельскохозяйственной техники отечественного производства не уступает зарубежным аналогам [6]. По мнению некоторых сельхозтоваропроизводителей, «отечественный комбайн эффективно осуществляет сбор зерновых культур, но не подходит для уборки кукурузы или сои»¹⁹. Кроме того, многие сельхозтоваропроизводители выстроили свои рабочие процессы под импортную сельскохозяйственную технику. Важным фактором является ценовой фактор.

Темпы роста цен на отечественную сельскохозяйственную технику превышают темпы роста на технику иностранных производителей. Так, российская техника в начале 2022 года подорожала на 30–40%, а зарубежная — на 20–25%²⁰.

Эти факторы свидетельствуют о том, что наладить производство необходимого по количеству и качеству объема сельскохозяйственной техники в краткосрочной перспективе будет крайне сложно. Поэтому дилеры начали активную работу по поиску альтернативной сельскохозяйственной техники из так называемых дружественных стран.

В таблице 4 представлена информация о страновой структуре импорта сельскохозяйственной техники.

Таблица 4. Состав импорта сельскохозяйственной техники по странам²⁰

Table 4. Country composition of imports of agricultural machinery²⁰

Вид сельскохозяйственной техники	Страна-экспортер в Россию (до 2022 г.)	Страна-экспортер в Россию (после 2022 г.)
1. Машины для уборки урожая, машины или механизмы для обмолота	США Германия Нидерланды	Китай Белоруссия Индия
2. Бороны, рыхлители, культиваторы	Италия	Турция
3. Сеялки, рассадопосадочные машины	Финляндия Швеция	
4. Сенокосилки, косилки для газонов		

Источник. Составлено авторами

Как видно из данных (табл. 4), импорт сельскохозяйственной техники из США и западных стран²¹ был заменен на поставки сельскохозяйственной техники из Белоруссии, стран Азии и Ближнего Востока.

Проведенный анализ позволяет сформулировать ряд серьезных проблем по обновлению материально-технической базы сельского хозяйства:

1) отсутствие альтернативных видов сельскохозяйственной техники, которая поставлялась западными и американскими производителями, особенно мощной энергонасыщенной самоходной техники;

2) изменение логистических цепочек и, как следствие, привычных принципов работы с поставщиками сельскохозяйственной техники;

3) сдерживание развития отечественного производства сельскохозяйственной техники за счет увеличения объемов продаж из стран Азии и Ближнего Востока. Как было отмечено ранее, после введения санкций на рынке сельскохозяйственной техники произошли существенные изменения: с одной стороны, снизилось количество поставляемой техники из западных стран и США, а с другой — произошло наращивание сельскохозяйственной техники, например, китайского производства. «Так, объем импорта сельскохозяйственных тракторов из Китая в 2022 году вырос более чем в 4 раза, при этом отечественное производство снизилось на 1,1%. Основная доля импортируемых тракторов — это машины мощностью до 150 л. с., которые в России производит АО «МТЗ»»²²;

4) рост цен на сельскохозяйственную технику и оборудование по тем ключевым сегментам, производство которых ограничено в России;

5) развитие параллельного импорта. «Например, отсутствие поставок сельскохозяйственной техники европейскими производителями условно освободило российский рынок, но на нем по-прежнему работают каналы параллельного импорта запчастей немецкого производителя»²³;

6) увеличение сроков поставок запасных частей и комплектующих. Как отмечает К. Бабкин, «если раньше запасные части доставлялись из Европы за две недели, то при доставке из Китая сроки значительно увеличиваются из-за длинной логистической цепочки. Как правило, сначала продукция доставляется из города в порт, далее из китайского порта (по морю) во Владивосток, а из Владивостока (уже поездом) до точки назначения. Это занимает порядка 2–2,5 месяцев. А если другие маршруты использовать (например, через Иран), то сроки увеличиваются вплоть до четырех месяцев» [7].

Вышеперечисленные проблемы требуют своего решения. Возможные приоритетные направления их решения в целях обеспечения сельхозтоваропроизводителей высокотехнологичной и инновационной техникой и оборудованием (рис. 1):

1. Государственное регулирование цен на внутреннем рынке на продукцию сельского хозяйства, горюче-смазочные материалы, электроэнергию, компонентную базу. «Цены на зерновые культуры на фоне рекордного урожая в 2022 году упали более чем на 30%. При текущем уровне рентабельности у сельхозтоваропроизводителей не остается свободных средств на обновление своего парка»²⁴. В условиях роста цен на горюче-смазочные материалы, электроэнергию, компонентную базу сроки обновления материально-технической базы значительно увеличиваются по причине нехватки финансовых ресурсов, остающихся в распоряжении аграриев [8].

¹⁹ Шокурова Е. «Асход»: российский рынок сельхозтехники переживает самую масштабную трансформацию. <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/39448-askhod-rossiyskiy-rynok-selkhoztekhniki-perezivaet-samuyu-masshtabnuyu-transformatsiyu/> (дата обращения: 23.07.2023).

²⁰ Шокурова Е. «Асход»: российский рынок сельхозтехники переживает самую масштабную трансформацию. <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/39448-askhod-rossiyskiy-rynok-selkhoztekhniki-perezivaet-samuyu-masshtabnuyu-transformatsiyu/> (дата обращения: 23.07.2023).

²¹ Обзор рынка сельскохозяйственной техники: тренды и структура. <https://marketing.rbc.ru/articles/13354/> (дата обращения: 23.07.2023).

²² Рынок сельскохозяйственной техники через год после введения санкций: российское производство развивается, импорт из Китая растет. https://www.megaresearch.ru/new_reality/rynok-selkhoztekhniki-cherez-god-posle-vvedeniya-sankciy-rossiyskoe-proizvodstvo-razvivaetsya-import-iz-kitaya-rastet (дата обращения: 23.07.2023).

²³ Троянский А. Спецтехника под гнетом санкций // Сельская жизнь. <https://www.sgazeta.ru/page33105486.html> (дата обращения: 23.07.2023).

²⁴ Рынок сельскохозяйственной техники через год после введения санкций: российское производство развивается, импорт из Китая растет // URL: https://www.megaresearch.ru/new_reality/rynok-selkhoztekhniki-cherez-god-posle-vvedeniya-sankciy-rossiyskoe-proizvodstvo-razvivaetsya-import-iz-kitaya-rastet (дата обращения: 23.07.2023).

Рис. 1. Направления государственной поддержки развития сельскохозяйственного машиностроения (составлено авторами)**Fig. 1.** Directions of state support for the development of agricultural engineering

2. Развитие государственной поддержки производителей сельскохозяйственной техники, особенно начинающего бизнеса, а также мелкого и среднего бизнеса. Отметим, что основной мерой государственной поддержки производителей сельскохозяйственной техники по-прежнему является субсидирование в рамках «Программы 1432»²⁵. В 2023 году государство выделило на финансирование данной программы 2 млрд руб., а в 2022-м — 10 млрд руб. Сокращение объемов финансирования данной программы может стать одной из основных причин сокращения потенциала по обновлению материально-технической базы сельского хозяйства, а в условиях, когда с рынка ушли многие зарубежные компании, даже те, которые давно локализовали свое производство в РФ (например, такие крупнейшие мировые производители, как Claas, John Deere), необходимо наращивать не только отечественное производство сельскохозяйственной техники по тем позициям, которые не удовлетворяют потребителей по количественным и качественным параметрам, но и стимулировать спрос на приобретение техники отечественного производства.

Как отмечают О.А. Чернова, И.В. Митрофанова, Н.П. Иванов и др., «необходимость импортозамещения в сфере развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения обусловлена не только потребностями АПК, но и направлена на обеспечение определенного уровня продовольственной безопасности страны» [9].

3. Развитие системы «Росагролизинга». Данная компания является системообразующей и предполагает привлекательные условия приобретения сельскохозяйственной техники и оборудования на условиях лизинга [10]. При этом «Росагролизинг» работает со многими отечественными производителями сельскохозяйственной техники, тем самым поддерживая спрос на сельскохозяйственную технику отечественного производства.

4. Развитие коммуникаций заводов-изготовителей с профильными НИИ, средними и высшими учебными заведениями, IT-компаниями, государственными региональными органами, профильными министерствами в целях инновационного развития сельскохозяйственного машиностроения [11, 12].

5. Предусмотреть различные льготы в сфере налогообложения и страхования для IT-компаний и производителей специализированной техники и комплектующих с целью вложения сэкономленных средств в инвестиции для развития и наращивания отечественного производства сельскохозяйственной техники²⁶.

6. Формирование единой системы сбора и обработки аналитической информации о структуре рынка сельскохозяйственной техники, количестве выпускаемой техники, потребительских предпочтениях, уровне обновления парка сельскохозяйственной техники в сельском хозяйстве.

Авторы согласны с мнением А. Алтынова, что «данные публичной аналитики не всегда позволяют выделить полевою технику из лесной. Кроме того, информация по производству не соответствует реальным продажам конечным потребителям, часто не имеет сквозной разбивки по моделям, не всегда отделяется от экспортных данных. В таких условиях потребуются проведение дополнительных исследований, чтобы установить сроки, объемы и источники инвестирования, необходимые для достижения целей по обновлению парка сельскохозяйственной техники»²⁷.

Выводы/Conclusion

Таким образом, эффективное развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения возможно в условиях максимальной заинтересованности государства, производителей сельскохозяйственной техники и сельхозтоваропроизводителей [13].

Необходимо не только наращивать объемы производства, но и развивать новые инженерные решения в области производства высокотехнологичной, энергосберегающей и универсальной техники и оборудования для удовлетворения не только внутреннего спроса, но и наращивания экспортного потенциала. Кроме того, необходимо в среднесрочной перспективе провести детальный анализ производимого номенклатурного ряда сельскохозяйственной техники в РФ, что позволит обосновать перспективные направления производства техники, которая ранее приобреталась у зарубежных производителей и, как правило, не имеет отечественных аналогов.

²⁵ <https://www.arrsagro.ru/programma-ministerstva-selskogo-hozjajstva-1432/>

²⁶ Хафизова Е. Динамика производства и отгрузок на внутренний рынок российской сельхозтехники в 2022 году // URL: <https://spec-technika.ru/2023/02/dinamika-proizvodstva-i-otgruzok-na-vnutrennij-rynok-rossijskoj-selhoztehniki-v-2022-godu/> (дата обращения: 23.07.2023).

²⁷ Алтынов А. В поисках силы: российскому сельхозмашиностроению требуется больше мощности // URL: <https://acxod.ru/tpost/6bg75ep71-v-poiskah-sili-rossijskomu-selhozmaszino> (дата обращения: 23.07.2023).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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. Полунина Н.Ю., Попова Е.А., Зайцева Е.А. Взаимосвязи между военным конфликтом и продовольственной безопасностью. *Экономические и социальные проблемы России*. 2023; (2): 15–29. DOI: 10.31249/espr/2023.02.01
2. Покровская О.Д. Логистические транспортные системы России в условиях новых санкций. *Бюллетень результатов научных исследований*. 2022; (1): 80–94. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-1-80-94
3. Криничная Е.П. Рынок сельскохозяйственной техники в России: современное состояние и тенденции развития. *Вестник аграрной науки*. 2022; (6): 110–118. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.6.110>
4. Алексеев О.И. Проблемы обеспечения агропромышленного комплекса России сельскохозяйственной техникой в условиях новых западных санкций. *Социально-гуманитарный вестник. Всероссийский сборник научных трудов*. Барнаул: ИП Колмогоров И.А. 2022; 87–94. EDN: OBTUZZ
5. Клейменова Ю.А. Гармонизация промышленной и торговой политики как фактор модернизации экономики. *Вестник Южно-российского государственного технического университета (НПИ)*. 2012; (3): 146–149. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17801110>
6. Кибиров А.Я., Михайлов М.Р. Оценка реализации мер господдержки воспроизводства материально-технической базы сельского хозяйства Российской Федерации. *Вестник аграрной науки*. 2022; 1 (94): 91–96. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.1.91
7. Бабкин К.А. Основные тенденции развития отечественного сельхозмашиностроения. АПК: *Экономика, управление*. 2023; (1): 15–24. <https://doi.org/10.33305/231-15>
8. Баяндурян Г.Л., Клейменова Ю.А. Гармонизация промышленной и торговой политики (на примере сельскохозяйственного машиностроения). *Сельский механизатор*. 2019; (8): 16–17. <https://www.elibrary.ru/fdugsm>
9. Чернова О.А., Митрофанова И.В., Иванов Н.П., Ялмаев Р.А. Импортзамещающий потенциал российского сельскохозяйственного машиностроения: оценка, риски, пути реализации. *Теория и практика общественного развития*. 2019; (5): 22–32. <https://doi.org/10.24158/tipor.2019.5.3>
10. Кирица А.А. Роль АО «Росагролизинг» в поддержке и развитии российского АПК. *Наука без границ*. 2020; 3(43): 82–91. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42649304>
11. Баяндурян Г.Л., Клейменова Ю.А. Проблемы формирования организационно-экономических условий гармонизации промышленной и торговой политики государства в области сельскохозяйственного машиностроения. *Экономика устойчивого развития*. 2018; (2): 96–104. <https://www.elibrary.ru/xvkvgt>
12. Лясников Н.В., Лясникова Ю.В., Анисченко А.Н., Романова Ю.А. Развитие импортозамещения в условиях инновационной экономики в агропромышленном комплексе России. *Продовольственная политика и безопасность*. 2023; 10(4): 591–612. DOI: 10.18334/ppib.10.4.119384
13. Баяндурян Г.Л., Клейменова Ю.А. Организационно-экономический механизм функционирования системы «Росагролизинг». *Бизнес. Образование. Право*. 2021; 1(54): 32–36. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.54.101

ОБ АВТОРАХ

Юлия Александровна Клейменова

кандидат экономических наук
20ulya1987@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8868-0503>

Галина Левоновна Баяндурян

доктор экономических наук, профессор
galina.bayanduryan@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2906-5820>

Кубанский государственный технологический университет,
ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия

REFERENCES

1. Polunina N.Yu., Popova E.A., Zaitseva E.A. The relationship between military conflict and food security. *Economic and social problems of Russia*. 2023; (2): 15–29 (in Russian). DOI: 10.31249/espr/2023.02.01
2. Pokrovskaya O.D. Logistic transport systems of Russia in new sanction conditions. *Bulletin of scientific research results/* 2022; (1): 80–94 (in Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2022-1-80-94
3. Krinichnaya E.P. Agricultural machinery market in Russia: current state and development trends. *Bulletin of Agrarian Science*. 2022; (6): 110–118 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.6.110>
4. Alekseenko O.I. Problems of providing the agro-industrial complex of Russia with agricultural machinery in context of new western sanctions. *Social and humanitarian bulletin. All-russian collection of scientific works*. Barnaul: IP Kolmogorov I.A. 2022; 87–94 (in Russian). EDN: OBTUZZ
5. Kleimenova Yu.A. Harmonization of industrial and trade policy as a factor in economic modernization. *Bulletin of the South Russian state technical university (NPI)*. 2012; (3): 146–149 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17801110>
6. Kibirov A.Ya., Mikhaylov M.R. Evaluation of the implementation of support measures for the reproduction of the material and technical basis of agriculture in the Russian Federation. *Bulletin of Agrarian Science*. 2022; 1 (94): 91–96 (in Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.1.91
7. Babkin K.A. Main trends of domestic development agricultural mechanical engineering. *AIC: economics, management*. 2023; (1): 15–24 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/231-15>
8. Bayanduryan G.L., Kleimenova Yu.A. Harmonization of industrial and trade policy (on the example of agricultural engineering). *Selskiy Mechanizator*. 2019; (8): 16–17 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fdugsm>
9. Chernova O.A., Mitrofanova I.V., Ivanov N.P., Yalmaev R.A. Import substitution potential of Russian agricultural engineering: assessment, risks, ways to implement. *Theory and practice of social development*. 2019; (5): 22–32 (in Russian). <https://doi.org/10.24158/tipor.2019.5.3>
10. Kiritsa A.A. The role of Rosagrolyzing in supporting and developing the Russian AIC. *Science without borders*. 2020; 3(43): 82–91. (in Russian). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42649304>
11. Bayanduryan G.L., Kleimenova Yu.A. Problems of formation of organizational and economic conditions for harmonization of industrial and trade policy of the state in the field of agricultural engineering. *Economics of Sustainable Development*. 2018; (2): 96–104 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xvkvgt>
12. Lyasnikov N.V., Lyasnikova Yu.V., Anischenko A.N., Romanova Yu.A. Developing import substitution in the conditions of innovative economy in the Russian agro-industrial. *Food policy and security*. 2023; 10 (4): 591–612 (in Russian). DOI: 10.18334/ppib.10.4.119384
13. Bayanduryan G.L., Kleimenova Yu. A. Organizational and economic mechanism of functioning of the «Rosagroleasing» system. *Business. Education. Law*. 2021; 1 (54): 32–36 (in Russian). DOI: 10.25683/VOLBI.2021.54.101

ABOUT THE AUTHORS

Julia Aleksandrovna Kleimenova

Candidate of Economic Sciences
20ulya1987@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8868-0503>

Galina Levonovna Bayanduryan

Doctor of Economic Sciences, Professor
galina.bayanduryan@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2906-5820>

Kuban State Technological University,
2 Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia

Ю.Н. Романцева ✉
А.М. Бодур
В.В. Маслакова
М.В. Кагирова

Российский государственный
аграрный университет — МСХА
им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ romantceva@rgau-msha.ru

Поступила в редакцию:
27.02.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-138-150

Julia N. Romantseva ✉
Aisu M. Bodur
Vesta V. Maslakova
Maria V. Kagirova

Russian State Agrarian University —
Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia

✉ romantceva@rgau-msha.ru

Received by the editorial office:
27.02.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России

РЕЗЮМЕ

Проблеме оценки углеродного следа в экономике в последнее время уделяется большое внимание во многих странах мира, в том числе и в России. Учитывая важность проблемы климатических изменений, актуальной задачей является сокращение выбросов парниковых газов для достижения международных климатических целей, обозначенных Парижским соглашением по климату и Стратегией социально-экономического развития страны с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

В настоящее время основным общемировым трендом развития отраслей экономики становятся реализация ESG-принципов и нацеленность на использование энергосберегающих технологий, поэтому особое внимание во всех отраслях экономики уделяется вопросам учета эмиссии парниковых газов и оценке их влияния на изменение климата. Учет, контроль и обоснование направлений снижения углеродного следа также является важной задачей в условиях формирования зеленой экономики. Сельское хозяйство по величине выбросов находится на третьем месте после энергетики и промышленности. Проведение регулярного мониторинга выбросов парниковых газов по источникам необходимо для эффективного решения проблемы выбросов и разработки экономически эффективных мер государственной политики с целью обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства и развития экспортного потенциала.

Цель исследования — всестороннее исследование объемов и источников выбросов парниковых газов, роли сельского хозяйства в формировании углеродного следа. В исследовании подробно рассмотрены объем и структура эмиссии парниковых газов в длительной динамике за 1990–2022 годы. Применение ряда статистических методов позволило установить, снижение выбросов по аграрной сфере, что объясняется резким сокращением ресурсного потенциала и расширением использования в последние годы ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: углеродный след, сельское хозяйство, эмиссия парниковых газов, изменение климата, ESG-повестка

Для цитирования: Романцева Ю.Н., Бодур А.М., Маслакова В.В., Кагирова М.В. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 138–150.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-138-150>

© Романцева Ю.Н., Бодур А.М., Маслакова В.В., Кагирова М.В.

Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in Russian agriculture

ABSTRACT

The problem of assessing the carbon footprint in the economy has recently received much attention in many countries around the world, including Russia. Given the importance of the problem of climate change, the urgent task is to reduce greenhouse gas emissions to achieve international climate goals outlined by the Paris Climate Agreement and the Strategy for the socio-economic development of a country with low greenhouse gas emissions until 2050.

Currently, the main global trend in the development of economic sectors is the implementation of ESG principles and a focus on the use of energy-saving technologies, therefore, special attention in all sectors of the economy is paid to the issues of accounting for greenhouse gas emissions and assessing their impact on climate change. Accounting, monitoring and justification of directions for reducing the carbon footprint is also an important task in the context of the formation of the Green Economy. Agriculture is in third place in terms of emissions after energy sector and industry sector. Regular monitoring of greenhouse gas emissions by source is necessary to effectively address the emissions problem and develop cost-effective public policy measures to ensure sustainable agricultural development and develop export potential.

The purpose of the study is a comprehensive study of the volumes and sources of greenhouse gas emissions, the role of agriculture in the formation of the carbon footprint. The study examines in detail the volume and structure of greenhouse gas emissions in long-term dynamics for 1990–2022. The use of a number of statistical methods made it possible to establish a reduction in emissions in the agricultural sector, which is explained by a sharp reduction in resource potential and the increased use of resource-saving technologies in recent years.

Key words: carbon footprint, agriculture, greenhouse gas emissions, climate change, ESG agenda

For citation: Romantseva Yu.N., Bodur A.M., Maslakova V.V., Kagirova M.V. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in Russian agriculture. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 138–150 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-138-150>

© Romantseva Yu.N., Bodur A.M., Maslakova V.V., Kagirova M.V.

Введение/Introduction

Важнейшим направлением экономики в ведущих странах мира на сегодняшний день становится реализация политики энергоэффективного зеленого развития, которая выступает стратегическим механизмом, позволяющим достичь целей устойчивого развития [1, 2].

Преимуществом зеленой экономики являются ориентация на инновационные ресурсоэффективные технологии с низким уровнем выбросов углерода, уменьшение нагрузки на природу и создание дополнительных рабочих мест, что обеспечивает устойчивое развитие. При этом, по оценкам ряда исследователей, темпы роста экономики в долгосрочной перспективе могут быть не ниже, чем при современном развитии [3, 4].

В 2016 году Россия присоединилась к Парижскому соглашению в рамочной конвенции ООН¹ об изменении климата, согласно которому РФ обязуется сократить выбросы ПГ на уровне 70% от показателя 1990 года к 2030-му и выйти на углеродно-нейтральный путь развития к 2060 году. В 2021 году Правительство России утвердило Стратегию социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года², цель которой — сократить выбросы на 60% по сравнению с уровнем 2019 года [4]. Среди мероприятий по декарбонизации заявлено оказание мер поддержки в отношении внедрения, тиражирования и масштабирования низко- и безуглеродных технологий, стимулирование использования вторичных энергоресурсов, изменение налоговой, таможенной и бюджетной политики, развитие зеленого финансирования, меры по сохранению и увеличению поглощающей способности лесов и иных экосистем, поддержка технологий улавливания, использования и утилизации парниковых газов. С 1 января 2023 года в России углеродная отчетность, установленная Федеральным законом № 296-ФЗ, обязательна для предприятий с массой выбросов CO₂ от 150 тыс. т / год, а 1 января 2025 года порог снизится до 50 тыс. т / год³.

Проблему выбросов парниковых газов в атмосферу принято рассматривать в разрезе отдельных секторов экономики в связи с неравномерным вкладом в формирование углеродного следа. В перспективе это позволит не только выявить наиболее проблемные из них, но и разработать более обоснованные меры для сокращения выбросов [6].

Увеличение внимания к проблемам экологии на всех уровнях производства и управления, социальная ответственность бизнеса в значительной мере затрагивают аграрную сферу. Здесь актуальным становится не только устойчивое развитие сельской местности, но и бережное и эффективное использование биологических ресурсов, являющихся основным средством производства [7]. Применение ESG-принципов в экономике, предполагающих увеличение внимания

к проблемам экологии на всех уровнях производства и управления и социальную ответственность бизнеса, особенно актуально в сельском хозяйстве. По данным ФАО ООН, в мире на долю сельскохозяйственного сектора приходится около 14% от общего объема мировых выбросов, что уступает только выбросам от энергетического сектора (70%)⁴.

Производственные процессы в сельском хозяйстве, такие как обработка почвы, использование удобрений, выращивание животных и хранение продуктов, вносят значительный вклад в формирование общего объема парниковых газов, особенно в виде диоксида углерода и метана. Анализ углеродного следа в сельском хозяйстве помогает определить наиболее экологически эффективные методы и технологии, а также эффективно управлять выбросами в данном секторе. Основные направления — снижение потребления энергии, переход к устойчивому земледелию и введение инновационных и технологически совершенных методов производства [8, 9].

Цель исследования — анализ уровня углеродного следа в сельском хозяйстве, а также вклад аграрной сферы в формирование общего объема эмиссии парниковых газов для оценки направлений снижения негативного воздействия на климат и адаптации сельского хозяйства к происходящим климатическим изменениям.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В представленной работе анализ проведен на основе материалов зарубежных и отечественных авторов, нормативно-правовой базы, статистических данных об изменении выбросов парниковых газов и климата в России и в мире в целом по экономике и при производстве сельскохозяйственной продукции. Приводимые ниже оценки антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) парниковых газов на территории Российской Федерации получены методами расчетного мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)⁵.

Основными источниками данных выступили: Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2022 год; Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг.⁶

В исследовании особое внимание уделено рассмотрению объемов и структуры эмиссии парниковых газов в длительной динамике за 1990–2022 годы.

Основные методы исследования — аналитический и сравнительный, табличный и графический с последующим обобщением данных, специальные статистические методы, такие как аналитическое выравнивание динамических рядов, построение и анализ структурных рядов и др.

¹ Парижское соглашение по климату [Электронное издание]. — Режим доступа: https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf

² Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCz3fWO32e2yA0BhtpyzWfHaiUa.pdf>

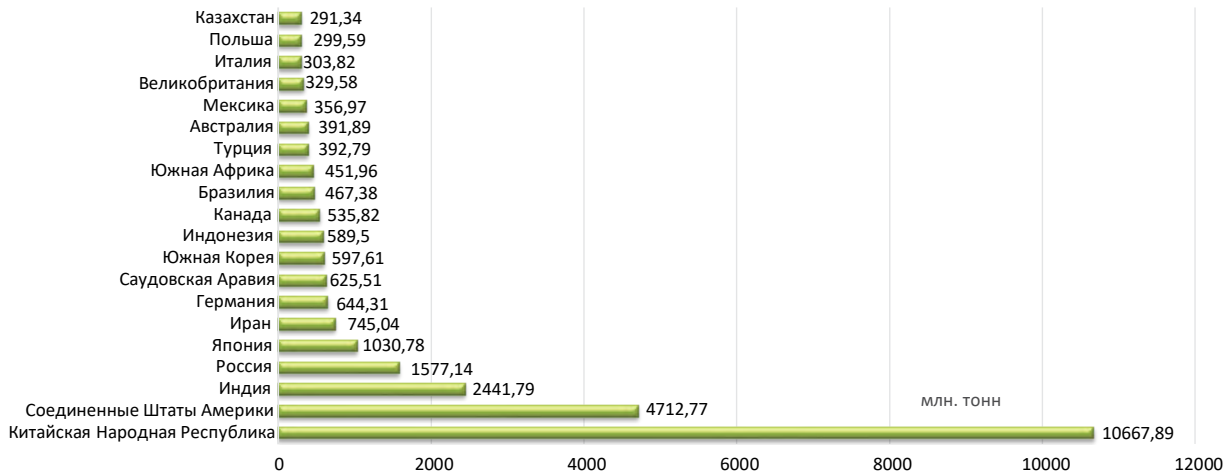
³ Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407263706/>

⁴ ФАО. 2021. The share of food systems in total greenhouse gas emissions. Global, regional and country trends 1990–2019. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 31. Rome.

⁵ Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2022 год / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Москва. 2023; 215.

⁶ Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2021 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.igce.ru/2023/04/18-%d0%b0%d0%bf%d1%80%d0%b5%d0%bb%d1%8f-2023-%d0%b3-%d1%80%d0%be%d1%81%d1%81%d0%b8%d0%b9%d1%81%d0%ba%d0%b0%d1%8f-%d1%84%d0%b5%d0%b4%d0%b5%d1%80%d0%b0%d1%86%d0%b8%d1%8f-%d0%bf%d1%80%d0%b5%d0%b4%d1%81/>

Рис. 1. Рейтинг стран по уровню эмиссии парниковых газов
Fig. 1. Rating of countries by level of greenhouse gas emissions



Источник: Составлено авторами по данным сайта <https://wisevoter.com>⁷

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Информационное обеспечение учета углеродного следа находится в стадии формирования и не позволяет точно оценить общий масштаб выбросов, хотя национальные и глобальные системы мониторинга и информационные системы оценки эмиссии парниковых газов активно применяются во многих странах [10]. Проблема влияния парниковых газов на изменение климата на сегодняшний день является наиболее актуальной для всех стран мира, особенно важной для Российской Федерации, поскольку экономика России входит в пятерку стран с наибольшей эмиссией углекислого газа (рис. 1).

В 2021 году крупнейшими в мире источниками выбросов CO₂ стали Китай, США, Индия, Россия и Япония. На эти страны приходится 49,2% мирового населения, 62,4% мирового валового внутреннего продукта, 66,4% мирового потребления ископаемого топлива, 67,8% мировых выбросов CO₂ от ископаемого топлива.

За 2021 год выбросы CO₂ в России превысили 1,5 млрд т, что составило 4,6% общемирового объема. Несмотря на то что Россия находится на 4-м месте в рейтинге стран по объему выбросов парниковых газов, этот показатель здесь значительно ниже, чем в странах-лидерах: почти в 7 раз меньше, чем у Китая, в 3 раза — чем у США. На страны первой пятерки приходится более 56% всех выбросов.

Парниковые газы — это газообразные составляющие атмосферы как природного, так и антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение. Диоксид углерода (CO₂) не единственный парниковый газ, на который стоит обращать внимание. К газам, которые также поглощают и переизлучают инфракрасное излучение, относят метан (CH₄), оксид диазота (N₂O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF₆, элегаз), трифторид азота (NF₃) и некоторые другие газы⁸.

Основной вклад в антропогенную эмиссию парниковых газов вносит диоксид углерода, удельный вес которого в общем объеме газов составляет почти 80%. На втором месте находится метан — 14,6%, закись азота — 4,4%, прочие парниковые газы — около 2%. С 1990 года объем выбросов в целом по экономике значительно снизился (на 31,9%) почти по всем видам газов (рис. 2), при этом структура выбросов осталась без существенных изменений.

Таблица 1. Совокупные выбросы парниковых газов в Российской Федерации за 1990 и 2021 гг.
Table 1. Cumulative greenhouse gas emissions in the Russian Federation for 1990 and 2021

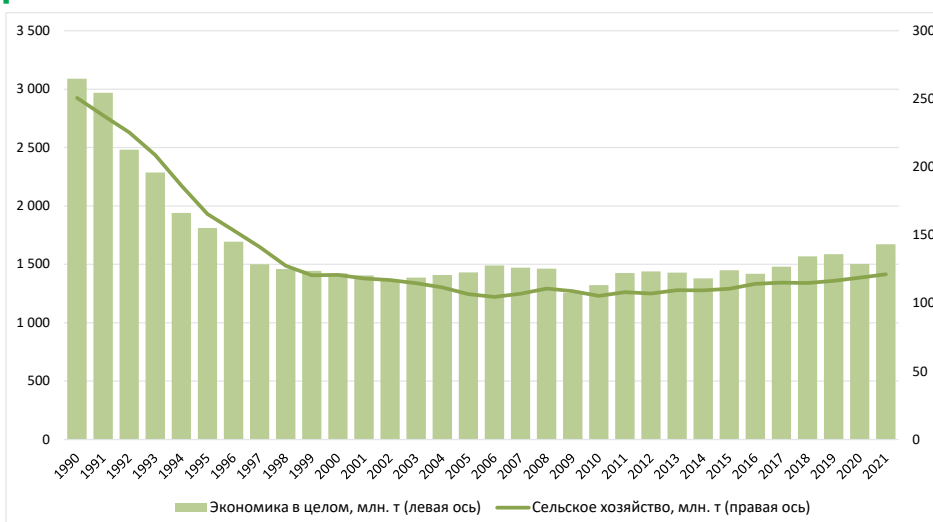
Вид парниковых газов	Объем выбросов		Структура выбросов		Изменение за 1990–2021 гг.		
	1990 г.	2021 г.	1990 г.	2021 г.	±	%	структура выбросов, %
Диоксид углерода (CO ₂)	2536,2	1712	80,1	79,4	-824,2	-32,5	-0,7
Метан (CH ₄)	438,5	314,8	13,8	14,6	-123,7	-28,2	0,7
Закись азота (N ₂ O)	139,3	88,4	4,4	4,1	-50,9	-36,5	-0,3
Гидрофторуглероды (HFC)	35,9	38,6	1,1	1,8	2,7	7,5	0,7
Перфторуглероды (PFC)	15,1	1,6	0,5	0,1	-13,5	-89,4	-0,4
Гексафторид серы (SF ₆)	1,4	1,2	0,0	0,1	-0,2	-14,3	0,0
Всего	3166,6	2156,6	100,0	100,0	-1010	-31,9	x

Источник: Рассчитано авторами по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»⁹

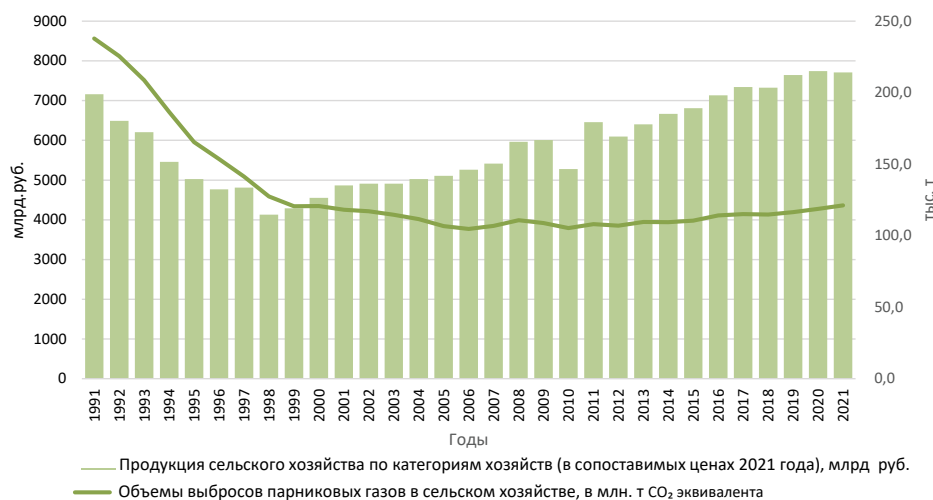
⁷ Greenhouse Gas Emissions by Country [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://wisevoter.com/country-rankings/greenhouse-gas-emissions-by-country/>

⁸ Охрана окружающей среды в России. Статистический сборник / Росстат. Москва. 2022; 115.

⁹ Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2021 гг.

Рис. 2. Динамика выбросов парниковых газов по экономике в целом и сельскому хозяйству за 1990–2021 гг.**Fig. 2.** Dynamics of greenhouse gas emissions for the economy as a whole and agriculture for 1990–2021

Источник: Построено авторами по данным сайта <https://www.climatewatchdata.org/>¹⁰

Рис. 3. Динамика продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах 2021 г.) и выбросов парниковых газов в 1991–2021 гг.**Fig. 3.** Dynamics of agricultural products (in constant 2021 prices) and greenhouse gas emissions in 1991–2021

Источник: Построено авторами по данным Росстата¹¹ и сайта <https://www.climatewatchdata.org>

Основной причиной резкого сокращения выбросов парниковых газов стали негативные тенденции 1990-х годов, связанные с началом экономико-политических преобразований и характеризующиеся спадом производства во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, сокращением ресурсного потенциала и наукоемких инновационных производств и технической и технологической деградацией экономики, что привело к снижению валового внутреннего продукта и замедлению развития экономики.

Незначительные колебания в последующие годы были результатом различных внутренних и внешних факторов, оказывающих влияние на развитие экономики. После 2000-х годов, несмотря на рост ВВП и последующее восстановление производства, выбросы остаются практически без изменений в связи с положительными изменениями в энергоэффективности применяемых технологий. Аналогичная картина наблюдается

в сельском хозяйстве. Несмотря на существенное увеличение объемов производства продукции сельского хозяйства с 1999 года, дальнейшего роста выбросов не последовало (рис. 3)

Причиной наблюдаемых разнонаправленных тенденций является внедрение технологий и методов, которые позволяют более эффективно использовать оборотные средства производства (удобрения, пестициды, энергетические мощности и др.). Например, использование точного земледелия и контролируемое орошение позволяют сократить потребность в химических веществах и уменьшить загрязнение окружающей среды [11]. Всё это позволит повысить эффективность сельского хозяйства при минимальных негативных воздействиях на окружающую среду и низких объемах выбросов парниковых газов.

Анализ рейтинга секторов, вносящих вклад в выбросы парниковых газов (табл. 2), показал, что долю сельского хозяйства в выбросах можно оценить как незначительную по сравнению с энергетическими отраслями и промышленными производствами. Поэтому основной упор в России делается на снижение выбросов именно в энергетике за счет увеличения доли возобновляемых источников энергии.

За изучаемый период удельный вес агросектора снизился на 1,5%, что явилось следствием сокращения выбросов в абсолютном выражении на 129,4 млн т, или на 51,6%. Несмотря на мнение отдельных экспертов, утверждающих, что сокращение выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве существенно не изменит ситуацию в решении проблемы декарбонизации экономики¹², следует отметить, что отрасль находится на 3-м месте в рейтинге секторов, влияющих на размер выбросов парниковых газов, а доля составляет около 6,4% от общего объема в 2021 году, за последние 50 лет выбросы в сельском, лесном и рыбном хозяйстве практически удвоились (по оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной ООН), и если не принять необходимых мер, то к 2050 году они могут вырасти еще на 30%.

¹⁰ Climate Watch: открытые данные [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.climatewatchdata.org/>

¹¹ Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2022 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13396>

¹² Кулистикова Т. Путь к углеродной нейтральности. Какую роль будет играть сельское хозяйство в декарбонизации экономики. Агроинвестор. 2022 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/37492-put-k-uglerodnoy-neytralnosti-kakuyu-rol-budet-igrat-selskoe-khozyaystvo-v-dekarbonizatsii-ekonomiki/>

Таблица 2. Динамика выбросов парниковых газов по секторам экономики за 1990–2021 гг. (млн т CO₂-эквивалента в год)

Table 2. Dynamics of greenhouse gas emissions by economic sectors for 1990–2021 (million tons of CO₂ equivalent per year)

Сектор	1990 г.	2021 г.	Изменение за 1990–2021 гг.		Структура выбросов без учета ЗИЗЛХ, %		
			млн т	%	1990 г.	2021 г.	структуры
Энергетика	2577,1	1679,1	-898,0	-34,8	81,4	80,3	-1,1
Промышленные процессы и использование продукции	286,5	259,5	-27,0	-9,4	9,0	10,5	1,4
Сельское хозяйство	250,7	121,3	-129,4	-51,6	7,9	6,4	-1,5
Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство	-77,4	-506,6	-429,2	554,5	-2,4	-25,0	-22,5
Отходы	52,2	96,7	44,5	85,2	1,6	2,9	1,2
Всего (без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства)	3166,5	2156,6	-1009,9	-31,9	100,0	100,0	0,0
Всего (с учетом землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства)	3089,2	1650	-1439,2	-46,6	x	x	x

Источник: Рассчитано авторами по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»⁶

Рассмотрение объемов и структуры выбросов в результате функционирования сельского хозяйства — важное направление анализа. Основными источниками роста парникового эффекта в аграрной сфере являются следующие: развитие животноводства, способствующее росту выбросов метана в результате жизнедеятельности животных, особенно крупного рогатого скота. Это составляет до 15% всех парниковых газов,

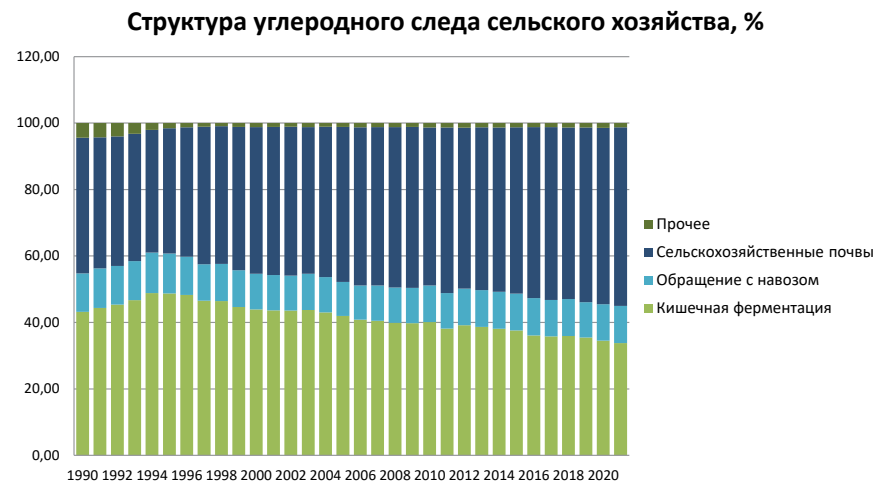
производимых человеком; внесение азотных удобрений вследствие интенсификации производства в целях роста урожайности культур и производства сельскохозяйственной продукции растениеводства. Использование этого вида удобрений в земледелии приводит к выделению оксидов азота; выращивание риса, предполагающее затопление рисовых полей, ведет к генерированию значительных объемов метана; вырубка лесов для расширения площадей сельскохозяйственных угодий устраняет естественные «поглотители» CO₂, усиливая парниковый эффект; использование ископаемого топлива для осуществления всех процессов механизации, транспортировки, а также производства удобрений — источника CO₂.

Как видно из таблицы 3 и рисунка 4, наибольшее влияние на формирование общего объема парниковых газов оказывают два основных источника — почвы и кишечная ферментация животных.

Так, наибольший удельный вес в сельском хозяйстве занимают выбросы азота от сельскохозяйственных почв (удельный вес 45,8%) в связи с происходящими естественными процессами нитрификации и денитрификации. Основными источниками N₂O из обрабатываемых почв являются искусственные азотные удобрения, органический азот, внесенный в качестве удобрения (например, навоз, компост, осадок сточных вод, отходы переработки непищевого животного сырья), азот мочи и помета, оставленный на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными, азот растительных остатков (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих и кормовых культур в процессе обновления (восстановления) пастбища¹³. За изучаемый период доля этой категории увеличилась на 11,8% в общем объеме выбросов,

Рис. 4. Структура углеродного следа сельского хозяйства по источникам в динамике за 1990–2021 гг., %

Fig. 4. Structure of the carbon footprint of agriculture by source over time for 1990–2021, %



Источник: Построено авторами по данным сайта <https://www.climatewatchdata.org/>

Таблица 3. Динамика выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве по источникам за 1990–2021 гг.

Table 3. Dynamics of greenhouse gas emissions in agriculture by source for 1990–2021

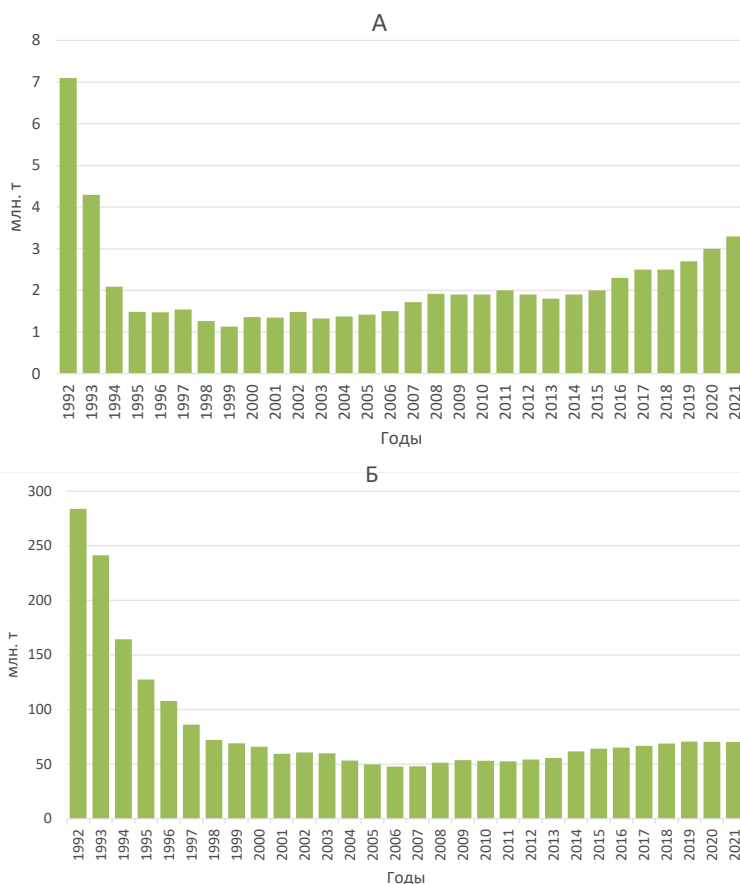
Год	Внутренняя ферментация, CH ₄	Системы сбора и хранения навоза			Рисовые поля, CH ₄	Почвы		Выбросы CO ₂ при известковании и внесении мочевины	Всего
		CH ₄	прямой выброс, N ₂ O	косвенный выброс, N ₂ O		прямой выброс, N ₂ O	косвенный выброс, N ₂ O		
Объемы выбросов, тыс. т CO ₂ -эquiv.									
1990	108 280	13 495	8450	7042	856	85 327	17 112	10 173	250 735
2000	53 068	5652	4065	3214	520	46 446	6830	971	120 764
2010	42 294	4594	3959	3077	623	43 500	6596	778	105 420
2020	40 995	5706	3886	3428	609	53 976	9091	1115	118 805
2021	41 007	5926	4041	3594	585	55 588	9564	980	121 285
Темп прироста за 1990–2021 гг., %	-62,1	-56,1	-52,2	-49,0	-31,6	-34,9	-44,1	-90,4	-51,6
Структура по источникам выбросов, % к итогу									
1990	43,2	5,4	3,4	2,8	0,3	34,0	6,8	4,1	100,0
2021	33,8	4,9	3,3	3,0	0,5	45,8	7,9	0,8	100,0

Источник: Рассчитано авторами по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля»⁶

¹³ Выбросы N₂O из обрабатываемых почв и выбросы CO₂ в результате применения извести и мочевины // Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК 2006 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf

Рис. 5. Динамика внесения минеральных (А) и органических (Б) удобрений в сельскохозяйственных организациях (в пересчете на 100% питательных веществ) за 1992–2021 гг.

Fig. 5. Dynamics of the application of mineral (A) and organic (B) fertilizers in agricultural organizations (in terms of 100% nutrients) for 1992–2021



Источник: Построено авторами по данным Росстата⁸

Таблица 4. Динамика поголовья скота в хозяйствах всех категорий России, млн голов

Table 4. Dynamics of livestock in farms of all categories in Russia, million heads

Вид животных	1991 г.	2000 г.	2010 г.	2021 г.	Изменение численности поголовья животных в 2021 г. по сравнению с 1991 г.	
					±	%
Крупный рогатый скот	54,7	27,5	19,8	17,6	-37,1	32,2
Свиньи	35,4	15,8	17,3	26,2	-9,2	74,0
Овцы и козы	55,3	15,0	21,7	21,0	-34,3	38,0

Источник: Рассчитано авторами по данным Росстата

притом что с 1990 года прямые выбросы закиси азота снизились на 29,7 млн т в CO_2 -эквиваленте.

Это было связано прежде всего с существенным снижением внесения минеральных и органических удобрений (рис. 5), объемы применения которых только в сельскохозяйственных организациях с 1992 года сократились на 53,5% и 75,3% соответственно. В силу высокой стоимости минеральных удобрений и снижения поголовья животных для крестьянских (фермерских) хозяйств и тем более хозяйств населения это стало роскошью.

На втором месте в структуре выбросов парниковых газов находится прямой выброс метана в результате внутренней ферментации домашних животных (треть

всех выбросов в эквиваленте CO_2). В России, так же как и во многих странах, крупный рогатый скот является важным источником метана вследствие высокой интенсивности выделения этого газа в связи с особенностями пищеварительной системы жвачных животных и высокой плотности поголовья¹⁴.

За 30 лет доля метана снизилась на 9,4 п. п. за счет существенного сокращения его выбросов с 108,2 до 41,0 тыс. т (на 62,1%).

Снижение показателя обусловлено сокращением поголовья крупного рогатого скота за период агроэкономических преобразований, серьезно отразившихся на ресурсном и производственном потенциале сельского хозяйства. В первые 10 лет агроэкономических преобразований поголовье КРС сократилось в 2 раза, свиней — в 2,2 раза, овец и коз — в 3,7 раза. Несмотря на замедление темпов и рост к 2021 году поголовья скота и свиней, доперестроечный уровень так и не восстановился, особенно это касается крупного рогатого скота, по которому не достигнута продовольственная независимость страны. Соответственно, сократились и посевные площади, используемые под кормление животных, с 44,6 млн га в 1990 г. до 13,9 млн га в 2021-м (на 30,7 млн га, или в 3,2 раза).

Выводы/Conclusion

В политике снижения парниковых газов основополагающую роль играет государство, на котором лежит ответственность за создание нормативно-правовой базы климатического регулирования. В связи с целевыми индикаторами требуется осуществлять мониторинг показателей углеродной нейтральности для формирования безопасности окружающей среды и устойчивого экономического роста [12, 13].

Несмотря на то что в данный момент к регулируемым относят ресурсодобывающие, металлургические, химические и транспортные предприятия, выбросы парниковых газов которых превышают 150 т CO_2 в год, тем не менее остальные предприятия также в скором будущем будут отчитываться о своем углеродном следе. А реализацию на практике Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года ожидает дальнейшее масштабирование, после которого низкоуглеродная политика будет касаться всех сфер и практически всех предприятий, в том числе в аграрной сфере [14].

На данный момент мониторинг, контроль и снижение углеродного следа в аграрной сфере интересуют только ориентированные на внешний экспорт предприятия. Однако расчет углеродного следа поможет аграриям достичь больших результатов меньшими ресурсами, будет способствовать получению дешевого кредитования за счет своей экологичности и, конечно, позволит ставить долгосрочные цели по сохранению климата.

¹⁴ Выбросы от скота и в результате уборки, хранения и использования навоза // Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. 2006 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

Важным направлением совершенствования учета выбросов парниковых газов является создание единой информационной системы [15], которая позволит как актуализировать информацию о кадастре антропогенных выбросов в РФ, так и автоматически собирать углеродную отчетность предприятий на базе реестра выбросов парниковых газов. Для этого необходима разработка инструмента для оперативного и точного расчета эмиссии парниковых газов, учитывающего особенности деятельности хозяйствующего субъекта.

К эффективному инструменту для расчета углеродного следа предъявляются следующие требования: точность в измерении и мониторинге выбросов парниковых газов из различных источников; научно обоснованная методология, разработанная в соответствии с отраслевыми стандартами и особенностями; интуитивно понятный и удобный интерфейс; формирование отчетности и инструменты визуализации данных; возможность

интеграции с существующими на предприятии системами.

Достижение сельским хозяйством углеродной нейтральности — процесс длительный и сложный, предполагающий пересмотр всех аспектов производственного, организационного и управленческого процесса производства, комплексной цифровизации, внедрения новых инновационных зеленых технологий, осуществления постоянного экологического мониторинга, разработки принципиально новых механизмов функционирования и развития, повышения квалификации работников и др. Учет эмиссии парниковых газов должен быть интегрирован в общую систему управления сельским хозяйством для обеспечения рационального использования ресурсов, роста производства продовольствия без снижения эффективности и доходности агропроизводителей и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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. Федосеева Т.А. Методы мониторинга парниковых газов. *Инновации и инвестиции*. 2023; (5): 456–461. <https://www.elibrary.ru/apueug>
2. Копытин И.А., Резникова О.Б. Низкоуглеродное развитие — усиливающийся тренд в мировой экономике. Барановский В.Г., Соловьев Э.Г. (ред.). *Год планеты*. М.: Идея-Пресс. 2022; 2021: 21–29. <https://www.elibrary.ru/psktpb>
3. Охотников И.В., Шарифуллин А.Р. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности как приоритет и фактор экономического роста и развития России. *Экономическая наука и практика. Материалы VI Международной научной конференции*. Казань: Молодой ученый. 2018; 10–13. <https://www.elibrary.ru/ywoeof>
4. Бобылев С.Н., Кирюшин П.А., Кудрявцева О.В. (ред.). *Зеленая экономика и цели устойчивого развития для России*. Коллективная монография. М.: *Экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*. 2019; 284. ISBN 978-5-906932-32-7
5. Бодур А.М., Романцева Ю.Н. Нормативно-правовое регулирование выбросов парниковых газов в России. *Тренды развития сельского хозяйства и агрообразования в парадигме реленной экономики. Материалы Международной научно-практической конференции*. М.: Издательство РГАУ — МСХА. 2023; 1: 181–185. <https://www.elibrary.ru/bbgrmm>
6. Стоцкая Д.Р., Муратов Р.Р. Парниковые газы — глобальная экологическая проблема. *Наука через призму времени*. 2020; (11): 5–7. <https://www.elibrary.ru/yuvcrh>
7. Родионова И.А., Силкин С.А., Тимофеев Е.И. Устойчивое развитие сельского хозяйства на основе инноваций. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2021; 17(397): 699–718. DOI: 10.24891/ni.17.4.699
8. Порфирьев Б.Н., Широ А.А., Колпаков А.Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России. *Мировая экономика и международные отношения*. 2020; 64(9): 15–25
9. Нецаев В.И., Михайлушкин П.В. Проблемы научно-инновационного развития отраслей АПК. *Экономика сельского хозяйства России*. 2019; (5): 52–59. <https://doi.org/10.32651/195-52>
10. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Базы данных по эмиссии парниковых газов от агропродовольственных систем *International agricultural journal*. 2023; 66(4): 2. <https://www.elibrary.ru/dabydi>
11. Ровнов Ю.Е., Калимуллина М.Э., Беляева М.А. и др. Карбоновое земледелие: условия для прорыва: экспертный доклад. 2022; 64. DOI: 10.17323/978-5-7598-2738-2
12. Тимофеев Г.П., Подколзин П.Л., Гладилин Д.Е. Глобальные тренды и проблемы достижения углеродной нейтральности. *Отходы и ресурсы*. 2022; 9(4). DOI: 10.15862/01ECOR422
13. Романовская А.А., Гинзбург В.А., Гладиличикова А.А. Возможности усовершенствования системы расчетного мониторинга антропогенных выбросов парниковых газов и черного углерода на территории Российской Федерации. *Проблемы прогнозирования*. 2023; (6): 37–52. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-201-37-52>
14. Щелконогова Е.Е. Стратегия низкоуглеродного перехода России. *Экономика и предпринимательство*. 2023; 12(161). 112–115. DOI: 10.34925/EIP.2023.161.12.020
15. Хоружий Л.И., Катков Ю.Н., Романова А.А., Каткова Е.А., Джикья М.К. Информационно-аналитические инструменты мониторинга экологической безопасности организаций АПК. *Экономика сельского хозяйства России*. 2023; (11): 104–109. <https://doi.org/10.32651/2311-104>

REFERENCES

1. Fedoseeva T.A. Methods for monitoring greenhouse gases. *Innovation & Investment*. 2023; (5): 456–461 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/apueug>
2. Kopytin I.A., Reznikova O.B. Low carbon development is a growing trend in the world economy. Baranovsky V.G., Soloviev E.G. (eds.). *Year of the Planet*. Moscow: Idea-Press.ru. 2022; 2021: 21–29 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/psktpb>
3. Okhotnikov I.V., Sharifullin A.R. Energy saving and increasing energy efficiency as a priority and factor in the economic growth and development of Russia. *Economic science and practice. Proceedings of the VI International scientific conference*. Kazan: Young scientist. 2018; 10–13 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ywoeof>
4. Bobylev S.N., Kiryushin P.A., Kudryavtseva O.V. (eds.). *Green economy and sustainable development goals for Russia*. Collective monograph. Moscow: *MSU Faculty of Economics*. 2019; 284 (in Russian). ISBN 978-5-906932-32-7
5. Bodur A.M., Romantseva Yu.N. Regulatory regulation of greenhouse gas emissions in Russia. *Trends in the development of agriculture and agro-education in the Green Economy paradigm. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2023; 1: 181–185 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bbgrmm>
6. Stotskaya D.R., Muratov R.R. Greenhouse gases — a global ecological problem. *Nauka cherez prizmu vremeni*. 2020; (11): 5–7 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yuvcrh>
7. Rodionova I.A., Silkin S.A., Timofeev E.I. Sustainable development of agriculture based on innovation. *National interests: priorities and security*. 2021; 17(397): 699–718 (in Russian). DOI: 10.24891/ni.17.4.699
8. Porfiriyev B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Yu. Low-carbon development strategy: prospects for the Russian economy. *World economy and international relations*. 2020; 64(9): 15–25 (in Russian).
9. Nechaev V.I., Mikhailushkin P.V. Problems of scientific innovative development of the industries of agrarian and industrial complex. *Economics of Agriculture of Russia*. 2019; (5): 52–59 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/195-52>
10. Siptits S.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Databases on greenhouse gas emissions from agrifood systems. *International agricultural journal*. 2023; 66(4): 2 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dabydi>
11. Rovnov Yu.E., Kalimullina M.E., Belyaeva M.A. etc. Carbon farming: conditions for a breakthrough: expert report. 2022; 64 (in Russian). DOI: 10.17323/978-5-7598-2738-2
12. Timofeev G.P., Podkolzin P.L., Gladilin D.E. Global trends and challenges to achieving carbon neutrality. *Waste and resources*. 2022; 9(4) (in Russian). DOI: 10.15862/01ECOR422
13. Romanovskaya A.A., Ginzburg V.A., Gladilshchikova A.A. Possibilities for Improving the System of Calculated Monitoring of Anthropogenic Emissions of Greenhouse Gases and Black Carbon on the Territory of the Russian Federation. *Studies on Russian Economic Development*. 2023; 34(6): 746–757 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1075700723060138>
14. Shchelkonogova E.E. Russia's low-carbon transition strategy. *Economics and entrepreneurship*. 2023; 12(161); 112–115 (in Russian). DOI: 10.34925/EIP.2023.161.12.020
15. Khoruzhy L.I., Katkov I.N., Romanova A.A., Katkova E.A., Jikiya M.K. Information and analytical tools for monitoring the environmental safety of agricultural organizations. *Economics of Agriculture of Russia*. 2023; (11): 104–109 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/2311-104>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Николаевна Романцева

кандидат экономических наук, доцент
romantceva@rgau-msha.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0784-6693>

Айсу Мустафаевна Бодур

ассистент
bodur_a@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0009-0002-7491-0114>

Веста Владимировна Маслакова

кандидат экономических наук, доцент
maslakovavv@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5670-8516>

Мария Вячеславовна Кагирова

кандидат экономических наук, доцент
mkagirova@rgau-msha.ru
<http://orcid.org/0000-0003-1782-3647>

Российский государственный аграрный университет —
МСХА им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Julia Nikolaevna Romantseva

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
romantceva@rgau-msha.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0784-6693>

Aisu Mustafaevna Bodur

Assistant
bodur_a@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0009-0002-7491-0114>

Vesta Vladimirovna Maslakova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
maslakovavv@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5670-8516>

Maria Vyacheslavovna Kagirova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
mkagirova@rgau-msha.ru
<http://orcid.org/0000-0003-1782-3647>

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural
Academy,
49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

Т.В. Папаскири¹
С.В. Митрофанов² ✉
Н.В. Орлова²
А.Ю. Сошников¹
А.А. Шевчук¹

¹Государственный университет
по землеустройству, Москва, Россия

²Высшая школа экономики, Москва,
Россия

✉ f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Поступила в редакцию:
10.11.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Timur V. Papaskiri¹
Sergey V. Mitrofanov² ✉
Nadezhda V. Orlova²
Andrey Yu. Soshnikov¹
Artem A. Shevchuk¹

¹State University of Land Use Planning,
Moscow, Russian Federation

²National Research University Higher School
of Economics, Moscow, Russian Federation

✉ f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Received by the editorial office:
10.11.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Анализ структуры посевных площадей стран Европейского союза с концепции устойчивого земледелия. Германия

РЕЗЮМЕ

Данная работа посвящена анализу влияния изменений в структуре посевных площадей и системе землепользования на устойчивость земледелия в Германии. Установлено, что система землеустройства в Германии является децентрализованной, с региональными и местными органами, отвечающими за земельные вопросы. В соответствии с немецким законом о землеустройстве земельные участки должны быть использованы с учетом экологических, экономических и социальных потребностей. Это означает, что использование земли должно быть устойчивым и соответствовать потребностям местных сообществ и экосистем. Германия исторически является одним из крупнейших рынков органической продукции. По состоянию на 2020 г. доля земель под органическим земледелием в стране составляет 9,6% (1592,7 тыс. га). За 2001–2020 гг. площадь земель под органическим земледелием выросла на 56,8%. В целом система землеустройства в Германии является устойчивой и ориентированной на удовлетворение экологических, экономических и социальных потребностей. В стране активно проводятся мероприятия по сохранению и улучшению качества почвы, сокращению использования химических удобрений и пестицидов, сохранению биоразнообразия и сокращению выбросов парниковых газов. Германия также активно развивает органическое земледелие и точное земледелие, что позволяет эффективнее использовать земельные ресурсы и сокращать негативное воздействие на окружающую среду. Однако, несмотря на все эти мероприятия, анализ отчетов Правительства ФРГ, ОЭСР и ФАО свидетельствует, что в стране всё еще сохраняются проблемы с загрязнением водных ресурсов, биоценозов и снижением плодородия почв.

Ключевые слова: устойчивое земледелие, структура посевных площадей, землеустройство

Для цитирования: Папаскири Т.В., Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Сошников А.Ю., Шевчук А.А. Анализ структуры посевных площадей стран Европейского союза с концепции устойчивого земледелия. Германия. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 146–107. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-146-107>

© Папаскири Т.В., Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Сошников А.Ю., Шевчук А.А.

Analysis of the structure of the acreage of the European Union countries with the concept of sustainable agriculture. Germany

ABSTRACT

This article is devoted to the analysis of the impact of changes in the structure of acreage and the land use system on the sustainability of agriculture in Germany. It is established that the land management system in Germany is decentralized, with regional and local authorities responsible for land issues. According to the German Law on Land Management, land plots must be used taking into account environmental, economic and social needs. This means that land use must be sustainable and meet the needs of local communities and ecosystems. Germany has historically been one of the largest markets for organic products. As of 2020, the share of land under organic farming in the country is 9.6% (1592.7 thousand hectares). In 2001–2020, the area of land under organic farming increased by 56.8%. In general, the land management system in Germany is sustainable and focused on meeting environmental, economic and social needs. The country is actively taking measures to preserve and improve soil quality, reduce the use of chemical fertilizers and pesticides, preserve biodiversity and reduce greenhouse gas emissions. Germany is also actively developing organic farming and precision farming, which makes it possible to use land resources more efficiently and reduce the negative impact on the environment. However, despite all these measures, the analysis of the reports of the German Government, the OECD and the FAO shows that the country still has problems with pollution of water resources, biocenoses and a decrease in soil fertility.

Key words: sustainable agriculture, structure of acreage, land management

For citation: Papaskiri T.V., Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Soshnikov A.Yu., Shevchuk A.A. Analysis of the structure of the acreage of the European Union countries with the concept of sustainable agriculture. Germany. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 146–107 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-146-107>

© Papaskiri T.V., Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Soshnikov A.Yu., Shevchuk A.A.

Введение/Introduction

Устойчивое земледелие — это концепция, которая представляет собой подход к ведению сельского хозяйства с учетом экологических, социальных и экономических аспектов. Возникновение этой концепции было вызвано необходимостью улучшения производительности, сохранения природных ресурсов, справедливого распределения благ и смягчения влияния сельского хозяйства на окружающую среду.

Первые идеи устойчивого земледелия появились в конце XIX века, когда фермеры и ученые начали осознавать необходимость более ответственного подхода к использованию почв и водных ресурсов. Уже в то время возникали проблемы эрозии почвы, острого сокращения диких популяций растений и животных, а также загрязнения окружающей среды химическими веществами, используемыми в сельском хозяйстве¹.

В 20-х годах XX века в Германии Рудольфом Штайнером была сформулирована концепция биодинамического земледелия. Он предлагал устойчивые методы возделывания почвы, основывающиеся на эффективном обращении с отходами и использовании естественных элементов живой природы для поддержания плодородия почв и биологического разнообразия экосистем [1].

В 1960-х годах в США концепция устойчивого земледелия получила новый импульс и стала фокусом внимания благодаря многочисленным движениям и исследователям, которые тогда начали активно заниматься проблемами окружающей среды и последствиями интенсивного земледелия.

Значительный вклад в развитие данной концепции внесли: ученый в области экологии растений и аквакультуры Джон Янг — изучение влияния землепользования на экосистемы и развитие теории и практики устойчивого сельского хозяйства [2–4]; ученый Роберт Пирсон, занимавшийся изучением влияния землепользования на экосистемы, а также разработкой принципов устойчивого сельского хозяйства и экологической экономики [5]; американский экономист и эколог, автор концепции устойчивого развития Герман Дэйли [6, 7]; американский экономист, исследователь в области экономики природопользования Эдвард Барбье, известный своими работами по оценке природных ресурсов и экосистемных услуг, а также по экономике изменения климата [8–10]; американский эколог и экономист, один из основателей теории экосистемных услуг Роберт Костанца, занимающийся исследованиями взаимосвязи между экономикой, экологией и социальными процессами и разработкой методов оценки экосистемных услуг и анализа их влияния на благосостояние общества [11, 12].

С появлением проблем глобального изменения климата и потребности в устойчивом развитии концепция устойчивого земледелия получила широкое признание и стала основой для разработки международных программ и инициатив². Основные принципы устойчивого

земледелия включают сбалансированное использование ресурсов, сохранение биологического разнообразия, защиту почвы и воды, поддержку местных сообществ и обеспечение продовольственной безопасности³.

На государственном уровне важность перехода к устойчивому сельскому хозяйству была декларирована странами Европы, обладающими староосвоенными землями⁴. Активно внедряемые в данном регионе в ходе Зеленой революции технологии, чрезмерная эксплуатация ресурсов способствовали деградации почв [13, 14].

Согласно данным исследования А. Jones и др. [15], «105 млн га (16% от общей площади земель Западной Европы) пострадали от водной эрозии в 1990-х гг., 42 млн га — от ветровой эрозии (6,4% земель), порядка 45% почвенных ресурсов в Западной Европе имеют низкое или очень низкое содержание почвенного органического вещества».

Сельскохозяйственная политика Европейского союза долгое время была ориентирована на стимулирование увеличения объемов продукции в сельском хозяйстве. Однако сегодня, осознавая проблемы, связанные с таким подходом, Евросоюз (ЕС) стремится к переходу к устойчивому развитию сельского хозяйства и сельских территорий⁵.

Одна из главных целей текущей сельскохозяйственной политики ЕС — решение экологических и социальных вызовов, связанных с сельским хозяйством. Это включает в себя борьбу с изменением климата, сохранение биоразнообразия, защиту почвы и водных ресурсов, а также обеспечение достойного уровня жизни для сельских сообществ⁶.

Для достижения этих целей в рамках сельскохозяйственной политики ЕС внедряются различные стимулирующие меры и ограничения на использование сельскохозяйственных угодий. Один из ключевых моментов — переориентация субсидий на поддержку практик, способствующих устойчивому развитию сельского хозяйства, таких как экологические меры поддержки, сельскохозяйственные практики, основанные на передовых научных исследованиях и инновациях в сфере сельского хозяйства⁷.

Для мониторинга и оценки реализации устойчивых практик в сельском хозяйстве в ЕС созданы различные инструменты и программы. Также созданы программы по субсидированию органического сельского хозяйства, поощряющие фермеров перейти на более экологически чистые методы⁸. Однако переход к устойчивому развитию сельского хозяйства сталкивается с рядом проблем и вызовов. Некоторые критики считают, что текущая политика все еще слишком ориентирована на сокращение уровня производства, что может привести к дефициту сельскохозяйственной продукции и повышению цен. Есть опасения, что новые стимулирующие меры неравномерно распределяются между

¹ Woodward D., Wui Y.S., Dicks A. Agriculture and Sustainable Development: A Review of Major Sectoral Trends and Practices. FAO Agriculture and Development Economics Division. 2014. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/a-i3740e.pdf> (дата обращения: 01.10.2023).

² United Nations. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. 1987. Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 11.10.2023).

³ Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).

⁴ Борьба с деградацией земель для обеспечения продовольственной безопасности и сохранения услуг, предоставляемых почвенными экосистемами, в Европе и Центральной Азии. Международный год почв. Доклад Европейской комиссии по сельскому хозяйству. 2015. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/mo297r/mo297r.pdf> (дата обращения: 01.09.2023).

⁵ European Commission. Farming and the EU. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/farming-and-eu> (дата обращения: 19.10.2023).

⁶ European Commission. Agriculture and rural development. Режим доступа: https://ec.europa.eu/agriculture/index_en (дата обращения: 20.10.2023).

⁷ European Parliament. EU agricultural policy: main features and stakeholder views. Режим доступа: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637907/EPRS_BRI\(2019\)637907_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637907/EPRS_BRI(2019)637907_EN.pdf) (дата обращения: 20.10.2023).

⁸ European Commission. Organic farming. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/agriculture/organic/> (дата обращения: 21.10.2023).

различными странами — членами ЕС и могут негативно сказаться на региональной экономике [16].

Землеустройство является одним из ключевых инструментов в формировании устойчивого земледелия, поскольку способствует оптимальному использованию земельных ресурсов и позволяет создавать устойчивые и эффективные системы земледелия. Разработка и реализация систем землеустройства основываются на комплексном анализе природных, экономических и социальных факторов, учете потребностей фермеров и заинтересованных сторон⁹. Кроме того, один из основных аспектов устойчивого земледелия, который связан с землеустройством, — сохранение и восстановление биоразнообразия и экосистемных услуг. Землеустройство позволяет определить зоны для сохранения природных ландшафтов, охраняемых территорий и природных резерватов. Оно может помочь в реализации мер по сохранению почвенного плодородия, восстановлению экосистемных функций и защите водных ресурсов [17–19].

Данная статья является второй из цикла работ, цель которого — оценка влияния изменений в структуре посевных площадей и системе землепользования на устойчивость земледелия основных стран производителей продукции растениеводства.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В работе были использованы следующие методы: монографический; методы анализа, систематизации, сравнения и обобщения.

Информационной базой исследований является база данных FAOSTAT Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО).

Поиск источников данных проводился в научных электронных библиотеках и поисковых системах, включая eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus и портал ResearchGate за 1960–2023 гг.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Германия — один из крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции в ЕС. Сельскохозяйственные угодья на 2020 г. составляют порядка 48% — 16 595 тыс. га (табл. 1).

Система землеустройства в Германии является децентрализованной, с региональными и местными органами, отвечающими за земельные вопросы. В соответствии с немецким законом о землеустройстве земельные участки должны быть использованы с учетом экологических, экономических и социальных потребностей. Это означает, что использование земли

Таблица 1. Структура сельскохозяйственных угодий Германии¹, тыс. га

Table 1. Structure of agricultural lands in Germany, thousand ha

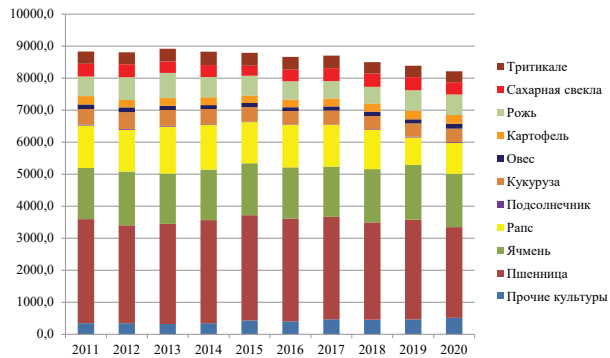
Показатель	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. к 2011 г., %	Доля в общей структуре на 2020 г., %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Площадь сельскохозяйственных угодий,	16 719,0 ²	16 664,0 ²	16 697,0 ²	16 725,0 ²	16 731,0 ²	16 659,0 ²	16 687,0 ²	16 645,0 ²	16 666,0 ²	16 595,0 ²	-1,0	100,0
из них:												
пахотные угодья	12 075,0 ²	12 034,0 ²	12 076,0 ²	12 072,0 ²	12 051,0 ²	11 963,0 ²	11 971,0 ²	11 930,0 ²	11 913,0 ²	11 862,0 ²	-1,8	71,5
пахотные земли	11 875,0 ²	11 834,0 ²	11 876,0 ²	11 869,0 ²	11 846,0 ²	11 763,0 ²	11 772,0 ²	11 731,0 ²	11 714,0 ²	11 664,0 ²	-1,8	70,3
временные пары	229,0 ²	215,0 ²	199,0 ²	189,0 ²	310,0 ²	310,0 ²	318,0 ²	360,0 ²	350,0 ²	358,0 ²	+56,3	2,2
однолетние культуры	8832,0 ²	8804,0 ²	8917,0 ²	8823,0 ²	8790,0 ²	8662,0 ²	8700,0 ²	8500,0 ²	8387,0 ²	8213,0 ²	-7,0	49,5
многолетние культуры	200,0 ²	200,0 ²	200,0 ²	203,0 ²	205,0 ²	200,0 ²	199,0 ²	199,0 ²	200,0 ²	198,0 ²	-1,0	1,2
временные луга и пастбища	2814,0 ²	2815,0 ²	2760,0 ²	2857,0 ²	2746,0 ²	2790,0 ²	2754,0 ²	2871,0 ²	2976,0 ²	3093,0 ²	+9,9	18,6
постоянные луга и пастбища	4644,0 ²	4630,0 ²	4621,0 ²	4651,0 ²	4677,0 ²	4694,0 ²	4715,0 ²	4713,0 ²	4751,0 ²	4730,0 ²	+1,9	28,5
земли, оборудованные для орошения	665,0 ³	678,0 ³	691,0 ²	686,0 ³	680,0 ³	676,4 ²	676,4 ³	676,4 ³	676,4 ³	676,4 ³	+1,7	4,1
Фактически орошаемая сельскохозяйственная площадь	–	–	365,6 ²	–	–	451,8 ²	–	–	–	506,5 ²	+38,3 ⁴	3,1
Сельскохозяйственная площадь под органическим земледелием	1015,6 ²	1034,0 ²	1045,0 ²	1048,0 ²	1088,8 ²	1135,5 ²	1138,3 ²	1221,3 ²	1290,8 ²	1592,7 ²	+56,8	9,6
Пашни под органическим земледелием	–	–	–	–	–	496,4 ²	483,9 ²	531,2 ²	570,1 ²	734,0 ²	+47,9 ⁵	4,4
Постоянные луга и пастбища под органическим земледелием	–	–	–	–	–	639,0 ²	636,0 ²	669,4 ²	698,8 ²	834,2 ²	+30,5 ⁵	5,0
Посевная площадь под традиционной обработкой	–	–	–	–	–	6313,1 ²	–	–	–	–		
Пашни под консервирующей обработкой	–	–	–	–	–	4717,9 ²	–	–	–	–		
Пашни с нулевой или минимальной обработкой	–	–	–	–	–	93,9 ²	–	–	–	–		

Примечание: 1 — таблица составлена на основе базы данных FAOSTAT; 2 — официальные данные; 3 — вмененное значение; 4 — 2020 г. к 2013 г., %; 5 — 2020 г. к 2016 г., %.

⁹ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The Future of Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050. 2019. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf> (дата обращения: 05.10.2023).

Рис. 1. Убранный площадь основных однолетних культур в Германии, тыс. га¹

Fig. 1. Harvested area of the main annual crops in Germany, thousand ha



Примечание: 1 — рисунок составлен авторами на основе данных базы FAOSTAT.

должно быть устойчивым и соответствовать потребностям местных сообществ и экосистем.

На пахотные земли приходится более 70% (11 664,0 тыс. га), из них 49,5 — однолетние культуры (рис. 1).

На Германию приходится более 20% зерна, производимого в ЕС: ржи — 75%, овса — около 20%, ячменя — более 25% (рис. 2).

На низкоплодородных почвах Северогерманской низменности и средневысотных гор активно выращиваются картофель и естественные кормовые культуры.

Установлена тенденция увеличения площади временных лугов и пастбищ, в 2011–2020 гг. этот показатель увеличился на 9,9%. Данный факт объясним преобразованиями в области сельского хозяйства, в частности процессами укрупнения ферм, а также ростом производства отрасли животноводства, дающей около 70% товарной продукции сельского хозяйства.

Засуха — один из основных дестабилизирующих факторов в сельском хозяйстве Германии¹⁰, в связи с чем наблюдается тенденция увеличения доли орошаемых земель. Так, если в 2013 г. в Германии орошалось лишь 365,6 тыс. га, то в 2020-м — на 38,3% больше (506,5 тыс. га).

Германия обладает давними традициями в области производства органической продукции и продажи товаров для здоровья. Первые магазины сети Reformhaus, специализирующиеся на продаже органических и вегетарианских продуктов, открылись в Германии более 120 лет назад¹¹.

Сегодня Германия — один из крупнейших рынков органической продукции [20]. По состоянию на 2020 г. доля земель под органическим земледелием составляет 9,6% (1592,7 тыс. га). За исследуемый период данная площадь выросла на 56,8%.

В Германии террасирование применяется в основном на уклоненных участках, где эрозия почвы является заметной проблемой [21, 22]. В 2018 году 1,2% земельных угодий Германии было занято культурами, выращиваемыми на уклоненных участках с использованием методов террасирования.

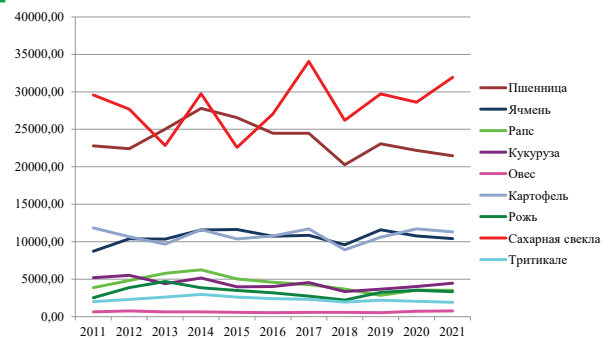
Далее представлены результаты регрессионного анализа зависимости валовых сборов урожая основных сельскохозяйственных культур (Y) от их урожайности (X₁) и посевных площадей (X₂). Для анализа использовались данные FAOSTAT за 2011–2021 гг.

¹⁰ The European Environment — state and outlook. 2020. Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/soer/2020/soer-2020-executive-summary-translations/okruzhaiushchaia-srieda-sostoianiie-i-pierspektivy-2020> (дата обращения: 30.04.2023).

¹¹ Reformhäuser. Geschichte und Philosophie. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20020815130004/http://www.reformhaus.de/branche/geschichte.htm> (дата обращения: 27.04.2023).

Рис. 2. Валовой сбор урожая основных однолетних культур в Германии, тыс. т¹

Fig. 2. Gross harvest of the main annual crops in Germany, thousand tons



Примечание: 1 — рисунок составлен авторами на основе данных базы FAOSTAT.

Уравнение множественной регрессии для пшеницы:

$$Y = -24054,3754 + 314,5281X_1 + 7,6542X_2 \quad (1)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R:

-	Y	X ₁	X ₂
Y	1	0,8897	0,6812
X ₁	0,8897	1	0,2727
X ₂	0,6812	0,2727	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов пшеницы в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9994$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,999$, $F > F_{кр}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,94% общей вариальности Y объясняется изменением факторов X₁.

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности пшеницы на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 314,528 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га приводит к увеличению на 7,654 тыс. т.

По максимальному стандартизованному коэффициенту регрессии $\beta_1 = 0,76$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X₁, тогда как $\beta_2 = 0,474$.

Уравнение множественной регрессии для ячменя:

$$Y = -10686,3174 + 161,3465X_1 + 6,618X_2 \quad (2)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R:

-	Y	X ₁	X ₂
Y	1	0,9193	0,1077
X ₁	0,9193	1	-0,2918
X ₂	0,1077	-0,2918	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов ячменя в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9995$; скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,999$, $F > F_{кр}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,95% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности ячменя на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 161,346 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 6,618 тыс. т.

По максимальному коэффициенту $\beta_1 = 1,039$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_1 , $\beta_2 = 0,411$.

Уравнение множественной регрессии для рапса:

$$Y = -4674,7955 + 133,2931X_1 + 3,5213X_2 \quad (3)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R :

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,7711	0,8288
X_1	0,7711	1	0,2853
X_2	0,8288	0,2853	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов рапса в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9981$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,998$, $F > F_{кр}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,81% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности рапса на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 133,293 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 3,521 тыс. т.

По максимальному стандартизованному коэффициенту $\beta_2 = 0,663$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_2 , $\beta_1 = 0,582$.

Уравнение множественной регрессии для ржи:

$$Y = -3286,5709 + 59,4694X_1 + 5,5507X_2 \quad (4)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R :

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,8657	0,8837
X_1	0,8657	1	0,5357
X_2	0,8837	0,5357	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов ржи в Германии на

основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9967$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,996$, $F > F_{кр}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,67% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности ржи на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 59,469 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 5,551 тыс. т.

По максимальному стандартизованному коэффициенту $\beta_2 = 0,589$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_2 , $\beta_1 = 0,55$.

Уравнение множественной регрессии для картофеля:

$$Y = -10,7087 + 0,252X_1 + 0,04246X_2 \quad (5)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R :

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,8330	0,3202
X_1	0,8330	1	-0,2568
X_2	0,3202	-0,2568	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов картофеля в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9991$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,999$, $F > F_{кр}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,91% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности картофеля на 1 т/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 252 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 42,5 тыс. т.

По максимальному стандартизованному коэффициенту $\beta_1 = 0,98$ делаем вывод, что наиболее значимым предиктором в модели является урожайность картофеля, $\beta_2 = 0,572$.

Как видно из результатов регрессионного анализа, для рапса и ржи площадь посевов является более значимым фактором в формировании валовых сборов продукции, что подтверждается рядом исследований.

Исследование показывает, что посевная площадь — наиболее значимый фактор, влияющий на урожайность ржи в Германии.

Для пшеницы, ячменя и картофеля наиболее значимым показателем в формировании валовых сборов продукции является урожайность. Данный факт обусловлен тем, что Германия имеет устойчивый и предсказуемый климат с мягкой зимой и прохладным летом, что обеспечивает оптимальные условия для роста и развития растений. Климатические условия в Германии в значительной степени определяют урожайность зерновых культур [23–25]. В то же время в других регионах, где климатические условия менее стабильны, площадь посевов может иметь большее значение для увеличения продуктивности культур.

Кроме того, в последние годы в сельскохозяйственном производстве Германии активно внедряются новые технологии и методы возделывания сельхозкультур,

которые позволяют получать более высокую урожайность с единицы площади, в частности использование более продуктивных сортов, оптимизация использования воды, удобрений и других ресурсов, использование почвозащитных методов обработки почвы, методов интегрированной защиты культур¹².

В стране проводятся активные работы по сохранению и улучшению качества почвы благодаря применению методов точного земледелия и улучшению системы вращения культур. Другой аспект устойчивости сельского хозяйства — это использование удобрений и пестицидов, которые могут наносить вред окружающей среде.

В Германии проводятся мероприятия по сокращению использования химических удобрений и пестицидов, развивается органическое земледелие. В отчете ОЭСР за 2023 г.¹³ говорится, что Германия — один из лидеров в Европе по производству и потреблению органических продуктов питания. Еще одним важным аспектом устойчивости сельского хозяйства является сохранение биоразнообразия. В Германии проводятся мероприятия по сохранению и восстановлению биоразнообразия, включая создание специальных заповедников и охраняемых территорий. В отчете FAO за 2019 г.¹⁴ указывается, что Германия — один из лидеров в Европе по площади охраняемых территорий.

Кроме того, в Германии проводятся мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве. В отчете ОЭСР за 2023 г.¹⁵ отмечается, что

Германия активно внедряет методы уменьшения выбросов парниковых газов через сокращение использования химических удобрений и пестицидов, улучшение системы вращения культур и развитие органического земледелия.

Выводы/Conclusion

Таким образом, система землеустройства в Германии является устойчивой и ориентированной на удовлетворение экологических, экономических и социальных потребностей.

В стране активно проводятся мероприятия по сохранению и улучшению качества почвы, сокращению использования химических удобрений и пестицидов, сохранению биоразнообразия и сокращению выбросов парниковых газов. Германия активно развивает органическое земледелие и точное земледелие, что позволяет эффективнее использовать земельные ресурсы и сокращать негативное воздействие на окружающую среду.

Однако, несмотря на все эти мероприятия, анализ отчетов Правительства Федеративной Республики Германия, Организации экономического сотрудничества и развития и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций свидетельствует, что в стране всё еще сохраняются проблемы с загрязнением водных ресурсов, биоразнообразия и снижением плодородия почв.

¹² Report on the implementation of the 2030 Agenda for sustainable development. German Voluntary National Review to the HLPF. 2021. Режим доступа: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/279522021_VNR_Report_Germany.pdf (дата обращения: 01.11.2023).

¹³ OECD Environmental Performance Reviews: Germany. 2023. Режим доступа: <https://www.oecd.org/environment/oecd-environmental-performance-reviews-germany-2023-f26da7da-en.htm> (дата обращения: 01.11.2023).

¹⁴ FAO. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Режим доступа: <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1249500/> (дата обращения: 01.11.2023).

¹⁵ OECD Environmental Performance Reviews: Germany. 2023. Режим доступа: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/bae1b768-en/index.html?itemId=/content/component/bae1b768-en#:~:text=Germany%20produces%20about%202%25%20of,1990%20in%20the%20OECD%20area> (дата обращения: 01.11.2023).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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. Paull J. Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz. 1924. *European Journal of Social Sciences*. 2011; 21(1): 64–70.
2. Young J.A., Evans R.A. Responses of Weed Populations to Human Manipulations of the Natural Environment. *Weed Science*. 1976; 24(2): 186–190. <https://doi.org/10.1017/S0043174500065723>
3. Vera F.W.M. *Grazing Ecology and Forest History*. Oxford: CABI. 2000; xix: 506. ISBN 978-0851994420 <https://doi.org/10.1079/9780851994420.0000>
4. Young J.A., Evans R.A., Eckert Jr. R.E. Environmental quality and the use of herbicides on artemisia/grasslands of the U.S. intermountain area. *Agriculture and Environment*. 1981; 6(1): 53–61. [https://doi.org/10.1016/0304-1131\(81\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0304-1131(81)90027-8)
5. Pearson R.W., Yeager J.H. Agricultural Trends in the Old Cotton Belt. *Advances in Agronomy*. 1957; 9: 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60107-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60107-8)
6. Daly H.E., Farley J. *Ecological Economics: Principles and Applications*. 2nd ed. Washington; Covelo; London: Island Press. 2010; xxvii: 509. ISBN 978-1-59726-681-9
7. Daly H.E. *Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly*. Elgar. 2007; x: 270. ISBN 978-1-84720-101-0 <https://doi.org/10.4337/9781847206947>
8. Barbier E.B. Economics: Account for depreciation of natural capital. *Nature*. 2014; 515(7525): 32–33. <https://doi.org/10.1038/515032a>
9. Barbier E. *Economics for a Fragile Planet: Rethinking Markets, Institutions and Governance*. Cambridge University Press. 2022; xvi: 338. ISBN 978-1108914000 <https://doi.org/10.1017/9781108914000>
10. Barbier E.B. *Nature and Wealth: Overcoming Environmental Scarcity and Inequality*. London: Palgrave Macmillan. 2015; xiii: 270. ISBN 978-1-137-40338-4 <https://doi.org/10.1057/9781137403391>

REFERENCES

1. Paull J. Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz. 1924. *European Journal of Social Sciences*. 2011; 21(1): 64–70.
2. Young J.A., Evans R.A. Responses of Weed Populations to Human Manipulations of the Natural Environment. *Weed Science*. 1976; 24(2): 186–190. <https://doi.org/10.1017/S0043174500065723>
3. Vera F.W.M. *Grazing Ecology and Forest History*. Oxford: CABI. 2000; xix: 506. ISBN 978-0851994420 <https://doi.org/10.1079/9780851994420.0000>
4. Young J.A., Evans R.A., Eckert Jr. R.E. Environmental quality and the use of herbicides on artemisia/grasslands of the U.S. intermountain area. *Agriculture and Environment*. 1981; 6(1): 53–61. [https://doi.org/10.1016/0304-1131\(81\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0304-1131(81)90027-8)
5. Pearson R.W., Yeager J.H. Agricultural Trends in the Old Cotton Belt. *Advances in Agronomy*. 1957; 9: 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60107-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60107-8)
6. Daly H.E., Farley J. *Ecological Economics: Principles and Applications*. 2nd ed. Washington; Covelo; London: Island Press. 2010; xxvii: 509. ISBN 978-1-59726-681-9
7. Daly H.E. *Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly*. Elgar. 2007; x: 270. ISBN 978-1-84720-101-0 <https://doi.org/10.4337/9781847206947>
8. Barbier E.B. Economics: Account for depreciation of natural capital. *Nature*. 2014; 515(7525): 32–33. <https://doi.org/10.1038/515032a>
9. Barbier E. *Economics for a Fragile Planet: Rethinking Markets, Institutions and Governance*. Cambridge University Press. 2022; xvi: 338. ISBN 978-1108914000 <https://doi.org/10.1017/9781108914000>
10. Barbier E.B. *Nature and Wealth: Overcoming Environmental Scarcity and Inequality*. London: Palgrave Macmillan. 2015; xiii: 270. ISBN 978-1-137-40338-4 <https://doi.org/10.1057/9781137403391>

11. Costanza R. *et al.* Development: Time to leave GDP behind. *Nature*. 2014; 505(7483): 283–285. <https://doi.org/10.1038/505283a>
12. Costanza R., Erickson J.D., Farley J., Kubiszewski I. (eds.). *Sustainable Wellbeing Futures: A Research and Action Agenda for Ecological Economics*. Elgar. 2020; xvii: 458. ISBN 978-1-78990-094-1 <https://doi.org/10.4337/9781789900958>
13. Митрофанов С.В., Орлова Н.В. Использование биомодификации удобрений с целью повышения устойчивости растениеводства. *Агрохимический вестник*. 2023; (1): 23–30. <https://www.elibrary.ru/gwuwwc>
14. Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Blagov D.A., Teterin V.S., Panferov N.S., Varfolomeeva M.M. Increasing the efficiency of mineral fertilizers by their biological modification. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2023; 29(1): 43–54.
15. Jeffery S. *et al.* The state of soil in Europe — A contribution of the JRC to the European Environment Agency's environment state and outlook report — SOER 2010. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*. 2012; 71. <https://doi.org/10.2788/77361>
16. Lankoski J., Thiem A. Linkages between agricultural policies, productivity and environmental sustainability. *Ecological Economics*. 2020; 178: 106809. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106809>
17. Hurmi H., Wiesmann U. (eds.). *Global Change and Sustainable Development: A Synthesis of Regional Experiences from Research Partnerships*. *Bern: Geographica Bernensia*. 2010; 578. ISBN 978-3-905835-13-7
18. Dudley N., Gonzales E., Hallett J.G., Keenleyside K., Mumba M. The UN Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030): *What can protected areas contribute?* *PARKS*. 2020; 26(1): 111–116. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PARKS-26-1ND.en>
19. Папаскири Т.В. Роль землеустройства и землеустроительного образования в обеспечении продовольственной безопасности страны. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2023; 65: 52–59. <https://www.elibrary.ru/vzplpw>
20. Joseph S., Friedrich H. Analyzing drivers of organic food sales—A pooled spatial data analysis for Hamburg (Germany). *PLoS ONE*. 2023; 18(10): e0285377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285377>
21. Seeger M. Agricultural Soil Degradation in Germany. Pereira P., Muñoz-Rojas M., Bogunovic I., Zhao W. (eds.). *Impact of Agriculture on Soil Degradation II. The Handbook of Environmental Chemistry*. Cham: Springer. 2023; 121: 87–103. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3
22. Kirschke D., Häger A., Schmid J.C. New Trends and Drivers for Agricultural Land Use in Germany. Weith T., Barkmann T., Gaasch N., Rogga S., Strauß C., Zscheischler J. (eds.). *Sustainable Land Management in a European Context. Human-Environment Interactions*. Cham: Springer. 2021; 8: 39–61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3
23. Chmielewsky F.-M. Impact of climate changes on crop yields of winter rye in Halle (southeastern Germany), 1901 to 1980. *Climate Research*. 1992; 2: 23–33.
24. Gömann H. How Much did Extreme Weather Events Impact Wheat Yields in Germany? — A Regionally Differentiated Analysis on the Farm Level. *Proceedia Environmental Sciences*. 2015; 29: 119–120. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.197>
25. Ljungqvist F.C. *et al.* Climatic signatures in early modern European grain harvest yields. *Climate of the Past*. 2022; 19(12): 2463–2491. <https://doi.org/10.5194/cp-19-2463-2023>
11. Costanza R. *et al.* Development: Time to leave GDP behind. *Nature*. 2014; 505(7483): 283–285. <https://doi.org/10.1038/505283a>
12. Costanza R., Erickson J.D., Farley J., Kubiszewski I. (eds.). *Sustainable Wellbeing Futures: A Research and Action Agenda for Ecological Economics*. Elgar. 2020; xvii: 458. ISBN 978-1-78990-094-1 <https://doi.org/10.4337/9781789900958>
13. Mitrofanov S.V., Orlova N.V. The use of biomodification of fertilizers in order to increase the sustainability of crop production. *Agrochemical Bulletin*. 2023; (1): 23–30 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gwuwwc>
14. Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Blagov D.A., Teterin V.S., Panferov N.S., Varfolomeeva M.M. Increasing the efficiency of mineral fertilizers by their biological modification. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2023; 29(1): 43–54.
15. Jeffery S. *et al.* The state of soil in Europe — A contribution of the JRC to the European Environment Agency's environment state and outlook report — SOER 2010. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*. 2012; 71. <https://doi.org/10.2788/77361>
16. Lankoski J., Thiem A. Linkages between agricultural policies, productivity and environmental sustainability. *Ecological Economics*. 2020; 178: 106809. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106809>
17. Hurmi H., Wiesmann U. (eds.). *Global Change and Sustainable Development: A Synthesis of Regional Experiences from Research Partnerships*. *Bern: Geographica Bernensia*. 2010; 578. ISBN 978-3-905835-13-7
18. Dudley N., Gonzales E., Hallett J.G., Keenleyside K., Mumba M. The UN Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030): *What can protected areas contribute?* *PARKS*. 2020; 26(1): 111–116. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PARKS-26-1ND.en>
19. Papaskiri T.V. The role of land management and land management education in ensuring the country's food security. *Izvestia MAAO*. 2023; 65: 52–59 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vzplpw>
20. Joseph S., Friedrich H. Analyzing drivers of organic food sales—A pooled spatial data analysis for Hamburg (Germany). *PLoS ONE*. 2023; 18(10): e0285377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285377>
21. Seeger M. Agricultural Soil Degradation in Germany. Pereira P., Muñoz-Rojas M., Bogunovic I., Zhao W. (eds.). *Impact of Agriculture on Soil Degradation II. The Handbook of Environmental Chemistry*. Cham: Springer. 2023; 121: 87–103. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3
22. Kirschke D., Häger A., Schmid J.C. New Trends and Drivers for Agricultural Land Use in Germany. Weith T., Barkmann T., Gaasch N., Rogga S., Strauß C., Zscheischler J. (eds.). *Sustainable Land Management in a European Context. Human-Environment Interactions*. Cham: Springer. 2021; 8: 39–61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3
23. Chmielewsky F.-M. Impact of climate changes on crop yields of winter rye in Halle (southeastern Germany), 1901 to 1980. *Climate Research*. 1992; 2: 23–33.
24. Gömann H. How Much did Extreme Weather Events Impact Wheat Yields in Germany? — A Regionally Differentiated Analysis on the Farm Level. *Proceedia Environmental Sciences*. 2015; 29: 119–120. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.197>
25. Ljungqvist F.C. *et al.* Climatic signatures in early modern European grain harvest yields. *Climate of the Past*. 2022; 19(12): 2463–2491. <https://doi.org/10.5194/cp-19-2463-2023>

ОБ АВТОРАХ

Тимур Валикович Папаскири¹

доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора
t_papaskiri@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3780-9060>

Сергей Владимирович Митрофанов²

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
f-mitrofanoff2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>

Надежда Владимировна Орлова²

заведующая отделом экономики инноваций в сельском хозяйстве Института аграрных исследований
nvorlova@hse.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-0252>

Андрей Юрьевич Сошников¹

кандидат экономических наук, врио проректора по административно-хозяйственной деятельности, строительству и развитию имущественного комплекса
SoshnikovAJ@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3019-5131>

Артем Александрович Шевчук¹

заместитель декана факультета землеустройства и управления природопользованием ФГБОУ ВО ГУЗ, директор Центра цифровой трансформации
shevchukaa@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4938-0193>

¹Государственный университет по землеустройству, ул. Казакова, 15, Москва, 105064, Россия

²Высшая школа экономики, Покровский бульвар, 11, Москва, 109028, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Timur Valikovich Papaskiri¹

Doctor of Economics, Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Acting Rector
t_papaskiri@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3780-9060>

Sergey Vladimirovich Mitrofanov²

Candidate of Agricultural Sciences, Research Officer
f-mitrofanoff2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>

Nadezhda Vladimirovna Orlova²

Head of the Department of Economics of Innovation in Agriculture at the Institute of Agricultural Research
nvorlova@hse.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-0252>

Andrey Yuryevich Soshnikov¹

Candidate of Economic Sciences, Acting Vice-Rector for Administrative and Economic Activities, Construction and Development of the property complex
SoshnikovAJ@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3019-5131>

Artem Aleksandrovich Shevchuk¹

Deputy Dean of the Faculty of Land Management and Environmental Management, Director of the Center for Digital Transformation
shevchukaa@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4938-0193>

¹State University of Land Use Planning, 15 Kazakova Str., Moscow, 105064, Russia

²Higher School of Economics, 11 Pokrovsky Boulevard, Moscow, 109028, Russia

УДК 338.48; 332.12

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-153-150

Л.М. Иванова¹ ✉
 А.С. Корнилова²
 Р.А. Певнев¹

¹Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

✉ lka-78@mail.ru

Поступила в редакцию:
18.08.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2024

Принята к публикации:
14.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-153-150

Liudmila M. Ivanova¹ ✉
 Anna S. Kornilova²
 Roman A. Pevnev¹

¹Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

✉ lka-78@mail.ru

Received by the editorial office:
18.08.2023

Accepted in revised:
10.02.2024

Accepted for publication:
14.02.2024

Особенности и перспективы развития сельского туризма в Чувашской Республике

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Сельский туризм относится к развивающейся, перспективной сфере деятельности, обладающей спецификой. Клиенты ищут не просто праздного отдыха, а желают ознакомиться с местными обычаями, а кто-то даже поучаствовать в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции, что приводит к расширению ассортимента фермерской продукции, стимулирует производство экологически чистых продуктов, к развитию малого хозяйствования и улучшению облика села. В статье рассмотрены сущность и значение сельского туризма, описан потенциал агротуризма Чувашской Республики, выделены основные факторы, сдерживающие развитие отрасли, а также задачи, требующие решения.

Методы. В процессе наблюдения, сбора, обобщения и обработки информации использованы различные приемы аналитического, экономико-статистического, графического и других методов исследования. В целях составления стабильных статистических представлений о состоянии общества и общественного мнения в исследуемом регионе было проведено срезное исследование, для чего была составлена анкета и осуществлен электронный опрос респондентов.

Результаты. Проведенный анализ свидетельствует о низком уровне развития сельского туризма в республике. Несмотря на высокий туристско-рекреационный потенциал республики, выделены факторы, сдерживающие развитие сельского туризма: низкий уровень развития сельской инфраструктуры, качество сельских дорог, слабое покрытие сети Интернет, отсутствие современных объектов гостеприимства, сельские жители не готовы к переменам, повышению уровня сервиса, им не хватает образования в соответствующей области. Появление и развитие государственных программ по поддержке инициатив в области сельского туризма могут стать толчком к созданию и преобразованию объектов гостеприимства на селе, а следовательно, и становлению целой новой туристической сферы.

Ключевые слова: региональная экономика, сельский туризм, агротуризм, агропромышленный комплекс, социально-экономическое развитие

Для цитирования: Иванова Л.М., Корнилова А.С., Певнев Р.А. Особенности и перспективы развития сельского туризма в Чувашской Республике. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 153–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-153-150>

© Иванова Л.М., Корнилова А.С., Певнев Р.А.

Features and prospects for the development of rural tourism in the Chuvash Republic

ABSTRACT

Relevance. Rural tourism is a developing, promising field of activity with specific features. Clients are not just looking for an idle holiday, but want to get acquainted with local customs, and some even want to participate in the production and processing of agricultural products, which leads to an expansion of the range of farm products, stimulates the production of environmentally friendly products, the development of small businesses and the improvement appearance of the village. In the article we examined the essence and importance of rural tourism, described the potential of agrotourism in the Chuvash Republic, identified the main factors hindering the development of the industry, as well as problems that require solutions.

Methods. In the process of observing, collecting, summarizing and processing information, various methods of analytical, economic-statistical, graphical and other research methods were used. In order to compile static statistical ideas about the state of society and public opinion in the region under study, a cross-sectional study was carried out, for which a questionnaire was compiled and an electronic survey of respondents was carried out.

Results. The analysis shows the underdevelopment of rural tourism in the republic. Despite the high tourist and recreational potential of the republic, factors hindering the development of rural tourism have been identified: low level of development of rural infrastructure, quality of rural roads, poor Internet coverage, lack of modern hospitality facilities, rural residents are not ready for change, improving the level of service, they lack education in the relevant field.

The emergence and development of government programs to support initiatives in the field of rural tourism can become an impetus for the creation and transformation of hospitality facilities in the countryside, and, consequently, the formation of a whole new tourism sector.

Key words: regional economy, rural tourism, agro-tourism, agro-industrial complex, socio-economic development

For citation: Ivanova L.M., Kornilova A.S., Pevnev R.A. Features and prospects for the development of rural tourism in the Chuvash Republic. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 153–150 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-153-150>

© Ivanova L.M., Kornilova A.S., Pevnev R.A.

Введение/Introduction

Туристическая отрасль и развитие рекреации давно стали одними из важнейших направлений государственной политики большинства государств.

Улучшение качества и продолжительности жизни, оздоровление населения, а также повышение эффективности использования туристско-рекреационного потенциала территорий нашей страны являются стратегической целью развития общества в России. Потенциал индустрии туризма и гостеприимства территорий весьма высок за счет многообразия природно-климатических и культурно-исторических ресурсов. Грамотное использование данных факторов способно повысить предпринимательскую активность и доходы регионов.

Сельский туризм, как один из видов, относится к развивающейся и весьма перспективной сфере деятельности. Изучению сельского туризма посвящены труды многих отечественных ученых, среди которых работы С.А. Гурова [1], З.В. Дороговой [2], А.Э. Гамидовой [3], И.М. Яковенко [4], А.И. Костяева [5]. Обзор публикаций свидетельствует о том, что во многих регионах он активно развивается и становится драйвером развития сельских территорий. Анализ существующих успешных практик говорит, что объекты агротуризма способны преобразовать любое село, деревню. Спецификой сельского туризма является то, что клиенты ищут не просто праздного отдыха, но и желают ознакомиться с местными обычаями, принять участие в каких-либо традиционных обрядовых мероприятиях, а кто-то даже поучаствовать в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Всё это приводит к расширению ассортимента фермерской продукции, стимулирует производство экологически чистых продуктов и в конечном счете развитию малых хозяйствования и улучшению облика села.

С.А. Гуров и З.В. Дорогова в своих работах подчеркивают и роль сельского туризма в активизации населения к предпринимательской деятельности и поддержке жизни на селе. А.И. Костяев в своем исследовании отмечает, что наибольшее значение для сельского местности имеют сельский и культурный виды туризма.

Особую актуальность вопросы развития внутреннего туризма, в том числе сельского, обретают на фоне сложившейся геополитической ситуации. Сфера туризма особенно чувствительна ко всем процессам,

происходящим в мире (финансовый кризис, пандемия, санкции). Так, по данным рисунка 1 видно, что значительно спрос на заграничные поездки упал во время мирового финансового кризиса в 2015–2016 гг., когда путевки резко подорожали за счет падения курса рубля. Следующий очень резкий спад после планомерного наращивания значений до предкризисного периода наблюдается в период пандемии 2020 г. Учитывая изменение мировой политической ситуации, в ближайшее время роста числа выездных туристических поездок граждан России в зарубежные страны ожидать не приходится.

В данной ситуации происходит и будет в дальнейшем происходить переориентация граждан на отдых внутри страны. Решающее значение в развитии отрасли в этот период будут иметь государственная поддержка и обремененная инициативность предпринимательского сектора индустрии туризма и гостеприимства.

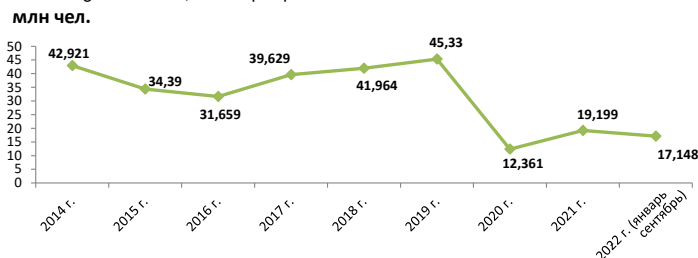
В последние годы со стороны государства уже приняты ряд важных нормативно-правовых актов, направленных на поддержку отрасли, а также широкое развитие получили различные информационные ресурсы, направленные на повышение эффективности взаимодействия туристических объектов с целевой аудиторией.

В этих условиях открываются хорошие перспективы для развития сельского туризма, достаточно нового для нас, но уже популярного за рубежом. Потенциал развития сельского туризма в России также очень высок: «Стратегия развития туризма в Российской Федерации до 2035 года»², «Комплексная программа развития сельских территорий»³ рассматривают сельский туризм как одно из перспективных направлений развития. Вместе с тем доля сельского туризма в общем объеме туристических услуг в нашей стране остается сравнительно низкой. Она оценивается в 2% от общего оборота внутреннего туризма⁴, что свидетельствует о слабом продвижении данного туристического продукта на рынке. Еще недавно не было нормативно-закрепленного определения понятия «сельский туризм», отечественные и зарубежные ученые трактовали его по-разному. Часть авторов даже отождествляли понятия «сельский туризм» и «агротуризм», хотя на агротуризм, как вид сельского туризма, приходится не более 10%. В июле 2021 года в законе 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» был внесен абзац, в котором дано определение: «Сельский туризм — туризм, предусматривающий посещение сельской местности, малых городов с численностью населения до 30 тысяч человек в целях отдыха, приобщения к традиционному укладу жизни, ознакомления с деятельностью сельскохозяйственных товаропроизводителей и (или) участия в сельскохозяйственных работах без извлечения материальной выгоды с возможностью предоставления услуг по временному размещению, организации досуга, экскурсионных и иных услуг»⁵.

В исследовании, говоря о сельском туризме, авторы опираются на данное определение.

Рис. 1. Динамика числа выездных туристических поездок граждан России в зарубежные страны, млн человек¹

Fig. 1. Dynamics of the number of outbound tourist trips of Russian citizens to foreign countries, million people



¹ Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2023).

² Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2019 № 2129-р (ред. от 07.02.2022) «Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года».

³ Постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 (ред. от 23.12.2022) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу 01.01.2023).

⁴ Агротуризм в России. Вызовы-2022 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://agro.atorus.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).

⁵ Федеральный закон от 24.11.1996 № 132-ФЗ (ред. от 28.05.2022) «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации».

Цели исследования — оценка перспектив развития сельского туризма в стране и конкретном регионе, изучение мнения населения по данному вопросу, в частности выявление факторов, сдерживающих предпринимательскую активность в сфере сельского туризма.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

При выполнении исследования для сбора аналитического материала использовались открытые данные официальных сайтов министерств и ведомств, источники периодической печати по данной теме. В процессе наблюдения, сбора, обобщения и обработки информации использованы различные приемы аналитического, экономико-статистического, графического и других методов исследования.

Для получения представлений о точках зрения населения Чувашской Республики проведено срезное исследование с помощью анкетного электронного опроса респондентов. Генеральная совокупность была разбита на однородные типические группы (страты). В целях определения проблем и перспектив развития сельского туризма в Чувашской Республике было проведено анкетирование жителей республики для определения уровня знаний о данном виде туризма и их мнения о перспективности этого направления. Анкетный опрос проводился Чувашским государственным аграрным университетом совместно с Министерством сельского хозяйства Чувашской Республики с 1 по 5 февраля 2023 года посредством «Гугл формы»⁶. Опрос включал различные группы вопросов, касающихся мнения людей о данном виде туризма, наиболее интересных его подвидах, факторах, сдерживающих его развитие, максимально эффективных мерах поддержки развития сельского туризма.

В исследовании принимали участие 500 респондентов, в том числе выпускники образовательного проекта «Школа фермера», студенты и преподаватели образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования, в том числе аграрных, педагогические составы и старшеклассники сельских школ, где функционируют агроклассы, государственные и муниципальные служащие, работники сельскохозяйственных предприятий, а также жители городов и сельской местности республики. В ходе анализа данных использовалась программа Microsoft Office Excel (США). Такая схема отбора обеспечивает присутствие в выборке представителей всех типических групп, то есть высокую репрезентативность выборки по структуре с учетом рассматриваемого признака. При определении объема выборки использовали показатели: размер генеральной совокупности, ошибку выборки (5%), доверительную вероятность (95%).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Общероссийские тенденции развития внутреннего туризма не обошли стороной и Чувашскую Республику. Так, в июле 2021 года утверждена Концепция развития туризма в Чувашской Республике до 2030 года⁷, наряду

с другими видами туризма приоритетным направлением развития в Чувашии обозначен агротуризм. Вместе с тем следует отметить, что пока данный вид туризма в регионе находится на начальной стадии развития. Необходимо провести большой объем работы по повышению узнаваемости и популяризации региона, для чего создать условия для демонстрации гостям республики национальные традиции, быт, культуру, а также блюда национальной кухни⁷. Среди стратегических целей определены: выработка туристического продукта, конкурентоспособного на внутреннем рынке, что позволит расширить внутренний туристический поток; наращивание объемов въездного туризма⁸. Вместе с тем авторами документа выделены факторы, сдерживающие развитие отрасли: недостаток системных и долгосрочных государственных программ финансовой поддержки инициативных проектов в области сельского туризма; отсутствие квалифицированных кадров для развития отрасли; плохой маркетинг территорий и объектов сельского туризма; инертность местных жителей и нежелание менять свой образ жизни.

Для решения вопроса государственной финансовой поддержки в 2020 году впервые был организован и проведен Министерством сельского хозяйства РФ конкурсный отбор на получение гранта «Агротуризм»⁹. Всего в конкурсе приняли участие 223 заявителя, победителями стали 73 сельхозтоваропроизводителя, в том числе фермер из Чувашии. Конкурсная заявка с проектом КФХ Ч.А. Пазюкова «База отдыха «Тургай»» была поддержана, и фермер получил грант в размере 10 млн рублей¹⁰. Аграрий из Чувашии планирует знакомить туристов с особенностями ведения животноводства, пчеловодства и рыбоводства, а также построить мини-зоопарк, который так любят дети.

В целях решения проблемы подготовки кадров для отрасли Чувашским государственным аграрным университетом реализуются два направления: подготовка бакалавров по направлению «сервис в туризме» с направленностью «агротуризм» и (с 2023 года) профессиональная переподготовка в рамках совместного проекта Министерства сельского хозяйства Чувашской Республики при финансовой поддержке АО «Россельхозбанк», Школа фермера по программе «Агробизнес фермерского хозяйства» со специализацией «сельский туризм».

Для предпринимателей же в сфере туризма важно понимать востребованность и наличие интереса у потенциальных потребителей объектов сельского туризма. По данным Чувашстата, в 2021 году туристическими фирмами Чувашии отправлено российских туристов в туры по России 21 359 человек, из них 69% по Чувашской Республике. Всего 23,4% предпочли отдых в Краснодарском крае и Республике Крым, а также 2,3% посетили Москву и Санкт-Петербург¹¹. Выбор жителей места отдыха в пользу родной республики неслучаен, так как природно-климатические условия являются достаточно благоприятными, наличие сосновых и дубовых лесов создает особую атмосферу. Кроме того, регион всегда считался аграрным, эффективно функционируют сельхозтоваропроизводители, специализирующиеся на животноводстве и

⁶https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScG6N-Rhi6tcSxMQF7sWFSjqmbjX1eHB9XQ2w4YzldrvXXU3g/viewform?usp=sf_link

⁷ Официальный сайт Министерства сельского хозяйства ЧР [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://agro.cap.ru> (дата обращения: 09.02.2023).

⁸ Распоряжение Кабинета Министров ЧР от 22.07.2021 № 619-р (ред. от 16.03.2023) «Об утверждении Концепции развития туризма в Чувашской Республике до 2030 года».

⁹ Приказ Минсельхоза России от 10.02.2022 № 68 «Об утверждении порядка проведения конкурсного отбора проектов развития сельского туризма» (зарегистрировано в Минюсте России 29.04.2022 № 68384).

¹⁰ Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mcs.ru> (дата обращения: 09.02.2023).

¹¹ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Чувашской Республике [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://chuvash.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2023).

растениеводстве. Уникальность Чувашской Республики состоит в том, что она является основным производителем российского хмеля (производится 90% от всего хмеля в РФ), сохранились традиции крафтового пивоварения.

Вместе с тем, несмотря на наличие в республике хорошего агротуристического потенциала, сельский туризм пока находится лишь в самом начале своего развития. Имеется несколько объектов сельского туризма, но они сфокусированы на реализации дополнительных услуг: знакомство с традициями, обрядами, кухней, но не предполагают размещения и длительного пребывания. При этом ключевые задачи объектов сельского туризма — предоставление возможности побыть в тишине в экологически чистой среде, стать ближе к природе, что формирует культурно-цивилизированное и цивилизационное отношение человека к природе [6].

Важное значение для данного исследования имеют результаты проведенного анкетирования жителей республики, анализ которых приведен далее.

В связи с высокой важностью мнения молодого поколения анкетирование проводилось в разных возрастных группах. Так, на долю молодежи до 19 лет приходится 16%, от 19 до 29 лет — 30%, от 30 до 39 лет — 13%. Более 40% составили лица старше 40 лет. При формировании вопросов анкеты использовались научные публикации О.Н. Коломыц и С.Н. Смирнова [7, 8].

При опросе выяснилось, что 77% респондентов знакомы с сельским туризмом, из них 60% слышали о таком, а 19% городских жителей и 15% селян достаточно хорошо осведомлены о данном виде туризма. Основными источниками информации являются сеть Интернет (61%) и социальные сети (37%), на средства массовой информации, друзей, коллег и различные семинары приходится около 2%. Не знают о сельском туризме 35% представителей более молодого поколения (до 29 лет). На вопрос о привлекательности территории Чувашии для развития туризма положительное решение приняли 79% сельских жителей и 69% горожан, считают непривлекательной — 6% опрошенных (в основном это лица от 19 до 29 лет).

Среди благоприятных факторов, способствующих развитию данного вида бизнеса, выделяют природно-климатические условия, культурно-исторические и архитектурные достопримечательности, а также географическое положение. Более половины опрошенных отметили благоприятную экологическую обстановку, треть респондентов выделили этнографический фактор (наличие традиций, обрядов, национальной кухни) (рис. 2).

76 % респондентов считают, что развитие агротуризма в республике будет способствовать раскрытию

Рис. 2. Факторы, благоприятно влияющие на развитие сельского туризма в Чувашской Республике, %
Fig. 2. Factors favorably influencing the development of rural tourism in the Chuvash Republic, %



Таблица 1. Факторы, препятствующие развитию сельского туризма в Чувашской Республике

Table 1. Factors hindering the development of rural tourism in the Chuvash Republic

Факторы	Процент опрошенных, %
Отсутствие (недостаток) государственных (ведомственных) программ по развитию данного вида туризма	44,8
Отсутствие (недостаток) информации о бизнес-процессах агротуризма	38,0
Нехватка финансовых ресурсов у фермерских хозяйств для развития нового вида деятельности	57,4
Отсутствие (недостаток) природных ресурсов для развития сельского туризма	14,4
Отсутствие интереса у инвесторов и турфирм к развитию данного вида туризма в регионе	52,2
Недостаточно развита инфраструктура сельских поселений	57,6
Нехватка квалифицированных кадров, способных обслужить, обеспечить безопасность и страхование агротуристов	43,4

потенциала сельских территорий (увеличение числа рабочих мест, рост уровня благосостояния местных жителей, снижение миграции сельских жителей в города и т. д.). Среди наиболее перспективных направлений сельского туризма жители республики выделили активный отдых (рыбалка и охота). Семейный отдых в деревне с возможностью окунуться в сельский быт и сельскохозяйственное производство и лечебно-оздоровительный отдых предпочли респонденты старше 30 лет. Интересными являются, по мнению респондентов, этнический, экологический и гастрономический виды туризма (данным видам туризма отдало предпочтение молодое поколение).

Примечательным является тот факт, что при наличии 77% жителей республики, знающих о данном виде туризма, лишь 5,4% из них регулярно выбирают данный вид отдыха (в основном лица старше 40 лет), 24% всего один раз в жизни посещали объекты агротуризма, а более 70% никогда не были.

Вместе с тем все опрошенные выделили факторы, препятствующие становлению и развитию сельского туризма в Чувашской Республике (табл. 1). Плановая работа над нивелированием их негативного влияния позволит ускорить развитие сельского туризма в регионе.

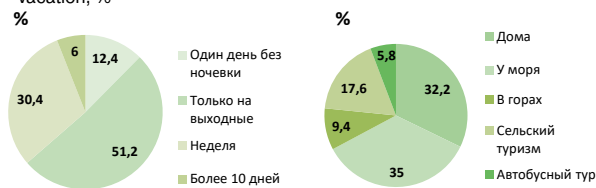
Проблема, поднятая ранее в статье об отсутствии приемлемых условий для проживания и питания в объектах сельского туризма, наглядно проявилась в ответах на вопрос о продолжительности предполагаемой поездки, включающей агротуризм (рис. 3). Чуть более половины опрошенных готовы провести в фермерском хозяйстве только выходные, 12,4% — один день без ночевки, лишь 6% респондентов заинтересованы в длительной поездке (более 10 дней). Для большинства граждан отпуск предполагает комфортные условия проживания, поэтому, выбирая между туристическими поездками на море, в горы или фермерскими хозяйствами, 45% предпочтут первые, где условия размещения более отвечают их требованиям.

Положительным является то, что при планировании следующего отпуска 18,5% респондентов ответили, что предпочтут сельский туризм, при этом треть опрошенных думают остаться дома. Возможно, их тоже можно

Положительным является то, что при планировании следующего отпуска 18,5% респондентов ответили, что предпочтут сельский туризм, при этом треть опрошенных думают остаться дома. Возможно, их тоже можно

Рис. 3. Продолжительность поездки в рамках сельского туризма и планируемое место проведения следующего отпуска, %

Fig. 3. Duration of rural tourism trip and planned location of the next vacation, %



рассматривать как потенциальных клиентов хозяйств, оказывающих услуги сельского туризма, так как этот отдых является достаточно бюджетным и не требует больших временных затрат на перемещение до места отдыха. Для того чтобы заинтересовать потенциальных клиентов, необходимо не только повышать качество предоставляемых им услуг, но и активно развивать информационные ресурсы для распространения рекламной информации и расширения клиентской базы [9]. Результаты опроса показали, что ресурсы социальных сетей и сети Интернет используются не в полной мере, а именно они являются отличным инструментом информирования о продуктах и услугах сельского туризма.

В настоящее время уже есть сайты, предлагающие различные варианты сельского отдыха в России, среди них «За городом, свое родное»¹² и «Росагротуризм»¹³. Однако анализ показал, что в отношении исследуемого региона предлагаются три-пять вариантов проведения выходного дня, отсутствуют более продолжительные туры.

Отсутствие предложений на продолжительный семейный отдых на природе, конечно же, сдерживает развитие сельского туризма в регионе.

Для развития сферы гостеприимства необходимо наличие достаточного количества и удовлетворительного качества коллективных средств размещения [10]. В этих целях авторами была произведена оценка имеющихся мест отдыха, а также их соответствие запросам клиентов. По данным Чувашстата¹⁴, на конец 2020 года в регионе всего 56 объектов сферы гостеприимства расположены в сельской местности и предоставляют чуть менее 5000 мест для размещения гостей. Кроме того, проведенный анализ показал, что места проживания — это, как правило, гостевые дома, представляющие собой обычную деревянную избу с традиционным деревенским убранством (обслуживают гостей сами хозяева) либо старые общежития или гостиницы, немного отремонтированные, но далеко не соответствующие требованиям современного туриста [11].

На наш взгляд, сложившийся традиционный подход без внедрения инновационных технологий не сможет дать толчок для развития отрасли гостеприимства на селе в регионе и тем более не станет драйвером развития сельского хозяйства и экономики в целом. Сельский туризм способствует развитию сервисной деятельности в сельской местности, расширению видов производства сельскохозяйственной продукции, а также развитию человеческого капитала.

Необходимо формировать современную сеть средств размещения, ориентированную на запросы разных категорий потенциальных гостей [12]. Как показывают опросы, многим клиентам, выбирающим сельский туризм, совсем необязательно жилье люкс, главное — чистота и доброжелательность хозяев. При этом нужно помнить, что и в сельском туризме гостиничные объекты классифицируются на категории и ранжируются от одной до пяти звезд¹⁵.

Задача — развивать в регионе сеть, имеющую варианты для всех категорий, потому что клиент, ориентируясь на уровень привлекательности услуг и их качество, способен влиять на повышение конкурентоспособности объекта размещения, обеспечивать доход предприятию гостиничного типа.

Наиболее интересным и актуальным для региона является развитие сельского туризма на основе традиционных видов растениеводства, а именно выращивание овощей и ягод, их переработка и создание на территории хозяйств объектов гостеприимства, соответствующих современным запросам городских жителей. Одним из вариантов развития считается перспективным открытие туристических объектов в формате глэмпинга, предлагающих уникальный туристический продукт на базе крестьянско-фермерских хозяйств Чувашской Республики. Оформление домиков и территории может быть выполнено в сельском стиле. На территории глэмпинга могут располагаться домики-купола (внутри будут кровать, печь, шкаф для хранения вещей и другое), пати-тент с рестораном, санблок и домик-администратора.

При проведении исследования был проведен расчет типового проекта открытия глэмпинга на базе крестьянско-фермерского хозяйства, который подтвердил его эффективность. При построении финансовой модели проекта были сделаны следующие допущения: участок находится в собственности фермера; глэмпинги могут принимать посетителей круглый год; на территории обустроены площадки для проведения пикников с грилем и шашлычницами; ресторан организован в отдельном отапливаемом куполе с кухней; режим работы глэмпинга — 24 часа в сутки (без выходных); в декабре — январе источником доходов являются корпоративы и новогодние празднования; выручка рассчитана с учетом сезонного фактора: летом коэффициент равен 1, весной, осенью и зимой значение варьируется от 0,3 до 0,5.

Средняя стоимость аренды глэмпинга обойдется в 3000 рублей, на питание в сутки уйдет еще порядка 600 рублей на человека. Клиент может самостоятельно готовить пищу, а также привезти продукты с собой. Всего за год планируется разместить до 2100 человек, из них ориентировочно треть воспользуются услугами питания. Выручка от прочих услуг: организация рыбалки, аренда оборудования, катание на лошадях и так далее могут составить до 10% от общей выручки. Общую сумму текущих расходов рассчитали, исходя из того, что 70% в их общей сумме составляет фонд оплаты труда с отчислениями, остальные 30% — коммунальные расходы, амортизация имущества, маркетинг и непредвиденные затраты.

¹² <https://svoe-zagorodom.ru/>

¹³ <https://rosagroturizm.pf/>

¹⁴ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Чувашской Республике [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://chuvash.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2023).

¹⁵ Постановление Правительства РФ от 18 ноября 2020 г. № 1860 «Об утверждении Положения о классификации гостиниц».

Таблица 2. Эффективность инвестиционного проекта
Table 2. Efficiency of the investment project

Наименование показателя	Значение на последний год расчетного периода
Расходы по реализации проекта, тыс. руб.	4380
Количество гостей, 2100 человек в год	4160
Количество рабочих мест	6
Доходы, тыс. руб.	4724,0
Налог, тыс. руб.	165,6
Чистая прибыль, тыс. руб.	938,4
Чистая текущая стоимость (NPV при $d = 5\%$), тыс. руб.	13 164,7
Индекс рентабельности (PI)	3,01
Окупаемость расходов по реализации проекта (PP), мес.	59

Экономические расчеты подтверждают целесообразность развития такого вида туризма, так как положительный финансовый результат от основного вида деятельности позволит создать подушку финансовой безопасности для развития сферы гостеприимства, которая на первом этапе может быть очень затратной для фермера. Расчеты показывают, что создание только одного глэмпинга позволит обеспечить шесть-семь человек работой и достойным официальным доходом, за один год работы предприятие должно будет перечислять в бюджет около 1 млн руб. налоговых платежей и платежей в государственные внебюджетные фонды. Поиск источников государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей не только повысит финансовую грамотность населения, но и будет способствовать развитию сельских территорий.

Выводы/Conclusion

Установлено, что почти 80% опрошенных слышали о сельском туризме, но при этом более 70% никогда не посещали объекты агротуризма, что свидетельствует о

неразвитости данного вида бизнеса в республике. Вместе с тем природно-климатические условия благоприятные для хорошего отдыха и лечения, а также занятия активными видами досуга (конным и горнолыжным спортом, охотой и рыбалкой, речными путешествиями) позволяют говорить о Чувашии как об одном из перспективных туристских регионов Российской Федерации.

Несмотря на высокий туристско-рекреационный потенциал республики, следует отметить наличие ряда факторов, сдерживающих развития именно сельского туризма. Прежде всего это обусловлено низким уровнем развития сельской инфраструктуры, плохим качеством сельских дорог (до сих пор много труднодоступных участков), слабым покрытием сети Интернет, отсутствием современных объектов гостеприимства. Кроме того, сами сельские жители не готовы к переменам, повышению уровня сервиса, им не хватает образования в соответствующей области.

Таким образом, ключевыми направлениями дальнейшей работы для развития сельского туризма в республике должны стать: дополнительное обучение и профессиональная переподготовка глав фермерских хозяйств, руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства по программам в области туризма, в том числе в рамках проекта «Школа фермера»; развитие государственных программ финансовой поддержки проектов, направленных на модернизацию сельской инфраструктуры, а также приобретение и монтаж модульных некапитальных средств размещения.

Значительную помощь в данной сфере может оказать Центр компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержки фермеров Чувашской Республики¹⁶ Российской Федерации, оказывающий консультационную поддержку проектов в области сельского туризма.

¹⁶ <https://крст.рф/region/chuvashia/>

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the 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

- Konyshov E.V., Safarian A.A. The evaluation of development efficiency for the tourism and recreation complex in the regions of Russia with the dea method. *Geographical Bulletin*. 2023; 4(67): 147–159. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-4-147-159>
- Абеуханова Е.Б., Мазбаев О.Б., Баймбетова А.Б. Туризмді дамыту жағдайында трансшекаралық аймақтардың туристік әлеуетін анықтау жолдары (шығыс Қазақстан облысы мысалында). *Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық Ұлттық Университет хабаршысының Экономикалық сериясы*. 2023; (1): 348–359. <https://www.elibrary.ru/dqgetj>
- Содиқов Ш.А. Назарияи илмии истифодаи самараноки иктидорхои сайёҳӣ-рекреатсионии ромит. *Паёми донишгоҳи омӯзгорӣ баҳши Илмҳои табиӣ. Нашрияти Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣ Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни*. 2023; (2): 55–60. <https://www.elibrary.ru/gojrls>
- Гуров С.А. Сельский туризм: динамика и трансформации. Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022; 8(3): 110–128. <https://www.elibrary.ru/quxfxo>
- Дорогова З.В., Хачев М.М., Кокков Н.С. Туризм на сельских территориях: опыт, проблемы, перспективы. *Индустриальная экономика*. 2022; (5–2): 144–151. https://doi.org/10.47576/2712-7559_2022_5_2_144
- Гамидова А.Э. Механизмы регулирования сельского туризма. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2022; (2): 132–138. <https://www.elibrary.ru/ucnphn>

REFERENCES

- Konyshov E.V., Safarian A.A. The evaluation of development efficiency for the tourism and recreation complex in the regions of Russia with the dea method. *Geographical Bulletin*. 2023; 4(67): 147–159. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-4-147-159>
- Abeukhanova E.B., Mazbaev O.B., Baimbetova A.B. In the context of tourism development in transboundary areas ways to determine the tourist potential (on the example of East Kazakhstan region). *ECONOMIC Series of the Bulletin of the L.N. Gumilyov ENU*. 2023; (1): 348–359 (in Kazakh). <https://www.elibrary.ru/dqgetj>
- Sodikov Sh.A. Scientific theory of the effective use of the tourist and recreation potential of romit. *Herald of the Pedagogical University series of natural sciences. Publication of the Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ainy*. 2023; (2): 55–60 (in Tajik). <https://www.elibrary.ru/gojrls>
- Gurov S.A. Rural tourism: dynamics and transformations. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*. 2022; 8(3): 110–128 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/quxfxo>
- Dorogova Z.V., Khachev M.M., Kokov N.S. Tourism in rural areas: experience, problems, prospects. *Industrial Economics*. 2022; (5–2): 144–151 (in Russian). https://doi.org/10.47576/2712-7559_2022_5_2_144
- Gamidova A.E. Regulation mechanisms of rural tourism. *Izvestia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2022; (2): 132–138 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ucnphn>

7. Яковенко И.М., Стречкова Н.В. Сельский туризм: систематизация понятия и осмысление тенденций. Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021; 7(3): 154–168. <https://www.elibrary.ru/wctnqa>

8. Костяев А.И. Развитие туризма в сельской местности. Никоновские чтения. 2020; 25: 127–130. <https://www.elibrary.ru/tjpbng>

9. Михайлова Р.В. и др. Агротуризм как форма культурноцивилизованного и цивилизационного отношения человека к природе. Аграрная наука. 2022; (11): 200–206. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-200-206>

10. Коломыц О.Н., Вандрикова О.В., Королева О.А., Дзигуненко М.М. Проблемы и перспективы развития аграрного туризма в Краснодарском крае. Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020; 9(4): 97–99. <https://www.elibrary.ru/wjncfp>

11. Смирнов С.Н. Инновации и расширение присутствия сельского хозяйства в экономике: пример Хорватии. (Обзор). Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 2: Экономика. 2019; (4): 67–72. <https://www.elibrary.ru/vorurs>

12. Восколович Н.А. Измерение влияния цифровой трансформации сферы услуг на качество жизни населения. Государственное управление. Электронный вестник. 2019; 75: 6–23. <https://www.elibrary.ru/zrfrbd>

13. Карцева А.А. Социально-экономическое развитие национально-культурных традиций сельских территорий. Сборник статей. Санкт-Петербург: Издательство Университета при МПА ЕвразЭС. 2022; 208. ISBN 978-5-91950-113-8

14. Корнилова А.С. Формирование сферы гостеприимства на селе как фактор обеспечения устойчивости развития сельских территорий. Инновации и технологический прорыв в АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Кокино: Брянский государственный аграрный университет. 2020; 2: 337–341. <https://www.elibrary.ru/wtjxmx>

15. Корнилова А.С. Тенденции развития туризма и сферы гостеприимства в сельской местности. Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК. Сборник научных трудов по итогам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б.Х. Жерукова. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова. 2021; 343–347. <https://www.elibrary.ru/zrnqgv>

ОБ АВТОРАХ

Людмила Михайловна Иванова¹
кандидат экономических наук, доцент
lka-78@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7305-688X>

Анна Сергеевна Корнилова²
магистрант
korni_2000.10@mail.ru

Роман Алексеевич Певнев¹
магистрант
rkuller@inbox.ru

¹Чувашский государственный аграрный университет, ул. им. К. Маркса, 27, Чебоксары, 428003, Россия

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

7. Yakovenko I.M., Strachkova N.V. Rural tourism: systematization of the concept and understanding of trends. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*. 2021; 7(3): 154–168 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wctnqa>

8. Kostyaev A.I. Development of tourism in rural areas. *Nikonovskie chteniya*. 2020; 25: 127–130 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tjpbng>

9. Mikhailova R.V. et al. Agrotourism as a form of culturally civilized and civilizational human attitude to nature. *Agrarian science*. 2022; (11): 200–206 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-200-206>

10. Kolomyts O.N., Vandrikova O.V., Koroleva O.A., Dzhigunenko M.M. Problems and prospects of agricultural tourism development in the Krasnodar Territory. *Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration*. 2020; 9(4): 97–99 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wjncfp>

11. Smirnov S.N. Innovation and expanding the presence of agriculture in the economy: the example of Croatia. (Review). *Sotsial'nyye i gumanitarnyye nauki. Otechestvennaya i zarubezhnaya literatura. Seriya 2: Ekonomika*. 2019; (4): 67–72 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vorurs>

12. Voskolovich N.A. Measuring the impact of digital transformation of services on the quality of life. *Public Administration. E-journal (Russia)*. 2019; 75: 6–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zrfrbd>

13. Kartseva A.A. Socio-economic development of national-cultural traditions of rural areas. Collection of articles. St. Petersburg: *University at the Interparliamentary Assembly of the Eurasian Economic Community*. 2022; 208 (in Russian). ISBN 978-5-91950-113-8

14. Kornilova A.S. Formation of the sphere of hospitality in the rural as a factor of ensuring the sustainability of development of rural territories. *Innovations and technological breakthrough in the agro-industrial complex. Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference*. Kokino: Bryansk State Agrarian University. 2020; 2: 337–341 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wtjxmx>

15. Kornilova A.S. Trends in the development of tourism and hospitality in rural area. *The role of science and technology in ensuring the sustainable development of the agro-industrial complex. Collection of scientific papers based on the results of the IX International Scientific and Practical Conference, dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation and Kabardino-Balkaria, Professor B.Kh. Zherukov*. Nalchik: Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V.M. Kokov. 2021; 343–347 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zrnqgv>

ABOUT THE AUTHORS

Ludmila Mikhailovna Ivanova¹
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
lka-78@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7305-688X>

Anna Sergeevna Kornilova²
Student
korni_2000.10@mail.ru

Roman Alexeevich Pevnev¹
Student
rkuller@inbox.ru

¹Chuvash State Agrarian University, 27 K. Marx Str., Cheboksary, 428003, Russia

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya Str., St. Petersburg, 195251, Russia