

ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (76)



IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

2024

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рецензируемый научный журнал
4 номера в год
№ 2 (76)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия
Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-26051 от 18 октября 2006 г.

Журнал входит в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов кандидатских
и докторских исследований

Журнал содержит материалы по основным разделам аграрной науки.
В нем представлены результаты научных исследований и внедрения разработок
в сельскохозяйственное производство
Издаётся с 2004 г.

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

IZVESTIYA SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Peer-reviewed scientific journal
4 issues per year
№ 2 (76)

Journal is registered
in the Federal service on supervision for legislation compliance in the sphere
of mass communications and cultural heritage protection
The registration certificate of mass media
ПИ № FS77-26051 on October 18, 2006

The journal is included into the list of leading reviewed scientific journals and publications recommended
by the Higher Certification Commission of RF for the results publication of candidate
and doctoral research papers

Journal contains materials on main sections of agricultural science.
It presents research results and development implementation results into agricultural production

Published since 2004

Founder – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg
State Agrarian University"

ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Рецензируемый научный журнал

4 номера в год

№ 2 (76)

Главный редактор

Морозов Виталий Юрьевич

Доктор ветеринарных наук, профессор, ректор

Заместитель главного редактора

Колесников Роман Олегович

Кандидат ветеринарных наук, проректор
по научной, инновационной и международной работе

Ответственный секретарь

Мельникова Дарья Андреевна

Кандидат исторических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Атрощенко Геннадий Парфёнович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Афанасенко Ольга Сильвестровна, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией иммунитета растений к болезням ФГБНУ ВИЗР;

Беззубцева Марина Михайловна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой энергообеспечения предприятий и электротехнологий ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Болгов Анатолий Ефремович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство ФГБОУ ВО ПетрГУ;

Брюханов Александр Юрьевич, доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии наук, директор ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Ганусевич Фёдор Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Гаспарян Ирина Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А Тимирязева;

Долженко Виктор Иванович, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель Центра биологической регламентации использования пестицидов ФГБНУ ВИЗР;

Долженко Татьяна Васильевна, доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры защиты и карантина растений ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Донских Нина Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и луговодства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Епимахова Елена Эдугартовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ;

Иванов Алексей Иванович, член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом физико-химической мелиорации и опытного дела ФГБНУ АФИ;

Карташевич Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природоустройства УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»;

Киру Степан Димитрович, доктор биологических наук, профессор кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Лаврищев Антон Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой почвоведения и агрохимия им. Л.Н. Александровой ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Лаптев Георгий Юрьевич, доктор биологических наук, директор ООО «Биотроф»;

Левшин Александр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева;

Митюков Алексей Савельевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН СПб ФИЦ РАН;

Монахос Сократ Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева;

Новиков Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Осипова Галина Степановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Павлюшин Владимир Алексеевич, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией микробиологической защиты растений ФГБНУ ВИЗР;

Парлюк Екатерина Петровна, доктор технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева;

Персикова Тамара Филипповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»;

Попов Владимир Дмитриевич, академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией энергоэффективных электротехнологий ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, заведующий, научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля ФГБНУ ВИР;

Ружьев Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, декан Инженерно-технологического факультета, ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Салеева Ирина Павловна, член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией технологии производства мяса птицы ФНЦ «ВНИТИП» РАН;

Сафронов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарной гигиены, кормления и разведения животных ФГБОУ ВО СПбГУВМ;

Смелик Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Смыков Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»;

Сорокопудов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева;

Спиридонов Анатолий Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Станишевская Ольга Игоревна, доктор биологических наук, руководитель отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц ВНИИГРЖ ФГБНУ «ФИЦЖ – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»;

Терлецкий Валерий Павлович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ ФГБНУ «ФИЦЖ – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»;

Чесноков Юрий Валентинович, доктор биологических наук, директор ФГБНУ АФИ;

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры применения электроэнергии ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ;

Якушев Виктор Петрович, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом моделирования адаптивных агротехнологий ФГБНУ АФИ.

IZVESTIYA OF SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Peer-reviewed scientific journal

4 issues per year

№ 1 (75)

Editor-in-Chief

Morozov Vitaliy Yurievich

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Rector

Deputy Editor-in-Chief

Kolesnikov Roman Olegovich

Candidate of Veterinary Sciences, Vice-Rector for Scientific,
Innovative and International Work

Executive Secretary

Mel'nikova Darya Andreevna

Candidate of Historical Sciences

EDITORIAL BOARD

Atroshchenko Gennady Parfyonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU;

Afanasenko Olga Sylvestrovna, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Plant Immunity to Diseases, FSBSI VIZR;

Bezzubtseva Marina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technologies, FSBEI HE SPbSAU;

Bolgov Anatoly Efremovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management, FSBEI PetrSU;

Ganusevich Fedor Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Research named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU;

Gasparyan Irina Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation and High Technologies in Crop Production, FSBEI HE RSAU – MTAA;

Dolzhenko Victor Ivanovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Center of Biological Regulation of Pesticides Use, FSBSI VIZR;

Dolzhenko Tatiana Vasilevna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE SPbSAU;

Donskikh Nina Alexandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU;

Elena Edugartovna Epimakhova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the basic department "Private Zootechnics, Breeding and Animal Breeding", FSBEI VO Stavropol State Agrarian University;

Ivanov Aleksey Ivanovich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Physical and Chemical Melioration and Experimental Studies, FSBSI ARI;

Kartashevich Anatoly Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Tractors, Cars and Machines for Nature Management, EI «Belarusian State Agricultural Academy»;

Karynbaev Amanbai Kambarbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, LLP «South-West Scientific Research Institute of Livestock and Plant Production»;

Kiru Stepan Dimitrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Plant Growing named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU;

Lavrishchev Anton Viktorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry named after L.N. Alexandrova, FSBEI HE SPbSAU;

Laptev Georgy Yurievich, Doctor of Biological Sciences, Director of LLC «Biotrof»;

Levshin Alexander Grigorievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Operation of Tractor Machines and High Technologies in Crop Production" RSGAU-MSKHA;

Mityukov Alexey Savelyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, FGBUN SPb FIC RAS;

Monakhos Sokrat Grigorievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Breeding and Seed Production of Garden Plants, FSBEI HE RSAU – MTAA;

Novikov Mikhail Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU;

Osipova Galina Stepanovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Cultivation and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU;

Pavlyushin Vladimir Alekseevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Microbiological Plant Protection, FSBSI VIZR;

Parlyuk Ekaterina Petrovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Tractors and Automobiles, FSBEI HE RSAU – MTAA;

Persikova Tamara Fillipovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, EI «Belarusian State Agricultural Academy»;

Popov Vladimir Dmitrievich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, of IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM;

Rakutko Sergey Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Energy Efficient Electrotechnologies, IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM;

Rogozina Elena Vyacheslavovna, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Potato Genetic Resources, FSBSI VIR;

Ruzhyev Vyacheslav Anatolievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Technical Systems, Service and Energy, FSBEI HE SPbSAU;

Saleeva Irina Pavlovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Poultry Meat Production Technology, FSC ARRTPI RAS;

Safronov Sergey Leonidovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Hygiene, Feeding and Breeding of Animals, SPbGUVU

Smelik Viktor Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU;

Smykov Anatoly Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher of the Laboratory of Southern Fruit and Nut Crops, Federal State Budgetary Scientific Institution "Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Research Center RAS;

Sorokopudov Vladimir Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, FSBEI HE RSAU – MTAA named after K.A. Timiryazev;

Spiridonov Anatoly Mikhailovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Storage Technology and Processing of Agricultural Products, FSBEI HE SPbSAU;

Stanishevskaya Olga Igorevna, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Genetics, Breeding and Conservation of Genetic Resources of Agricultural Poultry, All-Russian Research Institute of Plant Breeding, FSBSI «L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry»;

Terletsky Valery Pavlovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, All-Russian Research Institute of Plant Breeding, FSBSI «L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry»;

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electricity Use, FSBEI HE Kuban GAU;

Yakushev Victor Petrovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Modeling Adaptive Agricultural Technologies, FSBSI ARI.

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Мальцев В.К., Лаптев А.Б. Современный подход к определению остаточных количеств инсектицидов в урожае масличных культур	9
Головко А.С., Кувшинова Е.К., Кравцова Е.В. Влияние препаратов различной природы на биологическую активность чернозема обыкновенного и урожайность озимой мягкой пшеницы.....	19
Осипова Г.С., Салих Р.Х., Исакова А.Л. Влияние соротов нигеллы посевной (<i>Nigella sativa</i> L.) и нигеллы дамасской (<i>Nigella damascena</i> L.) на рост, продуктивность и качество семян.....	30
Орлова С.Ю., Горбачева Н.Н. Изучение сортов черешни (<i>Cerasus Avium</i> (L.) Moench) в условиях Северо-Запада России	40

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Криворучко А.Ю., Скорых Л.Н., Сафарян Е.Ю., Криворучко О.Н., Зуев Р.В. Новые полиморфизмы генов мясной продуктивности <i>MSTN</i> и <i>MYOD1</i> у овец породы маньчжурский меринос.....	51
Виноградова Н.Д., Сафронов С.Л. Динамика развития мясного скотоводства в России...	64

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Воронов Е.В., Шамин Е.А., Суслов С.А. Установка с СВЧ-энергоподводом в коаксиальный резонатор для термообработки мясных конфискатов	75
Медведев А.В. Повышение эффективности процесса сушки семян рапса.....	88

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Емельянова Т.В. Петр Юльевич Шмидт и курс зоологии в Ленинградском сельскохозяйственном институте.....	96
---	----

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Maltsev V.K., Laptiev A.B. Modern approach to the insecticide residues determination in oilseed crop yields.....	9
Golovko A.S., Kuvshinova E.K., Kravtsova E.V. Preparations influence of different nature on biological activity of ordinary chernozem and yield of Winter Soft Wheat.....	19
Osipova G.S., Salih R.S., Isakova A.L. Influence of <i>Nigella Sativa</i> L. and <i>Nigella Damascena</i> L. varieties on growth, productivity and seed quality.....	30
Orlova S.Yu., Gorbacheva N.N. Studying sweet cherry varieties (<i>Cerasus Avium</i> (L.) Moench) in the North-West of Russia.....	40

ANIMAL AND VETERINARY SCIENCE

Krivoruchko A.Yu., Skorykh L.N., Safaryan E.Yu., Krivoruchko O.N., Zuev R.V. New polymorphisms of meat productivity gene <i>MSTN</i> and <i>MYOD1</i> in manych merino sheep.....	51
Vinogradova N.D., Safronov S.L. Dynamics of beef cattle breeding in Russia.....	64

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGY

Voronov E.V., Shamin E.A., Suslov S.A. Installation with microwave energy supply in a coaxial resonator for heat treatment of inedible meat wastes.....	75
Medvedev A.V. Increasing the efficiency of rape seed drying process.....	88

HISTORY PAGES

Emelyanova T.V. Peter Yulievich Schmidt and the zoology course at the Leningrad Agricultural Institute.....	96
--	----

Научная статья/ Original research article
УДК 632.911.2
Код ВАК: 4.1.3
doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-9-18

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ИНСЕКТИЦИДОВ В УРОЖАЕ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

В.К. Мальцев ¹ ✉, А.Б. Лаптиев ^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт
защиты растений,

г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия
✉ workvmaltsev@gmail.com

²ООО «Инновационный центр защиты растений»
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат. С учетом роста в России посевных площадей, отведенных под возделывание масличных культур, и увеличивающейся потребности в растительном масле особое значение имеет защита растений от насекомых-вредителей. Использование комбинированных инсектицидов делает все более актуальным создание современных методов контроля остаточных количеств действующих веществ таких препаратов. Анализ разработок в данной области и имеющихся нормативных документов позволил выделить наиболее часто используемые в комбинациях действующие вещества инсектицидов, применяемых в защите масличных культур. В настоящее время это циперметрин, бифентрин и хлорпирифос. Инсектициды с содержанием указанных выше действующих веществ зарегистрированы (Беретта, МД (масляная дисперсия); Нурбел, КЭ (концентрат эмульсии); Раймир, КЭ; Циклон, КЭ; Шаман, КЭ и др.) и уже достаточно активно применяются в защите посевов масличных культур от широкого набора насекомых-вредителей. Нами был разработан оригинальный метод совместного определения остаточных количеств хлорпирифоса, бифентрина и циперметрина в зеленой массе, урожае и масле рапса, подсолнечника и сои, обеспечивающий полноту извлечения действующих веществ на уровне выше 78%. Методика сочетает в себе современный подход к пробоподготовке с использованием модифицированного метода QuEChERS и анализ проб с помощью газожидкостной хроматографии с детектором электронного захвата, что позволяет определять остатки действующих веществ совместно в одной пробе. В основе разработанного метода лежит идея на стадии твердофазной экстракции применять селективный для жиров и восков сорбент С18 в смеси с сульфатом магния и PSA. Все это позволяет существенно снизить содержание мешающих примесей и добиться высокого процента извлечения.

Ключевые слова: масличные культуры, инсектициды, действующие вещества, остаточные количества инсектицидов, газовая хроматография

Цитирование. Мальцев, В.К., Лаптиев, А.Б. / Современный подход к определению остаточных количеств инсектицидов в урожае масличных культур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (76) – С. 9–18, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-9-18.

MODERN APPROACH TO THE INSECTICIDE RESIDUES
DETERMINATION IN OILSEED CROP YIELDSV.K. Maltsev¹ ✉, A.B. Laptiev^{1,2}¹All-Russian Institute of Plant Protection,
St. Petersburg – Pushkin, Russia

✉ workvmaltsev@gmail.com

²ООО Innovative Plant Protection Center,
St. Petersburg – Pushkin, Russia

Abstract. Taking into account the growth of the area under oilseed crops in Russia and the increasing demand for vegetable oil, plant protection against insect pests is of particular importance. The use of combined insecticides makes it increasingly important to create modern methods for controlling residual amounts of the active substances of such drugs. The analysis of developments in this field and available normative documents allowed to identify the most frequently used in combinations active substances of insecticides used in the protection of oilseed crops. Currently they are cypermethrin, bifenthrin and chlorpyrifos. Insecticides containing the above active ingredients are registered (Beretta, MD; Nurbel, CE; Raimir, CE; Cyclone, CE; Shaman, CE, etc.) and are already quite actively used in protecting oilseed crops from a wide range of insect pests. We have developed an original method for the joint determination of residual amounts of chlorpyrifos, bifenthrin and cypermethrin in green mass, harvest and oil of rapeseed, sunflower and soybean, ensuring complete extraction of active substances at levels above 78%. The technique combines a modern approach to sample preparation using a modified QuEChERS method and sample analysis using gas-liquid chromatography with an electron capture detector, which makes it possible to determine residues of active substances together in one sample. The developed method is based on the idea to apply C18 sorbent selective for fats and waxes in a mixture with magnesium sulphate and PSA at the stage of solid-phase extraction. All this made it possible to significantly reduce the content of interfering impurities and achieve a high percentage of recovery.

Key words: oilseeds, insecticides, active ingredients, insecticide residues, gas chromatography

Citation. Maltsev V.K., Laptiev A.B., (2024). ‘Modern approach to the insecticide residues determination in oilseed crop yields’, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, № 2 (76), pp. 9–18, doi 10.24411/2078-1318-2024-2-9-18.

Введение. В Российской Федерации в последние годы наблюдается расширение интереса к возделыванию технических культур, в особенности – масличных (рапс, подсолнечник, соя). На долю подсолнечника при этом приходится более половины площадей в общем списке технических культур. Соя, яровой и озимый рапс делят между собой около трети объема посевов.

С учетом возрастающей потребности в растительном масле особое значение приобретает защита растений от насекомых-вредителей, поскольку их негативное воздействие приводит к снижению не только количественных, но и качественных показателей урожая. Ситуацию обостряет тот факт, что каждая из масличных культур повреждается практически в течение всего периода вегетации, начиная со всходов и заканчивая созреванием урожая.

Наибольшую опасность для капустных культур, прежде всего рапса, представляет капустная моль (*Plutella xylostella* L.). Здесь часто требуется до 6 обработок, а лучший эффект достигается за счет препаратов на комбинированной основе. Подобная ситуация наблюдается во всех регионах возделывания рапса на территории России [1]. Кроме этого, в фазу всходов интенсивно вредят культуре крестоцветные блошки (*Phyllotreta*), в фазу

бутонизации – рапсовый цветоед (*Meligethes aeneus* F.) и семенной скрытнохоботник (*Ceuthorrhynchus assimilis* P.). Довольно часто рапсу наносят повреждения стеблевой капустный скрытнохоботник (*Ceutorhynchus pallidactylus* M.), стручковый комарик (*Dasineura brassicae* W.) и рапсовый листоед (*Entomoscelis adonidis* P.).

Среди вредителей сои, против которых производятся инсектицидные обработки в период всходов, в первую очередь можно отметить клубеньковых долгоносиков (*Sitona*) и озимую совку (*Agrotis segetum* D.). Ветвление растений сопровождается повышенной вредоносностью люцерновой совки (*Chloridea dipsacea* H.) и лугового мотылька (*Loxostege sticticalis* L.). До начала цветения при наличии засушливых условий определенную опасность для растений сои представляют паутинные клещи (*Tetranychus urticae* C.). Во время цветения и созревания бобов соя активно повреждается акациевой (бобовой) огневкой (*Etiella zenckeneila* T.), хлопковой совкой (*Helicoverpa armigera* H.) и соевой плодожоркой (*Leguminivora glicinivorella* M.) [2].

Важные вредители подсолнечника – проволочники, распространенные повсеместно и наносящие серьезный урон урожаю в целом [3]. В фазу всходов опасность также представляют долгоносики и медяки, ближе к бутонизации и вплоть до уборки урожая посевам подсолнечника наносит вред хлопковая совка. При распространении подгрызающих совок поврежденные у корневой шейки растения полегают, посевы изреживаются, снижается урожай. В период до начала цветения опасность вплоть до уничтожения посевов может представлять луговой мотылек, также являющийся многоядным вредителем [4].

Ассортимент химических средств защиты растений, зарегистрированных в стране для применения на масличных культурах, представлен широким спектром препаратов, предназначенных для защиты посевов практически от всего комплекса (вредителей, болезней, сорных растений, вредных организмов).

На этом фоне инсектициды на комбинированной основе, в состав которых входит два или более действующих веществ, все чаще включаются в технологии возделывания масличных культур. Такие препараты благодаря наличию действующих веществ из разных химических классов обладают высокой начальной токсичностью, более продолжительным сроком действия и обеспечивают расширение спектра воздействия. В ассортименте средств, разрешенных к применению на территории Российской Федерации и предназначенных для защиты подсолнечника, рапса и сои, определенным инновационным потенциалом обладают препараты на основе пиретроидов и фосфорорганических соединений [5, 6].

При анализе растительных проб на содержание остаточных количеств действующих веществ комбинированных инсектицидов для каждого компонента по существующим методикам необходимо произвести собственную пробоподготовку с последующим качественным и количественным анализом, что существенно увеличивает сложность и продолжительность данной работы. В последнее время особую актуальность приобретает разработка оригинальных методик, позволяющих совместно определять остаточные количества действующих веществ, содержащихся в комбинированном пестициде.

Анализ разработок в данной области и имеющихся нормативных документов позволил выделить наиболее часто используемые в комбинациях действующие вещества инсектицидов, применяемых в защите масличных культур. В настоящее время это *циперметрин*, *бифентрин* и *хлорпирифос*. Последнее из указанных действующих веществ относится к группе фосфорорганических соединений, обладающих слабовыраженным системным действием.

Хлорпирифос воздействует на нервную систему насекомых путем ингибирования ацетилхолинэстеразы. Бифентрин и циперметрин принадлежат классу синтетических пиретроидов с выраженным контактным действием и блокируют передачу нервных импульсов. Особенностью циперметрина является наличие нескольких изомеров, применяемых как индивидуально, так и в смеси. Инсектициды с содержанием указанных выше действующих веществ зарегистрированы (Беретта, МД; Нурбел, КЭ; Раймир, КЭ; Циклон, КЭ; Шаман, КЭ и др.) и уже достаточно активно применяются в защите посевов масличных культур от широкого набора насекомых-вредителей.

Определение остаточных количеств действующих веществ пестицидов в урожае и продуктах переработки масличных культур осложняется содержанием в анализируемых пробах большого количества триглицеридов, затрудняющих количественное и качественное определение целевых компонентов. При этом пробоподготовка представляет собой один из наиболее важных этапов анализа образцов из урожая подсолнечника, рапса и сои из-за большого содержания липидов, которые экстрагируются органическими растворителями и загрязняют анализируемую пробу.

В большинстве литературных источников, посвященных современным методам контроля остаточных количеств инсектицидов (в том числе и в урожае масличных культур), в качестве основы при пробоподготовке используется метод QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe – Быстро, Просто, Дёшево, Эффективно, Надежно и Безопасно) [7, 8]. Анализ публикаций по исследуемой теме показал, что наилучшим методом очистки масличных матриц является твердофазная экстракция с применением PSA, GCB и сорбента с привитыми фазами C18. Однако сорбент GCB способен адсорбировать не только компоненты матрицы, но и целевые вещества, особенно имеющие плоскую кольцевую структуру молекулы. Таким образом, использование комбинации PSA + C18 дает оптимальные результаты как по степени извлечения действующих веществ, так и по чистоте пробы [9, 10].

Цель исследования – разработка метода совместного определения остаточных количеств хлорпирифоса, бифентрина и циперметрина в зеленой массе, семенах и масле рапса, подсолнечника и сои.

Материалы, методы и объекты исследования. В анализы были включены зеленая масса, семена и масло, полученное после переработки урожая подсолнечника, рапса и сои. При этом использовались аналитические стандарты хлорпирифоса, бифентрина и циперметрин с содержанием основного вещества не менее 98%.

Все исследования проводились с использованием газового хроматографа «Хроматэк Кристалл 5000» с электронно-захватным детектором. Параметры процесса: колонка кварцевая капиллярная 30 м x 0,32 мм с неподвижной фазой RTX-5 (0,25 мкм), температура термостата колонки в режиме программирования температуры от 150 °C (2 мин.) до 270 °C (8,2 мин.) со скоростью 25 градусов/мин.; температура испарителя 250 °C; детектора 350 °C; давление поддувочного газа 130 кПа; газ-носитель – азот; давление газа-носителя в колонке 104,7 кПа (в режиме постоянного давления); деление потока 1:5; хроматографируемый объем 1 мкл.

Результаты исследования. Возможность совместного определения выбранных действующих веществ в чистом гексане, а также на различных объектах исследования (зеленая масса, семена, масло) было протестировано перед разработкой метода совместного определения остаточных количеств хлорпирифоса, бифентрина и циперметрина. Оценка осуществлялась путём внесения действующих веществ в готовые экстракты непосредственно

перед вводом пробы в хроматограф. Результаты этого этапа отображают хроматограммы, представленные на рисунке.

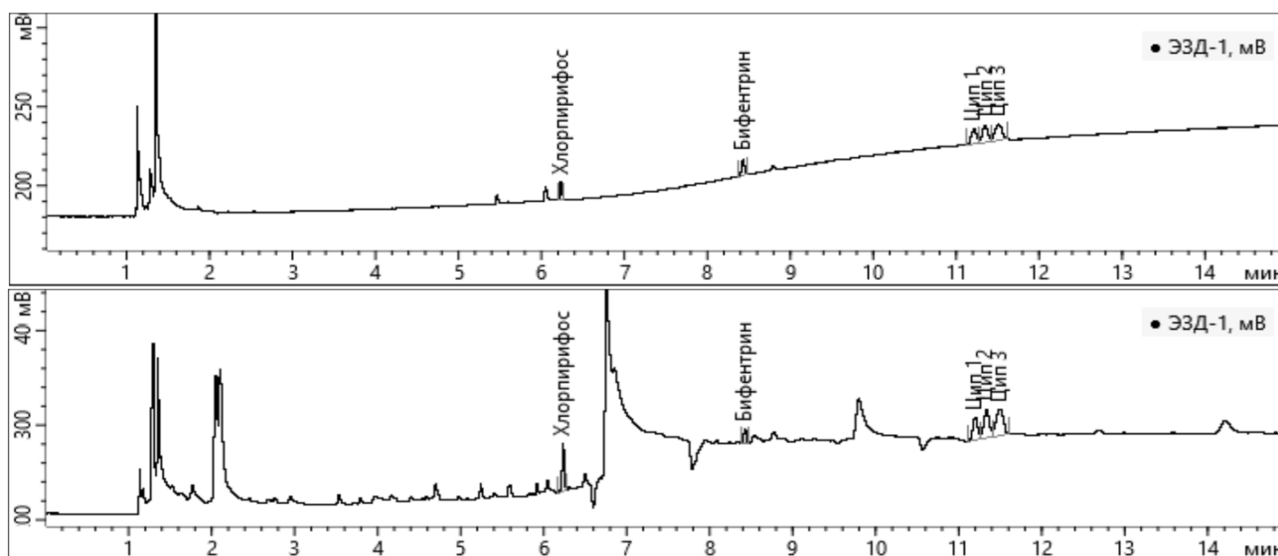


Рисунок. Экспериментально полученные хроматограммы действующих веществ
(1 – в гексане, 2 – в семенах рапса)

Picture. Experimentally obtained chromatograms of active substances (1 – in hexane, 2 – in rapeseeds)

Эти материалы однозначно указывают на возможность совместной идентификации хлорпирифоса, бифентрина и циперметрина на различных объектах. На хроматограммах с пятнадцатиминутным отрезком времени отчетливо видны «сигналы» всех исследуемых действующих веществ. Время детектирования хлорпирифоса составляет 6,2 мин., бифентрин обнаруживался через 8,4 мин. от начала анализа, а циперметрин, поскольку представляет собой смесь изомеров, идентифицируется и количественно оценивается по сумме трех близких сигналов по времени на 11,2; 11,3; 11,5 минутах. Целевые сигналы регистрировались без каких-либо помех со стороны матрицы. Для количественного определения действующих веществ воспользовались методом абсолютной градуировки по 5 точкам согласно европейскому руководству по валидации аналитических методик [11].

Экспериментальное определение и обоснование условий хроматографирования позволило перейти к разработке оригинального метода пробоподготовки. Для решения задачи по снижению содержания растительных липидов, которые усложняют проведение достоверного анализа, из урожая выбранных культур были взяты пробы, с помощью разных методов экстракции из них получено масло. Это прежде всего вымораживание (без использования экстракционных солей), смесь 4 г сульфата магния и 1 г хлористого натрия (стандартный ацетонитрил) заменяли на смесь ацетонитрил-ацетон (9:1), гексан-ацетон (7:3). В конечном итоге в основе разработанного метода на стадии твердофазной экстракции применяется селективный для жиров и восков сорбент C18 в количестве 150 мг в смеси с сульфатом магния (900 мг) и PSA (150 мг). Все это позволяет существенно снизить содержание мешающих примесей и добиться процента извлечения при первой проверке на рапсе не ниже 75%.

Для экстракции действующих веществ из зеленой массы использовали смесь сульфата магния (4 г), хлористого натрия (1 г) и цитратного буфера (1,5 г) без какой-либо последующей очистки. Из-за низкого предела обнаружения циперметрина в зеленой массе, согласно ранее

зарегистрированным методикам и идентификации по трем близким пикам, было необходимо подобрать метод экстракции с максимальной степенью извлечения.

Для каждой исследуемой культуры проводили проверку работоспособности метода по верхнему и нижнему пределу определения. В качестве нижнего предела были выбраны соответствующие показатели из ранее зарегистрированных методик. Число определений для каждого уровня внесения соответствовало 5-кратной повторности. В итоге установлены значения такого показателя, как полнота извлечения, для всех трех охваченных контролем веществ (хлорпирифоса, бифентрина и циперметрина) из зеленой массы, урожая и масла рапса, представленные наряду со стандартным отклонением и доверительными интервалами в таблице 1.

Таблица 1. Параметры определения остаточных количеств инсектицидов в урожае рапса с помощью разработанного метода
Table 1. Parameters for determining residual amounts of insecticides in the rapeseed crop using the developed method

Матрица	Действующее вещество	Предел обнаружения, мг/кг	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг	Полнота извлечения вещества, %
Зеленая масса	Хлорпирифос	0,01	0,01 – 0,1	92,4 ± 3,9
	Бифентрин	0,05	0,05 – 0,5	77,5 ± 3,6
	Циперметрин	0,005	0,005 – 0,05	87,6 ± 3,8
Семена	Хлорпирифос	0,005	0,01 – 0,1	93,2 ± 4,5
	Бифентрин	0,01	0,05 – 0,5	82,4 ± 2,3
	Циперметрин	0,05	0,05 – 0,5	88,4 ± 4,7
Масло	Хлорпирифос	0,005	0,01 – 0,1	93,0 ± 4,3
	Бифентрин	0,01	0,05 – 0,5	83,8 ± 5,1
	Циперметрин	0,05	0,05 – 0,5	88,3 ± 3,3

Средние значения по результатам контроля изученных действующих веществ в урожае рапсе находятся в диапазоне от 77,5% до 93,2%. На этом фоне в целом, согласно приведенным данным, наивысший процент извлечения (около 93%) достигается в отношении хлорпирифоса, а величина показателя по отдельным д. в. практически не зависит от анализируемого субстрата.

Данные факты указывают на высокую результативность и надежность разработанного метода. Это заключение подтверждается и результатами аналитических работ, проведенных с пробами, состоящими из надземной части растений, семян и масла подсолнечника (таблица 2).

**Таблица 2. Параметры определения остаточных количеств инсектицидов
в урожае подсолнечника с помощью разработанного метода**
**Table 2. Parameters for determining residual amounts of insecticides in the sunflower crop
using the developed method**

Матрица	Действующее вещество	Предел обнаружения, мг/кг	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг	Полнота извлечения вещества, %
Зеленая масса	Хлорпирифос	0,01	0,01 – 0,1	88,7 ± 2,3
	Бифентрин	0,05	0,05 – 0,5	80,9 ± 4,6
	Циперметрин	0,005	0,005 – 0,05	89,2 ± 3,8
Семена	Хлорпирифос	0,025	0,025 – 0,25	92,6 ± 3,6
	Бифентрин	0,01	0,01 – 0,1	83,1 ± 3,2
	Циперметрин	0,05	0,05 – 0,5	87,2 ± 4,3
Масло	Хлорпирифос	0,025	0,025 – 0,25	90,2 ± 3,4
	Бифентрин	0,01	0,01 – 0,1	85,4 ± 4,1
	Циперметрин	0,05	0,05 – 0,5	86,6 ± 4,4

Причем в этом случае степень извлечения и хлорпирифоса, и бифентрина, и циперметрина однозначно соответствует уровням не ниже 80%. То есть можно говорить даже о некотором повышении эффективности метода при анализе элементов из урожая подсолнечника. Возможно предположить, что здесь проявились последствия еще более тщательного подбора элементов схемы пробоподготовки.

Результаты апробации метода на растительном материале и масле сои в направлении анализа субстратов после применения на посевах инсектицидов с теми же д.в. также подтверждают действенность разработки. Уровни средних значений определения хлорпирифоса близки к 90%, бифентрина – к 80% и циперметрина – 87% (таблица 3).

**Таблица 3. Параметры определения остаточных количеств инсектицидов
в урожае сои с помощью разработанного метода**
**Table 3. Parameters for determining residual amounts of insecticides
in soybean crops using the developed method**

Матрица	Действующее вещество	Предел обнаружения, мг/кг	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг	Полнота извлечения вещества, %
Зеленая масса	Хлорпирифос	0,01	0,01 – 0,1	89,8 ± 2,2
	Бифентрин	0,05	0,05 – 0,5	83,5 ± 4,4
	Циперметрин	0,005	0,005 – 0,05	87,3 ± 2,9
Семена	Хлорпирифос	0,005	0,005 – 0,05	89,3 ± 4,5
	Бифентрин	0,01	0,01 – 0,1	82,7 ± 2,7

Продолжение таблицы 3

	Циперметрин	0,005	0,005 – 0,05	86,4 ± 3,2
Масло	Хлорпирифос	0,005	0,005 – 0,05	91,4 ± 4,6
	Бифентрин	0,01	0,01 – 0,1	78,0 ± 4,4
	Циперметрин	0,05	0,05 – 0,5	89,1 ± 3,6

То есть и здесь разработанный метод имеет высокие средние значения извлечения из зеленой массы, урожая и масла сои. Размерность же доверительного интервала среднего результата указывает на явную стабильность и высокую воспроизводимость результатов.

Выводы. Таким образом, на основе использования современных подходов к пробоподготовке в аналитических исследованиях и тщательного подбора условий хроматографирования на ГХ-ДЭЗ разработан оригинальный метод совместного определения сразу нескольких (хлорпирифоса, бифентрина и циперметрина) действующих веществ инсектицидов в зеленой массе, урожае и продуктах его переработки масличных культур. Подтверждением его высокой эффективности выступают высокие и одновременно идентичные показатели, полученные в процессе апробации на материале трех основных культур данной группы. Используя данный метод, можно определять следовые количества сразу трех представленных в этой работе или в любом их сочетании действующих веществ.

Список источников литературы

1. Бобрешова, И.Ю. Метод феромониторинга капустной моли (*Plutella xylostella* L.) – опасного вредителя рапса / И. Ю. Бобрешова, Т. А. Рябчинская, С. В. Стулов, Ю. Б. Пятнова, С.Д. Каракотов // Агрохимия. – 2020. – № 7. – С. 68–75.
2. Пушня, М.В. Разработка биологических методов защиты сои в центральной зоне Краснодарского края / М. В. Пушня, Е. Г. Снесарева, Е. Ю. Родионова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы конференции (Симферополь, 05–09 октября 2020 г.). – Симферополь: Ариал, 2020. – С. 89–91.
3. Семеренко, С.А. Изменение видового состава насекомых – вредителей подсолнечника в условиях юга России / С. А. Семеренко // Защита и карантин растений. – 2020. – № 3. – С. 22–26.
4. Семеренко, С.А. Значение феромониторинга для своевременного выявления насекомых вредителей в посевах масличных культур и борьбы с ними / С. А. Семеренко // Защита и карантин растений. – 2020. – № 9. – С. 30–31.
5. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – Москва: Приложение к журналу «Защита и карантин растений» – 2022. – С. 880.
6. Лаптиев, А.Б. Эффективность и безопасность пестицидов в защите подсолнечника от вредных организмов / А. Б. Лаптиев, В. К. Мальцев // Агрохимия. – 2023. – № 11. – С. 63–70.
7. Li, R. Chlorpyrifos residue levels on field crops (rice, maize and soybean) in China and their dietary risks to consumers / R. Li. // Food Control. Elsevier Ltd. – 2015. – № 51. – С. 212–217.
8. Abdel Ghani, S.B. A Fast and Easy QuEChERS-DLLME Method Combined with GC-MS for Ethion and Bifenthrin Residues Determination and Study of Their Dissipation Dynamics in Palm Dates / S.B. Abdel Ghani, S.S. Alhewairini, S. Hrouzková // Food Anal Methods. Springer New York LLC. – 2018. – Вып. 11. – № 12. – С. 3542–3550.

9. Polgár, L. Comprehensive evaluation of the clean-up step in QuEChERS procedure for the multi-residue determination of pesticides in different vegetable oils using LC-MS/MS / L. Polgar // *Analytical Methods*. – 2012. – Вып. 4. – № 4. – С. 1142–1148.
10. Perestelo, R. QuEChERS – fundamentals, relevant improvements, applications and future trends / R. Perestello, P. Silva, P. Priscilla-Figueira, J. Pereira, C. Silva, S. Medina, J. Camara // *Analytica Chimica Acta*. – 2019. – Вып. 1070. – С. 1–28.
11. Magnusson, B. Eurachem Guide: Валидация аналитических методик // B. Magnusson, U. Örnemark. – СПб.: Профессия, 2016. – С. 312.

References

1. Bobreshova, I.Yu., Ryabchinskaya, T.A., Stulov S.V., Pyatnova, Yu.B. and Karakotov, S.D. (2020), “Method of pheromonitoring of cabbage moth (*Plutella xylostella* L.) – a dangerous pest of rapeseed”, *Agrohimiya*, no. 7, pp. 68–75.
2. Pushnja, M.V., Sneseva, E.G. and Rodionova, E.Yu. (2020), “Development of biological methods for soybean protection in the central zone of the Krasnodar Region”, *Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoj nauki: materialy konferencii* [Current state, problems and prospects for the development of agricultural science: conference materials], Simferopol, Russia, 5-9 October, pp. 89–91.
3. Semerenko, S.A. (2020), “Changes in the species composition of sunflower pests in the south of Russia”, *Zashchita i karantin rastenij*, no. 3, pp. 22–26.
4. Semerenko, S.A. (2020), “The importance of pheromonitoring for the timely detection of insect pests in oilseed crops and their control”, *Zashchita i karantin rastenij*, no. 9, pp. 30–31.
5. *List of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation. Moscow: Supplement to the journal “Plant Protection and Quarantine”* (2022), Moscow, Russia.
6. Laptiev, A.B. and Maltsev, V.K. (2023), “Efficiency and safety of pesticides in protecting sunflower from harmful organisms”, *Agrohimiya*, no. 11, pp. 63–70.
7. Li, R. (2015), “Chlorpyrifos residue levels on field crops (rice, maize and soybean) in China and their dietary risks to consumers”, *Food Control*, no. 51, pp. 212–217.
8. Abdel Ghani, S.B., Alhewairini, S.S. and Hrouzková, S. A. (2018), “Fast and Easy QuEChERS-DLLME Method Combined with GC-MS for Ethion and Bifenthrin Residues Determination and Study of Their Dissipation Dynamics in Palm Dates”, *Food Anal Methods* vol. 11, no. 12, pp. 3542–3550.
9. Polgár, L. (2012), “Comprehensive evaluation of the clean-up step in QuEChERS procedure for the multi-residue determination of pesticides in different vegetable oils using LC-MS/MS”, *Analytical Methods*, vol.4, no. 4, pp. 1142–1148.
10. Perestelo, R., Silva, P., Priscilla-Figueira, P., Pereira, J., Silva, C., Medina, S and Camara, J. (2019), “QuEChERS – fundamentals, relevant improvements, applications and future trends”, *Analytica Chimica Acta*, vol.1070, pp. 1–28.
11. Magnusson, B. and Örnemark, U. (2016), “Eurachem Guide Validation of analytical methods”, Translated by Nezhikovskij G.R. and Kadis R.L., 2nd edition, Profession, St-Petersburg, Russia.

Сведения об авторах

Мальцев Василий Константинович, аспирант, Центр биологической регламентации использования пестицидов, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-7899-0142>, SPIN-код: 7560-9043; workvmaltsev@gmail.com.

Лаптиев Александр Борисович, доктор биологических наук, центр биологической регламентации использования пестицидов, Федеральное государственное бюджетное научное

учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», директор, ООО «Инновационный центр защиты растений», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-4072-2844>, SPIN-код: 2655-4302; laptiev@icZR.ru

Information about the authors

Vasiliy K. Maltsev, postgraduate student, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Institute of Plant Protection», Center for Biological regulation of Pesticide Use, Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-7899-0142>, SPIN-code: 7560-9043, ; workvmaltsev@gmail.com.

Alexander B. Laptiev, Doc. Sci. (Biol.), Center for Biological regulation of Pesticide Use, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Institute of Plant Protection», Director, LLC «Innovative Center for Plant Protection», Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-4072-2844>, SPIN-code: 2655-4302; laptiev@icZR.ru.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

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

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 18.04.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 20.03.2024; approved after reviewing 18.04.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья/ Original research article
УДК 631.811.98:(631.445.4 + 633.1«324»)
Код ВАК 4.1.3
doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-19-29

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

А.С. Головки¹, Е.К. Кувшинова¹✉, Е.В. Кравцова¹

¹Азово-Черноморский инженерный институт – филиал федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Донской государственный аграрный университет»
г. Зерноград, Ростовская область, Россия
✉ kuv.ek61@yandex.ru

Реферат. Статья посвящена изучению биологической активности чернозема обыкновенного под влиянием различных биопрепаратов. Исследования проводили в течение 3 лет в Агротехнологическом центре Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (Россия, г. Зерноград), расположенного в южной сельскохозяйственной зоне Ростовской области. Материалом для проведения однофакторного полевого опыта послужили препараты различной природы, используемые для обработки семян и растений в течение вегетации. Опыт был заложен с сортом озимой мягкой пшеницы Дон 107, предшественник – горох. Биологическую активность почвы в пахотном слое оценивали методом льняных полотен (аппликационный метод) по Д.Г. Звягинцеву. Интенсивность микробиологических процессов в почве определяли в основные фенологические фазы озимой мягкой пшеницы: весеннее кушение, выход в трубку, колошение и полную спелость. Во все годы интенсивность разложения льняного полотна постепенно усиливалась к концу вегетации озимой пшеницы, и биологическая активность почвы в пахотном слое была максимальной. В среднем за 3 года в период весеннего кушения высокая активность почвенных микроорганизмов была обусловлена влиянием препарата Гумифул Про – 14,9%, в фазе выхода в трубку она усиливалась в варианте с Гумавитом – 35,1%, в колошение самой высокой она была на контроле – 68,9%, а в полную спелость лидировала программа «Максимум» – 81,7%. Во влажные годы (2021 г. и 2023 г.) к фазе полной спелости положительно влияли на биологическую активность почвы препараты Программа «Максимум», Гумавит и Рутер, в засушливом 2022 г. наибольшее влияние оказали препараты Гумифул Про и Рутер. Урожайность сорта озимой мягкой пшеницы Дон 107 слабо варьировала под влиянием изучаемых препаратов.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, аппликационный метод, биопрепараты, фаза вегетации, осадки, температура, озимая пшеница, урожайность

Цитирование. Головки А.С., Кувшинова Е.К., Кравцова Е.В. Влияние препаратов различной природы на биологическую активность чернозема обыкновенного и урожайность озимой мягкой пшеницы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (76) – С. 19–29, doi 10.24411/2078-1318-2024-2-19-29.

PREPARATIONS INFLUENCE OF DIFFERENT NATURE
ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF ORDINARY CHERNOZEM
AND YIELD OF WINTER SOFT WHEATA.S. Golovko¹, E.K. Kuvshinova¹✉, E. V. Kravtsova¹¹Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Don State Agrarian University

Zernograd, Rostov Region, Russia

✉kuv.ek61@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the biological activity of ordinary chernozem under the influence of various biological products. The research was carried out for three years at the Agrotechnological Center of the Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State Agrarian University (Russia, Zernograd), located in the southern agricultural zone of the Rostov Region. The material for single-factor field experiment was preparations of different nature used for seed and plant treatment during vegetation. The experiment was carried out with the soft winter wheat variety Don 107, which was preceded by peas. Biological activity of soil in the arable layer was estimated by the linen cloth method (application method) according to D.G. Zvyagintsev. The intensity of microbiological processes in the soil was determined during the main phenological phases of winter soft wheat: spring tillering, phase of beginning of stem elongation, earing and full ripeness. In all years, the intensity of flaxseed decomposition gradually increased towards the end of the winter wheat growing season and the biological activity of the soil in the arable layer was maximum. Over three years on average during the spring tillering period, the high activity of soil microorganisms was due to the influence of the preparation Gumiful Pro amounting to 14.9%, the phase of beginning of stem elongation makes it possible to get increased in the combination with Gumavit accounting to 35.1%, at earing, being the highest at control, it was 68.9%, while at full ripeness it was Program “Maximum” that was in the lead accounting to 81.7%. In wet years (2021 and 2023), these were the preparations Program “Maximum”, Gumavit and Ruter that had a positive effect on the biological activity of the soil towards the phase of full ripeness; the preparations Gumiful Pro and Ruter had the greatest impact in the dry year 2022. The yield of the winter soft wheat variety Don 107 varied slightly under the influence of the studied preparations.

Keywords: soil biological activity, application method, biological products, vegetation phase, precipitation, temperature, winter wheat, yield

Citation. Golovko, A.S., Kuvshinova E.K., Kravtsova E.V. (2024), ‘Preparations influence of different nature on biological activity of ordinary chernozem and yield of winter soft wheat’, *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, (In Russ.), № 2 (76), pp. 19–29, doi 10.24411/2078-1318-2024-2-19-29.

Введение. В последние годы интерес к органическому земледелию постоянно растет. В отрасли растениеводства это проявляется в поиске новых приемов, основанных на применении биологических препаратов различной природы, оказывающих положительное влияние на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных растений. Многие препараты обогащают почву полезной микрофлорой, подавляют развитие патогенов, улучшают питание растений. Ведущую роль в биохимических превращениях и круговороте различных элементов в агрофитоценозах играют почвенные микроорганизмы [1, 2]. Представление о влиянии различных биопрепаратов на направленность и интенсивность микробиологических процессов в почве могут дать методы учета интенсивности разрушения клетчатки почвенными организмами. Аппликационный метод позволяет установить степень

разложения льняных полотен (целлюлозы) и свидетельствует о биологической активности почвы [3–8].

В Ростовской области озимая мягкая пшеница занимает приоритетное положение. По ее посевной площади область занимает первое место среди субъектов Российской Федерации и в 2023 г. в 5-й раз стала лидером по валовому сбору зерна среди регионов страны [9].

За последние 5 лет отмечено увеличение посевной площади озимой пшеницы в Ростовской области по сравнению с 2019 г. и увеличение ее урожайности (таблица 1).

Таблица 1. Производство озимой пшеницы в Ростовской области (2019–2023 гг.)
Table 1. Winter wheat production in the Rostov Region (2019–2023)

Показатель	Ед. изм.	Год					Среднее за 5 лет
		2019	2020	2021	2022	2023	
Площадь посевная	млн га	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	2,9
Урожайность	ц/га	35,5	36,4	39,5	44,8	46,4	40,5
Валовый сбор	млн т	10,0	10,5	11,4	13,5	13,8	11,8

Одним из направлений в повышении урожайности озимой мягкой пшеницы является разработка и внедрение новых элементов технологии ее возделывания за счет применения современных агрохимикатов для обработки семян и растений. Поэтому углубление знаний о влиянии этих препаратов на биологическую активность почвы и изучение особенностей формирования продуктивности этой культуры послужило основой наших исследований.

Цель исследований заключалась в изучении влияния различных препаратов на биологическую активность чернозема обыкновенного за весь период вегетации озимой пшеницы и на ее урожайность в южной природно-сельскохозяйственной зоне Ростовской области.

Исследования проводили в Агротехнологическом центре Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ в 2021–2023 гг. (Россия, г. Зерноград, Ростовская область).

Материалом для проведения однофакторного полевого опыта послужили препараты различной природы (фактор А), используемые согласно схеме:

1. Контроль.
2. Алга 1000 турбо.
3. Программа «Максимум».
4. Гумавит.
5. Гумифул Про.
6. Рутер.

Алга 1000 турбо – ценное органоминеральное удобрение на основе экстракта морских водорослей, содержащее альгиновую и аминокислоты, макро-, мезо- и микроэлементы в хелатной форме.

Программа «Максимум» включает несколько компонентов. Питание растений обеспечивают препараты Organit P и Organit N, защиту растений от болезней – препарат Organica S, снижает биогенные и абиогенные стрессы и стимулирует иммунитет растений препарат Biodux.

Гумавит содержит гуминовые кислоты, витамины, природные фитогормоны, а также микро- и макроэлементы в виде доступных органических соединений. Оказывает положительное действие на процессы питания, роста, обмена и фотосинтеза, способствует выращиванию здоровых растений, получению качественного, экологически безопасного урожая, восстановлению и сохранению питательного потенциала почв.

Гумифул Про – удобрение на основе гуминовых и фульвокислот, производимое путем обработки природного бурого угля – леонардита – водным раствором гидроокиси калия и последующим обогащением экстракта макро- и микроэлементами. Стимулирует полезную почвенную и эпифитную микрофлору. Совместное действие микроорганизмов и гуминовых кислот позволяет обеспечить растения элементами питания в доступной для них форме. Обеспечивает оздоровление, детоксикацию и рекультивацию почв за счет способности к связыванию радионуклидов, пестицидов, токсинов и тяжелых металлов.

Рутер – жидкий биостимулятор с высоким содержанием растительных гормонов на основе экстракта морских водорослей, высокоэффективный стимулятор корнеобразования.

Предметом исследований послужил сорт озимой мягкой пшеницы Дон 107 селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Россия, г. Зерноград, Ростовская область).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый теплый, кратковременно и периодически промерзающий. Агрохимические показатели пахотного слоя: содержание гумуса (по методу Тюрина) 4,1%; подвижного фосфора – очень низкое: 18–25 мг/кг; обменного калия – очень высокое: 350–400 мг/кг; pH = 7,61. Предшественник – горох. Площадь делянки 33,3 м², повторность 3-кратная.

Методы исследований. Препараты использовали для обработки семян озимой мягкой пшеницы после протравливания инсектофунгицидным протравителем для зерновых культур Сценик Комби (фирмы Bayer) с нормой 1,4 л/т. Растения обрабатывали дважды за вегетацию, в фазы кущения и выхода в трубку, дозами, рекомендованными производителями. В качестве контрольного варианта использовали семена, обработанные только протравителем. Растения на контроле обрабатывали водой.

Биологическую активность почвы оценивали методом льняных полотен (аппликационный метод) по Д.Г. Звягинцеву. Для этого льняные полотна размером 15×30 см закладывали вертикально на глубину пахотного слоя почвы (0...30 см) в первой декаде марта. Количество полотен определялось числом основных фаз вегетации растений. Полотна закладывали точечно, в 3-кратной повторности для каждой фазы вегетации. Извлечение полотен, их разложение и оценку биологической активности почвы проводили в следующие сроки: весеннее кущение, выход в трубку, колошение и полная спелость (фактор В). Для оценки биологической активности почвы руководствовались шкалой: очень слабая – менее 10% разложившегося полотна; слабая – 10–30%; средняя – 30–50%; сильная – 50–80%; очень сильная – более 80% [10].

Основную обработку и подготовку почвы, посев и уход за посевами озимой мягкой пшеницы осуществляли согласно Зональной системе земледелия Ростовской области для Южной зоны [11]. Уборку делянок осуществляли малогабаритным комбайном методом прямого комбайнирования при достижении зерном полной спелости. Полевые опыты и лабораторные исследования проводили согласно ГОСТам и общепринятым методикам.

Условия проведения исследований. По данным метеостанции «Зерноград» (Россия, Ростовская область), температура воздуха в годы исследований была близка к

среднемноголетним показателям и даже превышала среднемноголетнюю норму, например в апреле, июне и июле во все годы проведения исследований. По количеству и периодам выпадения осадков годы проведения исследований несколько различались. За 2020–2021 сельскохозяйственный год их выпало 563,4 мм, за 2021–2022 сельскохозяйственный год – 532,1 мм, а за 2022–2023 гг. – 576,0 мм при среднемноголетних значениях 584,2 мм [12]. От весеннего кущения до полной спелости озимой пшеницы максимальное количество осадков было отмечено в 2021 г. – 299 мм, а минимальное – в 2022 г. – 105 мм. В 2023 г. за указанный период осадков выпало 236 мм.

Результаты исследований. В 2021 г. в фазе кущения в некоторых вариантах опыта биологическая активность почвы была достоверно выше по сравнению с контролем ($HC_{P05} = 2,98\%$), за исключением вариантов с препаратом Рутер и Программой «Максимум». Наибольший разлагающий эффект был отмечен в варианте с применением препарата Алга (14,9%). К фазе выхода в трубку преимущество препарата Алга (58,1%) по сравнению с контролем (34,3%) сохранилось. Достоверность биологической активности была доказана также при использовании Гумавита (58,6%) и Гумифула Про (39,4%). Остальные варианты опыта были неэффективны по сравнению с контролем.

К фазе колошения биологическая активность почвы продолжала увеличиваться и составила от 50,3% в варианте с Программой «Максимум» до 75,0% в контроле. Микробиологическая активность на уровне контроля была отмечена только при использовании Гумавита (72,7%), на фоне остальных препаратов она была достоверно ниже контрольного варианта, но характеризовалась в эту фазу вегетации как сильная (рисунок 1).

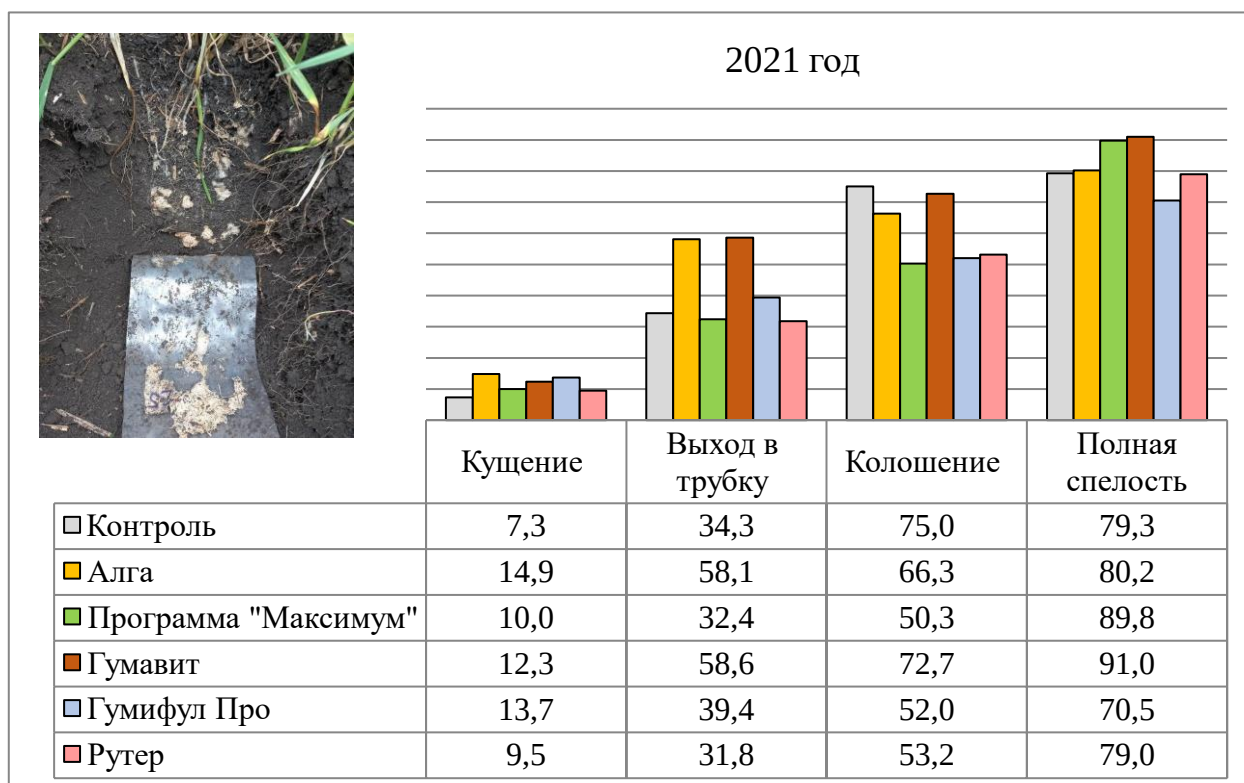


Рисунок 1. Биологическая активность почвы в 2021 г., %

Figure 1. Biological activity of soil in 2021, %

К полной спелости биологическая активность почвы в опыте продолжала расти до 70,5–91,0% и оценивалась как сильная и очень сильная. Максимальные значения выявлены в вариантах с Программой «Максимум» (89,8%) и Гумавитом (91,0%), которые достоверно превысили контрольный вариант (79,3%).

В условиях 2022 г. наибольшей биологической активностью почвы в фазе кущения и выхода в трубку был отмечен вариант с препаратом Гумифул Про (25,1 и 41,4% соответственно). В колошение и в полную спелость максимальная микробиологическая активность проявилась в варианте с препаратом Рутер (62,7 и 64,3% соответственно фазам).

По сравнению с предыдущим 2021 г. интенсивность разложения льняного полотна к фазе полной спелости была слабее и составила всего 45,5–64,3%. Недостаток осадков в мае и июне месяце, иссушение верхних слоев почвы препятствовали более интенсивному разложению полотен и характеризовали биологическую активность почвы к концу вегетации озимой пшеницы как среднюю и сильную (рисунок 2).

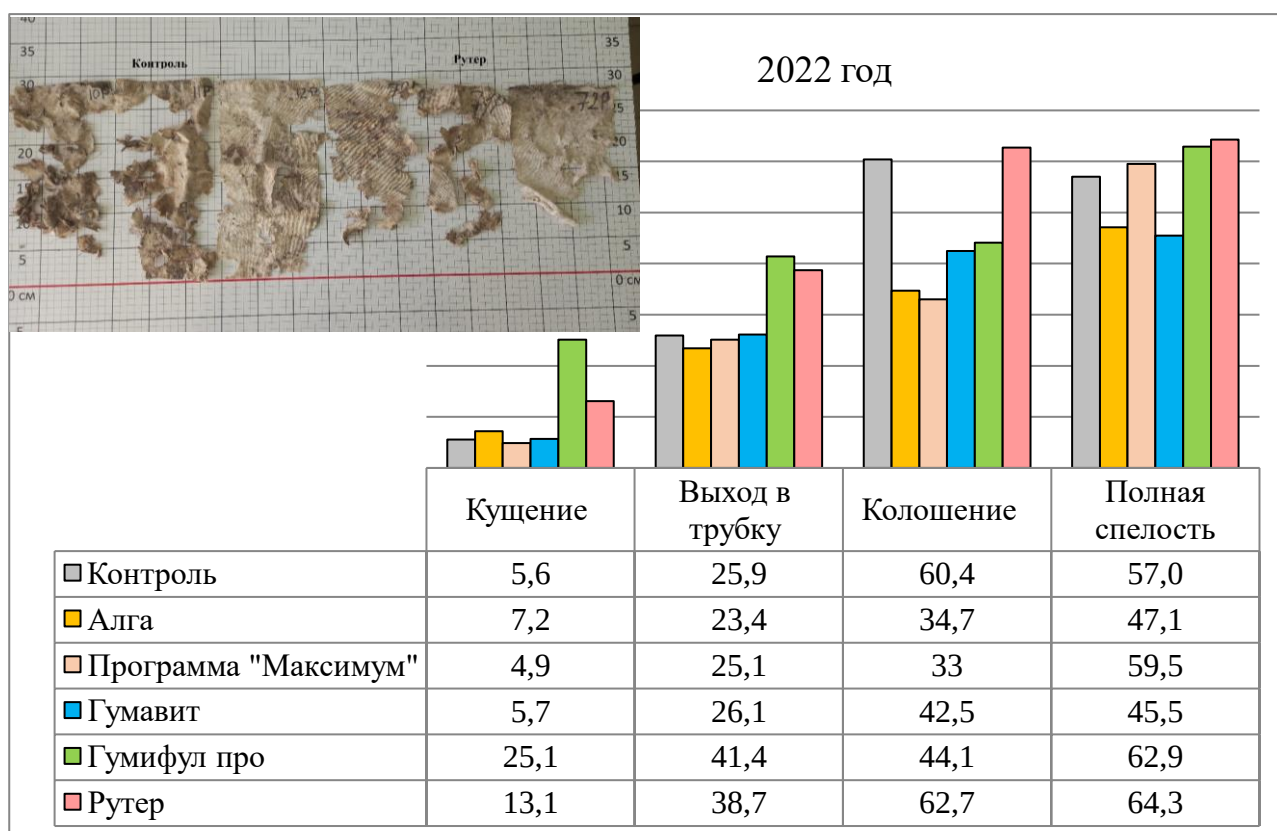


Рисунок 2. Биологическая активность почвы в 2022 г., %
 Figure 2. Biological activity of soil in 2022, %

Самая слабая биологическая активность почвы к концу вегетации озимой пшеницы в 2022 г. проявилась в варианте с препаратом Алга (47,1%) и с Гумавитом (45,5%), отрицательная достоверность которых по сравнению с контролем доказана наименьшей существенной разницей ($НСР_{05} = 5,59\%$). Максимальные показатели отмечены в вариантах с препаратами Гумифул Про (62,9%) и Рутер (64,3%), существенно превысившие контрольный вариант опыта на 5,90% и 7,30% соответственно.

В 2023 г. микробиологическая деятельность в пахотном слое почвы в начале весенней вегетации протекала очень слабо из-за пониженных температур воздуха и обилия осадков, и в

фазу кущения она составила 5,1–6,5%, трубкования – 12,1–20,7%. При $HCp_{05} = 4,10\%$ достоверность по сравнению с контролем в кущение на всех опытных вариантах не доказана. В фазе выхода в трубку существенно выше по сравнению с контролем она была при использовании Программы «Максимум» (19,3%), Гумавита (20,7%) и препарата Гумифул Про (17,3%).

К фазе колошения интенсивность разложения полотна выросла в 3–5 раз по сравнению с фазой выхода в трубку и составила по вариантам опыта 60,5–78,1% при 71,4% на контроле. Существенно низкая по сравнению с контрольным вариантом биологическая активность почвы в эту фазу отмечена при использовании Программы «Максимум» (65,5%) и Гумифула Про (60,5%), существенно высокая – в варианте с препаратом Рутер (78,1%).

К фазе полной спелости разложение полотен было самым высоким за все годы исследований. В контроле этот показатель составил 83,7%, в варианте с препаратом Алга – 87,4%. Благоприятные погодные условия в течение летнего периода 2023 г. способствовали практически полному разложению полотен на вариантах Программа «Максимум» – 95,8%, Гумавит – 95,5%, Гумифул Про – 95,2% и Рутер – 97,8%. Такие результаты существенно превышали опыт на контроле и характеризовали деятельность почвенных микроорганизмов как очень высокую (рисунок 3).



Рисунок 3. Биологическая активность почвы в 2023 г., %
Figure 2. Biological activity of soil in 2023, %

В среднем за 3 года препараты по-разному влияли на интенсивность разложения льняного полотна. В период весеннего кущения высокая активность почвенных микроорганизмов была обусловлена влиянием препарата Гумифул Про – 14,9%, в фазе выхода в трубку она усиливалась в варианте с Гумавитом – 35,1%, в колошение самой высокой она была в контроле – 68,9%, а в полную спелость лидировала Программа «Максимум» – 81,7% (рисунок 4).

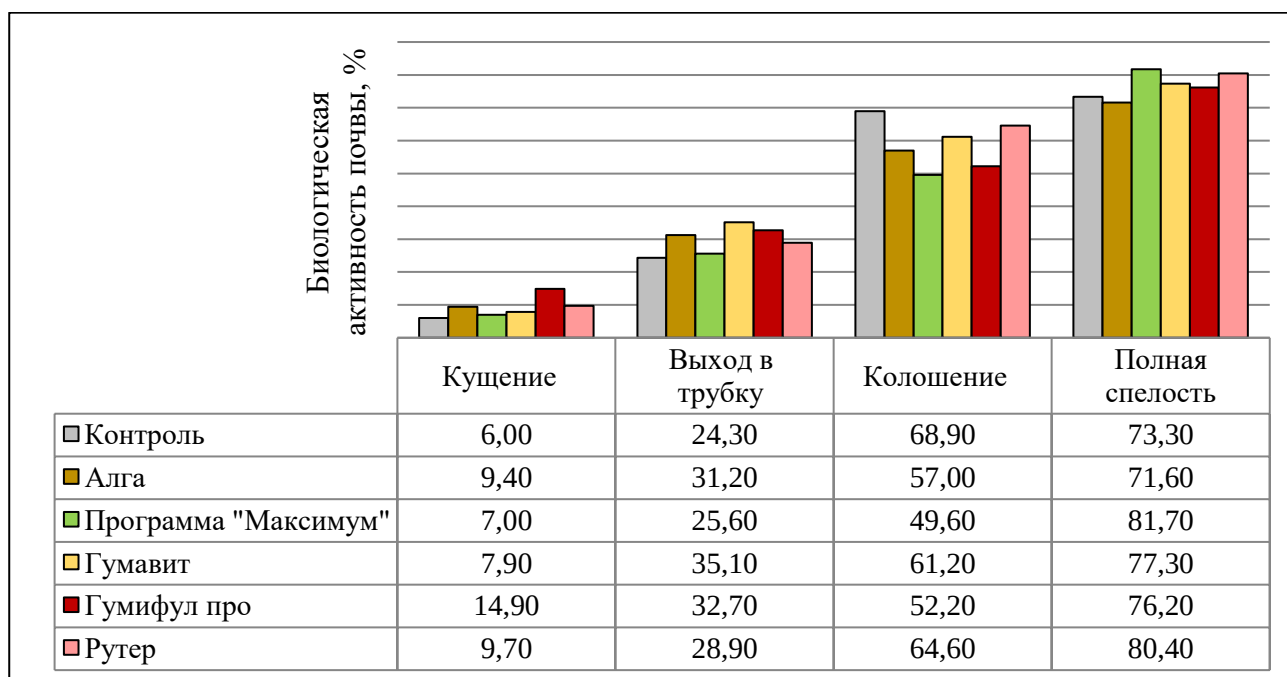


Рисунок 4. Биологическая активность почвы (среднее 2021–2023 гг.), %

Figure 4. Biological activity of soil (average 2021–2023), %

Таким образом, закономерностей влияния препаратов на биологическую активность почвы в пахотном слое не установлено. Это связано с низким регламентом применения препаратов и высоким естественным плодородием чернозема обыкновенного. Зато достоверность по фазам вегетации была установлена по всем вариантам опыта во все годы исследований, что свидетельствует о существенном влиянии температурного режима и влагообеспеченности почвы на ее биологическую активность.

Таблица 2. Влияние биопрепаратов на урожайность озимой пшеницы Дон-107, т/га (2021–2023 гг.)

Table 2. Biological products influence on the winter wheat yield Don-107, t/ha (2021–2023)

Вариант (фактор А)	Урожайность, т/га						Средняя
	2021 г.	± к контролю	2022 г.	± к контролю	2023 г.	± к контролю	
Контроль	6,97	-	7,73	-	6,72	-	7,14
Алга 1000	7,09	0,12	7,57	-0,16	6,81	0,09	7,16
Программа «Максимум»	7,12	0,15	7,63	-0,10	6,79	0,07	7,18
Гумавит	7,09	0,12	7,63	-0,10	6,84	0,12	7,19
Гумифул Про	7,18	0,21	7,57	-0,16	6,88	0,16	7,21
Рутер	7,28	0,31	7,41	-0,32	6,85	0,13	7,18
НСР ₀₅	0,35		0,37		0,54		-

Как видно из таблицы 2, изучаемые в опыте биопрепараты не оказали существенного влияние на урожайность зерна озимой пшеницы Дон-107 во все годы проведения опыта. Динамика урожайности по сравнению с контролем была в пределах ошибки опыта.

Выводы. Во все годы интенсивность разложения льняного полотна постепенно усиливалась к концу вегетации озимой пшеницы, биологическая активность почвы в пахотном слое была максимальной. Во влажные годы (2021 г. и 2023 г.) положительно влияли на биологическую активность почвы к фазе полной спелости препараты Программа «Максимум», Гумавит и Рутер, в засушливом 2022 г. наибольшее влияние оказали препараты Гумифул Про и Рутер. Биологические препараты не оказали существенного влияния на урожайность зерна озимой пшеницы Дон-107 во все годы проведения опыта.

Список источников литературы

1. Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. 2017. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science* 7, 2049. DOI:10.3389/fpls.2016.02049.
2. Du Jardin P, Xu L, Geelen D. 2020. Agricultural functions and action mechanisms of plant biostimulants (PBs): an introduction. In: Geelen D, Xu L, eds. *The chemical biology of plant biostimulants*. Chichester, UK: Wiley, 1–30. DOI:10.1002/9781119357254.ch1.
3. Лазарев, В.И., Башкатов, А.Я., Минченко, Ж.Н., Русакова, А.А. Влияние микробиологических препаратов на разложение соломы и урожайность сахарной свеклы в условиях черноземных почв Курской области // *Аграрная наука*. – 2019. – № 3. – С. 34–37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-323-3-34-37>.
4. Гаврилова, В.И., Герасимова М.И. Целлюлозолитическая активность почв: методы измерения, факторы и эколого-географическая изменчивость / В. И. Гаврилова, М. И. Герасимова // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. – 2019. – № 1. – С. 23–27.
5. Замятин, С.А., Максимова, Р.Б. Влияние культур севооборота на биологическую активность почвы // *Зерновое хозяйство России*. – 2021. – № 4 (76). – С. 39–44. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-39-44>.
6. Чужан, Н.А., Брескина, Г.М. Влияние биопрепаратов на показатели биологической активности чернозема типичного слабоэродированного // *Аграрный вестник Урала*. – 2022. – № 05 (220). – С. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-21-32.
7. Власенко, Н.Г., Павлюшин, В.А., Теплякова, О.И., Кулагин, О.В., Морозов, Д.О. Эффективность защиты яровой пшеницы биопрепаратами и фунгицидами в лесостепи Приобья: II. Особенности действия в условиях недостатка влаги // *Вестник защиты растений*. – 2022. – № 105 (4). – С. 181–192. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-4-15029>
8. Подсёвалов, М.И., Тойгильдин, А.Л., Аюпов, Д.Э. Влияние агроприемов на биологическую активность почвы и урожайность озимой пшеницы в севооборотах лесостепи Заволжья // *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*. – 2017. – № 1. – С. 44–50.
9. Полякова, Е.Н. Сортовой состав и продуктивность озимой пшеницы в производственных условиях / Е. Н. Полякова, А. С. Головкин, Е.К. Кувшинова // *Активная Честлюбивая Интеллектуальная Молодежь – Сельскому Хозяйству*. – 2023. – № 2 (15). – С. 156–162.
10. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова // Москва: МГУ, 2005. – 445 с.
11. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / коллектив авторов. – Ростов-на-Дону, 2021. – 735 с.
12. Алабушев, А.В. Анализ погодных условий в южной зоне Ростовской области за 1930–2015 годы / А. В. Алабушев, Н. Г. Янковский, Г. В. Овсянникова, А. С. Попов, А. А. Сухарев // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2017. – № 1. – С. 23–27.

References

1. Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. (2017), 'Biostimulants in plant science: a global perspective', *Frontiers in Plant Science* 7, 2049.
2. Du Jardin P, Xu L, Geelen D. (2020), 'Agricultural functions and action mechanisms of plant biostimulants (PBs)': an introduction. In: Geelen D, Xu L, eds. *The chemical biology of plant biostimulants*. Chichester, UK: Wiley, pp 1–30.
3. Lazarev V.I., Bashkatov A.Ya., Minchenko Zh.N., Rusakova A.A. (2019), 'The effect of microbiological preparations on straw destruction and sugar beet yield under the conditions of chernozem soils in kursk region', *Agrarian science*, (3), pp. 34–37 (In Russ.).
4. Gavrilova, V. I., Gerasimova M. I., Gavrilova V. I., Gerasimova M. I. (2019), 'Cellulosolytic activity of soils: methods of measuring, factors and geographic variability', *Bulletin of Moscow University*, Episode 17: Soil Science, no. 1, p. 23–27 (In Russ.).
5. Zamyatin, S.A., Maksimova, R.B. (2021) 'The influence of crop rotation on the biological activity of the soil', *Grain Economy of Russia*, no. 4, (76), pp. 39–44 (In Russ.).
6. Chuyan, N.A., Breskina, G.M. (2022) 'The influence of biological preparations on the indicators of biological activity of typical slightly eroded chernozem', *Agrarian Bulletin of the Urals*, no. 05, (220), pp. 21–32 (In Russ.).
7. Vlasenko, N.G., Pavlyushin, V.A., Teplyakova, O.I., Kulagin, O.V., Morozov, D.O. (2022) 'Protection of spring wheat with biopreparations and fungicides in the forest steppe of Priobye: II. Peculiarities of action in conditions of lack of moisture'. *Plant protection bulletin*, no. 105, (4), pp. 181–192 (In Russ.).
8. Podsevalov, M.I., Toigildin, A.L., Ayupov, D.E. (2017) 'Influence of agro techniques on biological soil activity and winter wheat yield in crop rotation in the forest-steppe of Zavolzhie region', *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, no. 1, pp. 44–50 (In Russ.).
9. Polyakova, E.N. Golovko A.S., Kuvshinova E.K. (2023) 'Varietal composition and productivity of winter wheat in production conditions', *Active Ambitious Intellectual Youth for Agriculture*, no. 2, (15), pp. 156–162 (In Russ.).
10. Zvyagintsev, D.G. Babeva, I.P., Zenova, G.M. (2005) 'Soil biology' Moscow: MSU, 445 p (In Russ.).
11. Team of authors (2021) 'Zonal agricultural systems of the Rostov Region for 2022-2026'. – Rostov-on-Don, 735 p (In Russ.).
12. Alabushev, A.V., Yankovsky, N.G., Ovsyannikova, G.V., Popov, A.S., Sukharev, A.A.. (2017) 'Analysis of weather conditions in the southern zone of the Rostov Region for 1930-2015', *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, no. 1, pp. 23–27 (In Russ.).

Сведения об авторах

Головко Анатолий Сергеевич, аспирант кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0002-5865-9102>, SPIN-код: 3409-7461, AuthorID: 1186540; anatoliya509@mail.ru.

Кувшинова Елена Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0002-3769-4718>, SPIN-код: 3408-4060, AuthorID: 358294; kuv.ek61@yandex.ru.

Кравцова Елена Вячеславовна, заведующий учебно-научно-производственной агротехнологической лабораторией, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Донской государственный аграрный университет»; [http://orcid.org 0000-0002-7852-9217](http://orcid.org/0000-0002-7852-9217), SPIN-код: 3541-5170, AuthorID: 678940; [lena.le2011na.kravtsova@mail.ru](mailto:lana.le2011na.kravtsova@mail.ru).

Information about the authors

Anatoly S. Golovko, Postgraduate Student of the Department of Agronomy and Crop Breeding, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Don State Agrarian University in Zernograd; [http://orcid.org 0000-0002-5865-9102](http://orcid.org/0000-0002-5865-9102), SPIN-code: 3409-7461, AuthorID: 1186540; anatoliya509@mail.ru.

Elena K. Kuvshinova, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agronomy and Crop Breeding, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Don State Agrarian University in Zernograd; [http://orcid.org 0000-0002-3769-4718](http://orcid.org/0000-0002-3769-4718), SPIN-code: 3408-4060, AuthorID: 358294; kuv.ek61@yandex.ru.

Elena V. Kravtsova, Head of educational, scientific and production agrotechnological laboratory, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Don State Agrarian University in Zernograd; [http://orcid.org 0000-0002-7852-9217](http://orcid.org/0000-0002-7852-9217), SPIN-code: 3541-5170, AuthorID: 678940; [lena.le2011na.kravtsova@mail.ru](mailto:lana.le2011na.kravtsova@mail.ru).

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

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

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 15.05.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 27.03.2024; approved after reviewing 15.05.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья/ Original research article

УДК 633.88

Код ВАК 4.1.2.

doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-30-39

**ВЛИЯНИЕ СОРТОВ НИГЕЛЛЫ ПОСЕВНОЙ (*NIGELLA SATIVA L.*)
И НИГЕЛЛЫ ДАМАССКОЙ (*NIGELLA DAMASCENA L.*) НА РОСТ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН****Г.С. Осипова¹ ✉, Р.Х. Салих¹, А.Л. Исакова²**¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,

Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉prof.osipova@mail.ru

²Беларусская государственная сельскохозяйственная академия,

г. Горки, Могилевская обл., Республика Беларусь

Реферат. Нигелла посевная (*Nigella sativa L.*) и нигелла дамасская (*Nigella damascena L.*) – однолетние травянистые растения, семейства Лютиковые (*Ranunculacea*). Растения обладают разнообразием полезных свойств. Используются в кулинарии, являются лекарственными растениями, веками применяемыми в народной медицине для лечения различных болезней, в ландшафтном дизайне. Цель исследования – изучение влияния сортов нигеллы посевной Знахарка и Беларускі духмяны и нигеллы дамасской Сунічны Водар, Радасць и Искра на рост, урожайность и качественные показатели. Опыты проводили в пленочных теплицах на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, а биохимические исследования – в центральной лаборатории Колледжа сельскохозяйственной инженерии, Университет Салахаддина – Эрбиль/Курдистан – Ирак. При проведении экспериментальной работы изучали биометрические показатели, урожайность, ее структуру, биохимический состав семян. Сорта нигеллы посевной Знахарка и Беларускі духмяны сформировали высокие растения с большим количеством листьев, компактные растения отмечены у сортов нигеллы дамасской. По урожайности выделились сорта нигеллы дамасской с массой семян от 11,6 г/растение – сорт Искра; до 14,4 г/растение – сорт Радасць (за счет более крупных семян). У нигеллы посевной урожайность сорта Знахарка составляла 10,8 г/растение, у сорта Беларускі духмяны – 9,7 г/растение. По содержанию масел выделился сорт нигеллы дамасской Радасць – 40,5%, содержание жирных кислот выше у сортов нигеллы посевной, наиболее высокое – у сорта Беларускі духмяны: пальмитиновая кислота – 16,6%, стеариновая кислота – 1,2%, олеиновая кислота – 15,3%, линолевая кислота – 62,6%, линоленовая кислота – 1,4%. Сорт нигеллы посевной Знахарка выделился по содержанию фосфора, калия и магния; сорт нигеллы посевной Беларускі духмяны – по содержанию фосфора, цинка и меди; сорт нигеллы дамасской Сунічны Водар – по содержанию фосфора; сорт нигеллы дамасской Радасць – по содержанию кальция, сорт нигеллы дамасской Искра – по содержанию азота и железа. Большим накоплением витаминов отличился сорт нигеллы посевной Беларускі духмяны.

Ключевые слова: нигелла посевная, нигелла дамасская, содержание масла, жирные кислоты, витамины, минеральные вещества

Цитирование. Осипова Г.С., Салих Р.Х., Исакова А.Л. Влияние сортов нигеллы посевной (*Nigella sativa L.*) и нигеллы дамасской (*Nigella damascena L.*) на рост, продуктивность и качество семян // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. – 2024. – № 2 (76). – С. 30–39, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-30-39.

INFLUENCE OF *NIGELLA SATIVA* L. AND *NIGELLA DAMASCENA* L. VARIETIES ON GROWTH, PRODUCTIVITY AND SEED QUALITY

G.S. Osipova¹✉, R.S. Salih¹, A.L. Isakova²

¹Sint-Petersburg State Agrarian University,
Pushkin, St. Petersburg, Russia

✉ prof.osipova@mail.ru

²Belarusian State Agricultural Academy,
Gorki, Mogilev Region, Republic of Belarus

Abstract. *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. are annual herbaceous plants in the buttercup (*Ranunculaceae*) family. Plants have a variety of beneficial properties. They are used in cookery, are medicinal plants, for centuries, used in folk medicine to treat various diseases, in landscape design. The aim of the research is to study the effect of different varieties of *Nigella sativa* (Znakharka and Belarusian dukhmiany) and *Nigella damascena* (Iskra, Radasts and Sunichny Vodar) for growth, productivity and quality indicators. The experiments were carried out in film greenhouses on the experimental field of the Sint-Petersburg State Agrarian University and biochemical studies were carried out at the central laboratory of the College of Agricultural Engineering, Salahaddin University – Erbil/Kurdistan – Iraq. Biometric parameters, yield, its structure, biochemical composition of seeds were studied during experimental work. The varieties of *Nigella sativa* Znakharka and Belarusian dukhmiany formed the highest plant height with a highest number of leaves, lowest plants height were noted in the variety of *Nigella damascena*. In terms of yield, *Nigella damascena* varieties stood out with a seed weight of 11.56 g/plant, the Iskra variety 14.40 g / plant, due to larger seeds. For *Nigella sativa*, the yield of the Znakharka variety was 10.80 g/plant, and for the Belarusian dukhmiany variety was 9.70 g/plant. In terms of oil content, the variety *Nigella damascena* Radasts 40.50% stood out, the content of fatty acids is higher in varieties of *Nigella sativa*, the highest in the Belarusian dukhmiany variety: palmitic acid – 16.55%, stearic acid – 1.19%, oleic acid – 15.32, linoleic acid – 62.62%, linolenic acid – 1.40%. The variety of *Nigella sativa* Znakharka stood out for the content of phosphorus, potassium and magnesium, the variety of *Nigella sativa* Belarusian dukhmiany for the content of phosphorus, zinc and copper, the variety of *Nigella damascena* Sunichny Vodar for phosphorus content, the variety of *Nigella damascena* Radasts for calcium content, the variety of *Nigella damascena* Iskra for nitrogen content and iron. The *Nigella sativa* Belarusian dukhmiany variety was distinguished by its high accumulation of vitamins.

Key words: *Nigella sativa*, *Nigella damascena*, oil content, fatty acids, vitamins, minerals

Citation. Osipova, G.S., Salih, R.H.S., Isakova, A.L. (2024), ‘Influence of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. varieties for growth, productivity and seed quality’, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 76, no. 2, pp. 30–39, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-30-39.

Введение. Нигелла посевная (*Nigella sativa* L.) и нигелла дамасская (*Nigella damascena* L.) принадлежат к семейству лютиковых *Ranunculaceae*, представители которого обычно растут в Восточной Азии, Южной Европе и Северной Африке. Главными странами-производителями их продукции являются Египет, Индия, Пакистан, Иран и Турция, а также Центральная и Юго-Восточная Азия, Ближний Восток и Северная Америка, где их активно культивируют [1].

Нигелла дамасская – декоративное однолетнее садовое цветущее растение с нежными побегами от 20 до 90 см высотой с голубыми полумахровыми цветками [2]. В культуре с 1542 г. Применяется в ландшафтном дизайне: в бордюрах, на клумбах, мавританских газонах, миксбордерах, при оформлении каменистых садов. Это растение иногда называют Любовью в тумане, Девица в зелени или Дьявол в кустах [3]. Родина нигеллы дамасской – Средиземноморье. Растение выращивают в странах Центральной и Юго-Восточной Азии, в Северной Америке, в Европейской части России, на Северном Кавказе [2, 4].

А.В. Абрамчук, М.Ю. Карпухин, С.Е. Сапарклычева, В.В. Чулкова при изучении нигеллы дамасской выявили, что урожайность варьировала от 18,7 до 26,3 шт. листовок с одного растения. Масса листовок от 0,3 до 1,2 г, масса 1000 семян от 0,19 до 0,36 г, число семян в одной листовке от 93,7 до 124,3 шт. и семенная продуктивность от 47,49 до 117,67 г/м² [5].

А.Л. Исакова, А.В. Исаков, В.Н. Прохоров отмечают наибольшее содержание фосфора у образца НП-5 – 1,68%, наименьшее у НД-3 – 1,30%. Калия – у сорта Знахарка – 0,72% и НП-2 – 0,49%, кальция – у сорта Искра – 0,67% и НД-4 – 0,48%, магния – у образцов НД-2 – 0,21% и НП-3 – 0,33%. Наибольшее содержание цинка выявлено у образца НП-5 – 68,0 мг/кг, наименьшее – у сорта Искра – 33,6 мг/кг. Меди – у образца НП-5 – 15,5 мг/кг и у сорта Искра – 7,32 мг/кг, железа – у образцов НД-4 – 52,5 мг/кг и НД-3 – 38,2 мг/кг, марганца – у образцов НП-5 – 29,4 мг/кг и НД-5 – 19,6 мг/кг [6].

По данным А.Л. Исаковой, Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, сорт Знахарка характеризовался следующими биохимическими показателями: минералы: 0,72% калия, 0,56% кальция, 0,26% магния, 22,90 мг/кг марганца, 42,70 мг/кг цинка, 12,00 мг/кг меди и 47,40 мг/кг железа; жирные кислоты: 11,61% пальмитиновой, 1,96% стеариновой, 16,61% олеиновой, 57,15% линолевой и 0,33% линоленовой; витамины: 0,11% ретинола, 0,33% рибофлавина, 0,56% тиамина и 0,51% фолиевой кислоты [7].

Цель исследования – изучение влияния разных сортов нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) и нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.) на рост, урожайность и качественные показатели семян.

Материалы, методы и объекты исследований. Экспериментальная работа проводилась в пленочных теплицах на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в 2023 г. Площадь опытной делянки составляла 1 м², схема посева 20 x 15 см, густота посева 35 растений на м², повторность 3-кратная, сорта нигеллы были изолированы с помощью спанбонда.

В исследованиях использовали 2 сорта нигеллы посевной – Знахарка и Беларускі духмяны; 3 сорта нигеллы дамасской – Сунічны Водар, Радасць и Искра, полученные из коллекции Ботанического сада г. Горки, Республика Беларусь.

В опыте учитывали высоту растения, количество разветвлений, листьев, цветков, листовок, число семян в одной листовке, массу листовок, массу 1000 семян, семенную продуктивность одного растения.

Биохимические исследования проводили в центральной лаборатории Колледжа сельскохозяйственной инженерии, Университет Салахаддина – Эрбиль/Курдистан – Ирак [8–12].

Для определения процентного содержания масла в семенах нигеллы были экстрагированы 5 г семян методом экстракции растворителем по Сокслету [8].

Содержание жирных кислот было определено по методу Ассоциации официальных химиков-аналитиков, основанному на этерификации жиров: его взаимодействием с метанольным гидроксидом калия, приготовленным раствором 11,2 г гидроксида калия и растворением его в 100 мл метанола, затем взятием 1 г жира и добавлением к нему 8 мл метанольного гидроксида калия с 5 мл гексана. Данную эссенцию быстро встряхивали в течение 30 секунд, затем оставили для разделения на два слоя, взятых из верхнего слоя (гексанового), содержащего этерифицированный жир, и ввели в устройство GC-2010 (колонны). Соединения жирных кислот, насыщенных (пальмитиновой и стеариновой) и ненасыщенных (олеиновой, линолевой и линоленовой), анализировали с помощью устройства газовой хроматографии (GC-2010, модель Shimadzu японского производства, оснащенная пламенноионизационным детектором и капиллярной колонкой HP-Innowax 30 м×0,25 мм). Анализ проводили при температуре инжектора 280 °С, детектора – 310 °С, температуре колонки 120–290 °С (с/мин 10) [9].

Для определения состава минеральных компонентов семян нигеллы их измельчали и 0,5 г использовали для определения содержания азота методом Кьельдаля [10]. Содержание макроэлементов (Ca, P, Mg и K) и микроэлементов (Zn, Cu и Fe) определяли с помощью атомно-абсорбционных спектрофотометров. 1 г порошка семян нигеллы смешивали с 10 мл смеси кислот (азотная кислота, хлорная кислота, серная кислота 5:2:1) v/v. Смесь нагревали до 70 °С, объем выпаривали до достижения объема около 0,5 мл, остаток разбавляли 25 мл деионизированной водой в мерной колбе. Конечный раствор подвергали атомно-абсорбционному спектрометрическому анализу [11].

Определение жирорастворимых витаминов: в данном исследовании экстракция витаминов проводилась с использованием 0,1% раствора бутилгидрокситолуола в метаноле (раствор). К 0,5 г образца добавляли 5 мл раствора, выдерживали в темноте в течение 2 ч. в плотно закрытом сосуде и затем перемешивали в течение 20 мин. при комнатной температуре. Образцы центрифугировали перед введением в колонку и анализировали в течение 1 ч. Для определения жирорастворимых витаминов использовали модель HPLC SYKAM (Германия). Для анализа использовали дополнительное определение витаминов. Подвижная фаза – изократный ацетонитрил: D.W: (75:25) при скорости потока 0,8 мл/мин, колонка C18-ODS (25 см * 4,6 мм) и детектор UV-280 [12].

Статистический анализ экспериментальных данных проводили по методике (SPSS) с использованием компьютерной программы Excel 2016. Полученные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа с определением HCp_{01} [13].

Результаты исследований. Сорта нигеллы значительно различались по высоте, наиболее высокие растения сформировались у сортов нигеллы посевной Беларускі духмяны – 100,3 см и Знахарка – 82,2 см (таблица 1). Низкорослые растения были у сортов нигеллы дамасской Искра – 58,5 см, Сунічны Водар – 65,8 см и Радасць – 65,9 см. Количество разветвлений изменялось от 10,0 у сорта Знахарка до 11,0 у сорта Беларускі духмяны у нигеллы посевной. У сортов нигеллы дамасской от 8,7 (сорт Искра) до 12,0 (Сунічны Водар).

Таблица 1. Влияние разных сортов нигеллы посевной и нигеллы дамасской
на биометрические показатели
 Table 1. The effect of different varieties of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L.
on biometric indicators

Сорт	Высота растения, см	Количество разветвлений, шт. / растение	Количество листьев, шт. / растение	Количество цветков, шт. / растение
Знахарка	82,2	10,0	131,2	37,4
Беларускі духмяны	100,3	11,0	121,6	51,5
Сунічны Водар	65,8	12,0	75,2	45,3
Радасць	65,9	10,4	68,7	31,4
Искра	58,5	8,7	53,4	30,6
НСР ₀₁	4,87	4,34	8,28	6,78

Высокой облиственностью отличились сорта нигеллы посевной, у сорта Знахарка оказалось 131,2 листа, а у Беларускі духмяны – 121,6 листа. Количество листьев у сортов нигеллы дамасской колебалось от 53,4 (у сорта Искра) до 75,2 (у сорта Сунічны Водар); а у сорта Радасць – 68,70 листьев. Наибольшее количество цветков отмечено у сорта нигеллы посевной Беларускі духмяны – 51,5 цветков, у сорта Знахарка – 37,4 цветков. Среди сортов нигеллы дамасской выделился сорт Сунічны Водар – 45,3 цветков, близкие показатели у сортов Радасць – 31,4 цветка, а у Искра – 30,6 шт. По количеству листовок у нигеллы посевной выделился сорт Беларускі духмяны – 43,6 шт., у сорта Знахарка 35,8 шт. Среди сортов нигеллы дамасской большим количеством листовок выделился сорт Сунічны Водар – 43,8 шт., близкие показатели у сортов Искра – 29,8 шт. и Радасць – 28,8 шт. Большим количеством семян в листовке отличился сорт нигеллы посевной Беларускі духмяны – 141,7 шт., близким этот показатель был у сорта нигеллы посевной Знахарка – 132,4 шт. и у нигеллы дамасской Радасць – 132,5 шт., у сорта нигеллы дамасской Искра – 105,5 шт., минимальное количество листовок отмечено у сорта нигеллы дамасской Сунічны Водар – 81,2 шт.

Крупные листовки сформировал сорт нигеллы дамасской Радасць – 0,76 г, мельче листовки у сортов Искра – 0,66 г, и Сунічны Водар – 0,53 г. Самые мелкие у сортов нигеллы посевной Беларускі духмяны – 0,45 г, и Знахарка – 0,50 г.

Крупные семена оказались у всех сортов нигеллы дамасской. Масса 1000 семян у сортов Радасць и Сунічны Водар – 3,9 г, у сорта Искра – 3,6 г. У сорта нигеллы посевной Знахарка масса 1000 семян – 2,8 г, у сорта Беларускі духмяны – 2,5 г. Наибольшая урожайность семян с растения у сорта нигеллы дамасской Радасць – 14,4 г, близкая урожайность у сорта Сунічны Водар – 13,9 г и у сорта Искра – 11,6 г. Из сортов нигеллы посевной выше урожайность у сорта Знахарка – 10,8 г, а у сорта Беларускі духмяны – 9,7 г (таблица 2).

Таблица 2. Влияние разных сортов нигеллы посевной и нигеллы дамасской на показатели урожайности

Table 2. The effect of different varieties of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. on yield indicators

Сорт	Количество листовок, шт. / растение	Число семян, шт./ листовке	Масса листовок, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность, г/ растение
Знахарка	35,8	132,4	0,5	2,8	10,8
Беларускі духмяны	43,6	141,7	0,4	2,5	9,7
Сунічны Водар	43,8	81,2	0,5	3,9	13,9
Радасць	28,8	132,2	0,8	3,9	14,4
Искра	29,8	105,5	0,7	3,6	11,6
НСР _{0,1}	6,93	20,23	0,07	0,44	2,47

Содержание масла в семенах нигеллы дамасской колебалось от 29,3% у сорта Сунічны Водар до 36,5% у сорта Искры и 40,5% у сорта Радасць. Низкое содержание масла наблюдалось у сорта нигеллы посевной Знахарка 32,8%, близкие показатели – у сорта Беларускі духмяны – 38,0% (таблица 3).

Таблица 3. Влияние разных сортов нигеллы посевной и нигеллы дамасской на содержание масел и жирных кислот, %

Table 3. The effect of different varieties of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. on the content of oils and fatty acids, %

Сорт	Масла	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линолеиновая
Знахарка	32,8	16,1	1,1	15,0	62,3	1,3
Беларускі духмяны	38,0	16,3	1,2	15,3	62,6	1,4
Сунічны Водар	29,3	16,0	1,1	14,6	62,0	1,2
Радасць	40,5	15,5	0,8	13,0	61,3	1,0
Искра	36,5	15,2	0,7	12,7	60,8	0,9
НСР ₀₁	2,32	0,21	0,07	0,52	0,07	0,16

По содержанию пальмитиновой – 16,3%, стеариновой – 1,2%, олеиновой – 15,3%, линолевой – 62,6% и линоленовой – 1,4% кислот выделился сорт нигеллы посевной Беларускі духмяны. Низким содержанием этих кислот отличался сорт нигеллы дамасской Искра, соответственно – 15,2%, 0,7%, 12,7%, 60,8% и 0,9%. Среднее положение по содержанию кислот занимает сорт нигеллы дамасской Сунічны Водар – 16,0%, 1,1%, 14,6%, 62,0%, 1,2%,

ближе к минимальному содержанию кислот сорт нигеллы дамасской Радасць, ближе к максимальному содержанию кислот сорт нигеллы посевной Знахарка (таблица 4).

Таблица 4. Влияние разных сортов нигеллы посевной и нигеллы дамасской на содержание минеральных веществ в семенах

Table 4. Effect of different varieties of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. on the content of mineral substances in seeds

Сорт	азот %	фосфор %	калий %	кальций %	магний %	цинк мг/кг	медь мг/кг	железо мг/кг
Знахарка	3,4	0,5	0,9	1,2	1,1	22,4	3,7	19,0
Беларускі духмяны	3,4	0,5	0,8	1,6	0,6	22,6	4,9	16,6
Сунічны Водар	3,4	0,5	0,7	1,0	0,2	20,1	3,0	17,9
Радасць	3,6	0,4	0,8	2,0	0,2	20,4	3,5	19,0
Искра	4,0	0,4	0,7	1,8	0,6	19,5	3,6	19,9
НСР ₀₁	0,07	0,11	0,16	0,11	0,07	0,74	0,07	0,18

Содержание азота в семенах нигеллы колебалось от 3,4% у сортов нигеллы посевной Знахарка и Беларускі духмяны и сорта нигеллы дамасской Сунічны Водар до 4,0% у сорта нигеллы дамасской Искра (таблица 4). Высокое содержание фосфора (0,5%) отмечено у сортов нигеллы посевной Знахарка и Беларускі духмяны и у сорта нигеллы дамасской Сунічны Водар, низкое – у сортов нигеллы дамасской Радасць и Искра (0,4%). По накоплению калия выделился сорт нигеллы посевной Знахарка – 0,9%, низкое содержание калия у сорта нигеллы дамасской Сунічны Водар – 0,7%. Высокое содержание кальция у сорта нигеллы дамасской Радасць – 2,0%, низкое у сорта Сунічны Водар – 1,0%. Отмечено значительное колебание по накоплению магния, от 0,2% у сортов нигеллы дамасской Сунічны Водар и Радасць до 1,1% у сорта нигеллы посевной Знахарка. Колебание содержания цинка от 19,5 мг/кг у сорта нигеллы дамасской Искра до 22,6 мг/кг у сорта нигеллы посевной Беларускі духмяны. Высокое содержание меди у сорта нигеллы посевной Беларускі духмяны – 4,9 мг/кг; низкое содержание у сорта нигеллы дамасской Сунічны Водар – 3,0 мг/кг. Содержание железа колебалось от 16,6 мг/кг у сорта нигеллы посевной Беларускі духмяны до 19,9 мг/кг у сорта нигеллы дамасской Искра.

Таблица 5. Влияние разных сортов нигеллы посевной и нигеллы дамасской на содержание витаминов в семенах, мг/100 г

Table 5. Effect of different varieties of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. on the content of vitamins in seeds, mg/100 g

Сорт	Витамин токоферол Е	Витамин кальциферол D	Витамин ретинол А
Знахарка	429,5	424,0	102,6
Беларускі духмяны	431,0	425,5	102,7
Сунічны Водар	428,0	425,5	102,5

Продолжение таблицы 5

Радасць	423,5	418,3	102,4
Искра	422,5	417,4	102,3
НСР ₀₁	1,91	1,79	0,07

Высокое содержание витаминов: токоферола – 431,0 мг/100, кальциферола – 425,5 мг/100 г и ретинола – 102,7 мг/100 г обнаружено у сорта нигеллы посевной Беларускі духмяны. Близкие показатели у сорта нигеллы посевной Знахарка. Низкое содержание витаминов у сорта нигеллы дамасской Искра (таблица 5).

Основываясь на полученных результатах данных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Максимальную семенную урожайность обеспечили сорта нигеллы дамасской Радасць – 14,4 г/растение и Сунічны Водар – 13,9 г/растение.
2. Наиболее высокое содержание масел было в семенах сорта нигеллы дамасской Радасць – 40,5%.
3. Среди жирных кислот преобладающей является линолевая кислота, наиболее высокое содержание кислот у сорта нигеллы посевной Беларускі духмяны.
4. Сорт нигеллы посевной Знахарка выделился по содержанию фосфора, калия и магния, сорт нигеллы посевной Беларускі духмяны – по содержанию фосфора, цинка и меди, сорт нигеллы дамасской Сунічны Водар – по содержанию фосфора, сорт нигеллы дамасской Радасць – по содержанию кальция, сорт нигеллы дамасской Искра – по содержанию азота и железа.
5. Большим накоплением витаминов отличился сорт нигеллы посевной Беларускі духмяны.

Список источников литературы

1. Алекперов, Р.А. Лекарство от тысячи и одного заболевания – чернушка посевная (*Nigella Sativa* L.) / Р. А. Алекперов, Н. К. Аббасов // Известия ГГТУ. Медицина. фармация. – 2020. – № 4. – С. 43–46.
2. Абрамчук, А.В. Биометрические показатели плодов и семян нигеллы дамасской в зависимости от сроков их уборки // Вестник биотехнологии. 2020. – № 1. – С. 2.
3. Прохоров, В.Н. Нигелла – ценная хозяйственно-полезная культура (обзор литературы) // Овощи России. – 2021. – № 4. – С. 111–123.
4. Kiran, M.R. Effect of Sowing Time and Plant Geometry on Growth, Yield and Quality of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) / M. R. Kiran, I. S. Naruka, S. Nayma, A. R. Bepari // Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. – 2019. – № 5 (8). – P. 1915.
5. Абрамчук, А.В. Сравнительная оценка эффективности рассадного способа при интродукции нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.) на Среднем Урале / А. В. Абрамчук, М. Ю. Карпухин, С. Е. Сапарклычева, В. В. Чулкова // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 4 (197). – С. 2–9.
6. Исакова, А.Л. Содержание витаминов и минеральных веществ в семенах разных видов нигеллы / А. Л. Исакова, А. В. Исаков, В. Н. Прохоров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 85–87.
7. Исакова, А.Л. Изучение фитохимического состава семян сорта Знахарка нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.), полученных в условиях Беларуси / А. Л. Исакова, Н. А. Коваленко, and Г. Н. Супиченко // Перспективы лекарственного растениеводства. – 2018. – С. 419–423.

8. AOAC (Association of Official Analytical Chemists) Official Methods of Analysis. 16-th Edition // AOAC International. Gaithersburg. MD. – 1995.
9. Chiu, H. H. Gas chromatography-mass spectrometry-based analytical strategies for fatty acid analysis in biological samples / H. H. Chiu, C. H. Kuo // J. food drug Anal. – 2020. – № 1(28). – pp. 60–73.
10. Roussis, I. Nitrogen uptake. use efficiency. and productivity of *Nigella sativa* L. in response to fertilization and plant density / I. Roussis, I. Kakabouki, D. Beslemes, E. Tigka, C. Kosma, V. Triantafyllidis, D. Bilalis // Sustainability. – 2022. – № 14 (7). – P. 3842.
11. Dobrowolska-Iwanek, J. Determination of essential minerals and trace elements in edible sprouts from different botanical families / J. Dobrowolska-Iwanek, Z. Pawel, G. Agnieszka, F. Maria, K. Jadwiga, S. Marek, S. R. Pol, S. C. Isabel // application of chemometric analysis. Foods. – 2022. – № 11 (3).
12. Mateeva, A. Simultaneous analysis of water-soluble and fat-soluble vitamins through RP-HPLC/DAD in food supplements and brewer's yeast / A. Mateeva, M. Kondeva-Burdina, L. Peikova, S. Guncheva, A. Zlatkov, M. Georgieva // Heliyon. – 2023. – № 9 (1).
13. Stehlik-Barry, K. Data analysis with IBM SPSS statistics / K. Stehlik-Barry. A. J. Babinec // Packt Publishing Ltd. – 2017. – P. 257.

References

1. Alekperov, R.A. (2020), A Cure For A Thousand And One Diseases – *Nigella sativa* L. Proceedings of the GGTU Medicine pharmacy, no. 4, pp. 43–46. (In Russ.).
2. Abramchuk, A.V. (2020), Biometric indicators of *Nigella Damascus* fruits and seeds depending on the timing of their harvesting. Journal of Biotechnology, no. 1. pp. 2. (In Russ.).
3. Prokhorov, V.N. (2021). *Nigella* is a valuable economically useful crop (literature review // Vegetables of Russia), no. 4, pp.111–123. (In Russ.).
4. Kiran, M.R., Naruka, I.S., Nayma, S. and Bepari, A.R. (2019), Effect of Sowing Time and Plant Geometry on Growth. Yield and Quality of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., vol. 8, no. 5, p. 1915.
5. Abramchuk, A.V., Karpukhin. M.Yu., Saparklycheva, S.E. and Chulkova, V.V. (2020), Comparative assessment of the effectiveness of the seedling method for the introduction of *Nigella damascena* L. in the Middle Urals, Agrarian Bulletin of the Urals, no. 6 (197), pp. 2–9. (In Russ.).
6. Isakova, A.L., Isakov. A.V. and Prokhorov, V.N. (2018), The content of vitamins and minerals in the seeds of different types of *nigella*. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy, no. 2, pp. 85–87. (In Russ.).
7. Isakova, A.L., Kovalenko, N.A., and Supichenko G.N. (2018), Study of the Phytochemical Composition of Seeds of the Variety Znaharka *Nigella Posevna* (*Nigella sativa* L.), Obtained in the Conditions of Belarus. Perspectives of medicinal plant science, pp. 419–423. (In Russ.).
8. AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1995), Official Methods of Analysis. 16 th Edition. AOAC International Gaithersburg. MD.
9. Chiu, H.H. and Kuo, C.H. (2020), Gas chromatography-mass spectrometry-based analytical strategies for fatty acid analysis in biological samples. J. food drug Anal., vol. 28, no. 1, pp. 60–73.
10. Roussis, I., Kakabouki, I., Beslemes, D., Tigka, E., Kosma, C., Triantafyllidis, V. and Bilalis, D. (2022), Nitrogen uptake use efficiency and productivity of *Nigella sativa* L. in response to fertilization and plant density. Sustainability, no. 14(7). p. 3842.
11. Dobrowolska-Iwanek, J., Pawel, Z., Agnieszka, G., Maria, F., Jadwiga, K., Marek, S., Pol, S.R. and Isabel, S. C. (2022), Determination of essential minerals and trace elements in edible sprouts from different botanical families. Application of chemometric analysis Foods, no. 11 (3), p. 371.
12. Mateeva, A., Kondeva-Burdina, M., Peikova, L., Guncheva, S., Zlatkov, A., and Georgieva,

- M. (2023). Simultaneous analysis of water-soluble and fat-soluble vitamins through RP-HPLC/DAD in food supplements and brewer's yeast. *Heliyon*, vol. 9, no. 1.
13. Stehlik-Barry, K. and Babinec, A. J. (2017), Data analysis with IBM SPSS statistics. Packt Publishing Ltd, p. 257.

Сведения об авторах

Осипова Галина Степановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <https://orcid.org/0000-0003-3842-0222>, SPIN-код: 3655-6388; prof.osipova@mail.ru.

Салих Раад Хуссейн Салих, аспирант кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <https://orcid.org/0009-0006-2775-1367>; raad.salih@su.edu.krd.

Исакова Анастасия Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры защиты растений, Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия; SPIN-код: 8123-8671; nastyaisakova213@gmail.com.

Information about the authors

Galina S. Osipova, Doc. Sci. (Agric.), Professor of the Department of Horticulture and Ornamental Gardening, Federal State Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", <https://orcid.org/0000-0003-3842-0222>, SPIN-code: 3655-6388; prof.osipova@mail.ru.

Salih Raad Hussein Salih, Postgraduate Student of the Department of Horticulture and Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Sint-Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0009-0006-2775-1367>; raad.salih@su.edu.krd

Anastasiya L. Isakova, Cand. Sci. (Agric.), Senior Lecturer at the Department of Plant Protection, Belarusian State Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy; SPIN-code: 8123-8671; nastyaisakova213@gmail.com.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

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

Статья поступила в редакцию 09.02.2024; одобрена после рецензирования 18.04.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 09.02.2024; approved after reviewing 18.04.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья/ Original research article

УДК 634.23 (470.2)

Код ВАК: 4.1.4

doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-40-50

ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ЧЕРЕШНИ (*CERASUS AVIUM* (L.) MOENCH) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

С.Ю. Орлова¹, Н.Н. Горбачева² ✉

¹ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов им. Н.И. Вавилова (ВИР)
г. Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия
✉ plodovod.2012@mail.ru

Реферат. В статье приведены результаты изучения фенофаз сезонного развития, биологии цветения (самоплодность и взаимоопыляемость) и качества плодов (механический состав) 5 сортов черешни в условиях Северо-Запада России. В результате проведенных наблюдений установлено, что начало вегетации сортов черешни (цветочная почка лопнула) отмечено в первой декаде мая с суммой активных температур 115,1–139,3 °С. По срокам цветения и созревания все сорта объединены в 3 группы: ранние, средние и поздние. Наши данные показали, что в условиях Северо-Запада России у сортов черешни созревание плодов наступает спустя 37–50 дней после начала цветения. Созревание раннеспелого сорта Ипуть наступает при достижении суммы активных температур 1016,9 °С, среднеспелым сортам Фатеж и Тёттму для наступления этой фазы требуется 1078,2–1107,7 °С, позднеспелым: Бряночка и Красная плотная – 1120,3–1134,9°С. Суммы активных температур, характеризующие климат Северо-Запада России, удовлетворяют требованиям культуры, за исключением северных областей. При оценке самоплодности все сорта были самобесплодными. При взаимоопылении выяснилось, что хорошими опылителями являлись для сорта Бряночка все включенные в опыт сорта; для Тёттму – Ипуть, Бряночка и Красная плотная; для Фатеж – Ипуть; для Ипуть – Бряночка и Фатеж; для сорта Красная плотная – Ипуть. Самые крупные и одномерные плоды сформировали сорта Ипуть (6,3 г) и Бряночка (2,9). Наиболее перспективными в условиях Северо-Запада России определены сорта черешни Ипуть и Бряночка, которые являются и хорошими взаимоопылителями, превосходя контроль Красная плотная по ряду показателей.

Ключевые слова: фенологические фазы, самоплодность, взаимоопыляемость, масса плодов, диаметр плодов

Цитирование. Орлова С.Ю., Горбачева Н.Н. Изучение сортов черешни (*Cerasus avium* (L.) Moench) в условиях Северо-Запада РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – №2 (76). – С. 40–50, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-40-50.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

STUDYING SWEET CHERRY VARIETIES (*CERASUS AVIUM*
(*L.*) *MOENCH*) IN THE NORTH-WEST OF RUSSIAS.Yu. Orlova¹, N.N. Gorbacheva² ✉¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources
St. Petersburg, Russia²Saint-Petersburg State Agrarian University
Pushkin, Saint Petersburg, Russia
✉ plodovod.2012@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the phenophases studying of seasonal development, flowering biology (self-fertility and cross-pollination) and fruit quality (mechanical composition) of five sweet cherry varieties in the conditions of the North-West of Russia. As a result of observations, it was found that the beginning of vegetation of sweet cherry varieties (flower bud burst) was noted in the first decade of May with the sum of active temperatures – 115.1–139.3 °C. According to flowering and ripening dates, all varieties were grouped into 3 groups: early, medium and late. Our data showed that in the conditions of the North-West of Russia sweet cherry varieties ripening of fruits comes 37–50 days after the beginning of flowering. The ripening of early maturing variety ‘Iput’ put comes when the sum of active temperatures reaches 1016.9 °C, medium maturing varieties ‘Fatezh’ and ‘Tõmmu’ require 1078.2–1107.7 °C for the onset of this phase, late maturing varieties: ‘Bryanochka’ and ‘Krasnayaplotnaya’ – 1120.3–1134.9 °C. The sums of active temperatures characterising the climate of the North-West of Russia meet the requirements of the crop, with the exception of the northern regions. In self-fertility evaluation, all varieties were self-unfruitful. In mutual-pollination it turned out that all varieties included in the experiment were good pollinators for ‘Bryanochka’; for ‘Tõmmu’ – ‘Iput’, ‘Bryanochka’ and ‘Krasnaya plotnaya’; for ‘Fatezh’ – ‘Iput’; for Iput – Bryanochka and ‘Fatezh’; for the ‘Krasnaya plotnay’ variety – ‘Iput’. The largest and one-dimensional fruits were formed by ‘Iput’ (6.3 g) and ‘Bryanochka’ (2.9 g). The most promising in the conditions of the North-West of Russia, identified varieties of sweet cherry ‘Iput’ and ‘Bryanochka’, which are also good mutual-pollinators, surpassing the control ‘Krasnaya plotnaya’ in a number of indicators.

Keywords: phenological phases, self-fertility, cross-pollination, fruit weight, fruit diameter

Citation. Orlova, S.Yu. and Gorbacheva, N.N. (2024), ‘Studying sweet cherry varieties (*Cerasus Avium* (L.) Moench) in the North-West of Russia’, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 76, no. 2, pp. 40–50 (In Russ.), doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-40-50.

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state assignment according to the thematic plan of VIR under Project No. FGEM-2022-0004 ‘Improvement of approaches and methods of ex situ conservation of identified gene pool of vegetatively propagated crops and their wild relatives, development of technologies for their effective use in breeding’

Введение. Черешня – нетрадиционная плодовая культура для Северо-Западного региона России, поэтому необходимым условием успешного возделывания является подбор сортов, соответствующих местному климату [1]. В 50-е гг. XX в. на Павловской опытной станции ВИР (ныне НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории» ВИР) были выведены сорта черешни Зорька, Красная плотная, Ленинградская желтая, Ленинградская красная, Ленинградская розовая, Ленинградская черная, которые стали основой для формирования северного генофонда черешни в России. Эти сорта, обладающие высокой зимостойкостью, включены в селекционные программы как в России, так и за рубежом, и с их использованием были получены многие новые сорта [2, 3]. Так, А.И. Евстратовым в ФБГНУ ФНЦ Садоводства (ВСТИСП) были выведены зимостойкие сорта Фатеж и Чермашная. Исходным материалом для выведения сортов послужили сеянцы Ленинградской желтой [4], которые находятся в

районировании с 2001 и 2004 г., соответственно [5]. Во ВНИИ Люпина, филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», М.В. Каньшиной с участием сорта Красная плотная получен сорт Бряночка, который районирован с 2009 г. [5]. Благодаря созданию зимостойких сортов черешни стало возможным продвижение этой культуры в северные регионы [6].

В процессе интродукции растений в новые эколого-географические условия произрастания происходит их акклиматизация. Изучение способности растений-интродуцентов к воспроизводству особенно актуально при их продвижении на север [7]. Важная роль при оценке приспособленности интродуцированных сортов принадлежит изучению и выделению новых доноров и источников хозяйственно ценных признаков черешни, способствующих созданию сортов, отличающихся высокой адаптивностью к негативным факторам среды, стабильной урожайностью и высокими показателями качества плодов [8].

Цель исследования – комплексная оценка сортов черешни и выявление среди них наиболее перспективных в условиях Северо-Запада России.

Материалы, методы и объекты исследований. Объектами исследований служили 5 сортов различного эколого-географического происхождения (таблица 1) генофонда черешни научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург, Павловск). Деревья высажены в коллекцию в 2007-2008 гг. по схеме посадки 4 × 2 м. Исследования проведены по принятым в ВИРе общепринятым методикам [9, 10, 11]. Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием пакета программ «MS Excel». Метеоданные по вегетационному периоду 2020 г. были получены в отделе автоматизированных информационных систем (АИС) генетических ресурсов растений.

Таблица 1. Состав изученных сортов черешни
Table 1. Composition of the studied sweet cherry varieties

Сорт	№ каталога ВИР	Генетическое происхождение	Учреждение-оригинатор
Красная плотная (К)	5713	Сеянец сорта черешни Козловская	ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов им. Н.И. Вавилова (ВИР)
Бряночка	42191	8–14 × Красная плотная	ВНИИ люпина филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса
Ипутъ	42192	ЭЛС черешни № 3-36 × № 8–14	ВНИИ люпина филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса
Фатеж	42097	Сеянец черешни Ленинградская желтая	ФБГНУ ФНЦ Садоводства (бывш. ВСТИСП)
Tõmmu	39716	Красавица × <i>Microcerasus tomentosa</i> [12]	Polli Horticultural Research Centre (Estonia)

Результаты исследования. Изучение фенологических фаз сезонного развития позволяет определить приспособленность сортов к конкретным почвенно-климатическим условиям. В результате проведенных нами наблюдений установлено, что начало вегетации черешни (цветочная почка лопнула) отмечено в первой декаде мая с суммой активных температур 115,1-139,3 °С.

Ответственной фазой для формирования урожая является цветение. Сроки цветения используют при подборе сортов-опылителей. Наши исследования позволили нам объединить сорта по срокам цветения в 3 группы: ранние, средние и поздние (таблица 2). Ранние и средние сорта зацветают во второй декаде мая, продолжительность цветения 10–18 дней. Количество дней от начала вегетации до начала цветения составляет 12–16 дней. Начало цветения позднего сорта отмечено в третьей декаде мая, продолжительность цветения 11 дней. Количество дней от начала вегетации до начала цветения в этой группе – 20. Среднесуточная температура за период цветения составила 10,3 °С. Сумма активных температур, необходимая для начала цветения, составляет для раноцветущего сорта 218,4 °С, для средних – 248,1–254,7 °С, для позднего – 296,0 °С.

Таблица 2. Группировка сортов черешни по срокам цветения
 (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, 2020 г.)
 Table 2. Grouping of sweet cherry varieties by flowering time
 (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2020)

Сорт	Цветковая почка лопнула	Сумма активных температур	Начало цветения	Сумма активных температур	Конец цветения	Сумма активных температур	Период цветения (дни)	Сила цветения (балл)	Количество дней от начала вегетации до начала цветения
<i>Сорт раннего срока цветения</i>									
Тётми	04.V	115,1	15.V	218,4	01.VI	386,5	18	4,7	12
<i>Сорта среднего срока цветения</i>									
Красная плотная	06.V	139,3	19.V	248,1	29.V	353,3	11	5,0	14
Фатеж	06.V	139,3	20.V	254,7	02.VI	398,2	14	5,0	15
Ипуть	06.V	139,3	21.V	254,7	30.V	363,4	10	3,5	16
<i>Сорт позднего срока цветения</i>									
Бряночка	06.V	139,3	25.V	296,0	04.VI	424,8	11	4,7	20

Сроки созревания плодов зависят от погодных условий, возраста насаждений, агротехники, однако в то же время являются устойчивым сортовым признаком. Наши данные показали, что в условиях Северо-Запада России у сортов черешни созревание плодов наступает спустя 37–50 дней после начала цветения (таблица 3).

Сроки начала созревания зависят от количества тепла, необходимого для наступления фенофазы ($r = 0,98$), а также определяются датами начала вегетации и начала цветения (коэффициент корреляции между этими показателями 0,6 и 0,97 соответственно).

По срокам созревания все сорта объединены в 3 группы: ранние, средние и поздние. В группу раннего начала созревания отнесен сорт Ипуть (таблица 3). Созревание начинается в первой декаде июля. Продолжительность созревания – 6 дней. Группа среднего срока созревания представлена сортами Фатеж и Тётми. Созревание происходило вначале второй

декады июля в течение 7–9 дней. В группу позднесозревающих сортов входят Бряночка и Красная плотная. Начало созревания их было отмечено при сумме активных температур 1120,3–1134,9 °С. Период от начала созревания до полной зрелости длился 13–14 дней. Среднесуточная температура на период созревания составляла 16,1 °С. Высокий балл продуктивности (4) отмечен у сорта Бряночка. Остальные сорта имели низкий балл.

Следует отметить, что объединение сортов в 3 группы по срокам наступления фенофаз соблюдается по большинству сортов, но в ряде случаев эта закономерность может нарушаться. Так, сорт Ипуть отнесен к раннеспелым сортам, но цветение его наступает в средний срок. Тõтти относится к среднеспелым сортам, но цветение отмечено в ранний период.

Для получения максимальных урожаев особую ценность представляют самоплодные сорта. Признак самоплодности находится в прямой зависимости от условий среды и генотипа [13].

Таблица 3. Группировка сортов черешни по срокам созревания плодов
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, 2020 г.)
Table 3. Grouping of sweet cherry varieties by fruit ripening dates
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2020)

	Начало созревания	Сумма активных температур	Конец созревания	Сумма активных температур	Период созревания (дни)	Продуктивность (балл)	Количество дней от окончания цветения до созревания
<i>Сорт раннего срока начала созревания</i>							
Ипуть	06.VII	1016,9	11.VII	1094,5	6	2	37
<i>Сорта средних сроков созревания</i>							
Фатеж	10.VII	1078,2	17.VII	1134,9	7	2,5	39
Тõтти	13.VII	1107,7	22.VII	1164,1	9	2	43
<i>Сорта поздних сроков созревания</i>							
Бряночка	15.VII	1120,3	28.VII	1241,4	13	4	42
Красная плотная	17.VII	1134,9	31.VII	1279,7	14	2,5	50

Изучение самоплодности проводили в 3 вариантах опыления: I – искусственное самоопыление путем опыления пылью, собранной с этого же растения; II – свободное опыление; III – естественное самоопыление без нанесения пыли. Полученные данные показали, что количество завязавшихся плодов в зависимости от варианта опыления было различным. В I варианте опыления эта величина находилась в пределах 1,0 (Красная плотная) – 2,9% (Ипуть), во II – 12,3% (Красная плотная) – 46,5% (Фатеж), в III – 0,0 (Красная плотная, Тõтти) – 1,6% (Ипуть) (таблица 4). Все сорта были самобесплодными, у них при самоопылении завязывалось только 0,0–1,6% плодов. Количество сформированных плодов при искусственном самоопылении оказалось на 1-2% выше естественного самоопыления.

Таблица 4. Самоплодность сортов черешни при разных способах опыления
 (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории» ВИР, 2020 г.)

Table 4. **Self-fruitfulness of sweet cherry varieties under different pollination methods** (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2020)

Сорт	Варианты опыта	Опылено цветков	Сформировалось плодов	% самоплодности
Бряночка	I	193	5	2,6
	II	169	54	31,9
	III	207	2	0,9
Ипуть	I	102	3	2,9
	II	156	45	28,8
	III	62	1	1,6
Красная плотная	I	98	1	1,0
	II	284	35	12,3
	III	87	0	0
Фатеж	I	114	3	2,6
	II	86	40	46,5
	III	106	1	0,9
Тётми	I	56	1	1,8
	II	87	19	21,8
	III	104	0	0

Возделывание современных сортов невозможно без обеспечения качественного перекрестного опыления [13]. Взаимоопыление является одним из условий получения высоких урожаев.

Нами проведен анализ взаимоопыления представленных в опыте сортов черешни (таблица 5). При подборе опылителей выяснилось, что все включенные в опыт сорта являлись подходящими хорошими для сорта Бряночка (30,2...78,6%).

Таблица 5. Взаимоопыляемость сортов черешни
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории» ВИР, 2020
г.) Table 5. **Mutual pollination of sweet cherry varieties**
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2020)

Сорт опыляемый	Сорт опылитель	Опылено цветков	Сформировалось плодов	%
Бряночка	Ипуть	84	66	78,6
	Красная плотная	173	82	47,4
	Фатеж	192	79	41,2
	Тётти	139	42	30,2
Ипуть	Бряночка	64	21	32,8
	Красная плотная	104	8	7,7
	Фатеж	127	58	45,7
	Тётти	68	12	17,6
Красная плотная	Ипуть	136	44	32,4
	Бряночка	154	29	18,8
	Фатеж	116	19	16,4
	Тётти	93	18	19,4
Фатеж	Ипуть	56	17	30,4
	Бряночка	112	9	8,0
	Красная плотная	84	6	7,1
	Тётти	187	7	3,7
Тётти	Ипуть	122	41	33,6
	Бряночка	93	39	41,9
	Красная плотная	67	36	53,7
	Фатеж	109	21	19,3

Для сорта Ипуть хорошими опылителями были Бряночка (32,8%) и Фатеж (45,7%), допустимым был сорт Тётти (17,6%), неподходящим несовместимым – Красная плотная (7,7%).

Для позднеспелого сорта Красная плотная к хорошим опылителям отнесен раннеспелый Ипуть (32,4%), допустимыми были Фатеж, Бряночка, Тётти (16,4...19,4%). Для сорта Фатеж хорошим является опылитель Ипуть (30,4%), несовместимыми оказались Тётти, Красная плотная, Бряночка (3,7...8,0%). Хорошими опылителями для Тётти были сорта Ипуть, Бряночка, Красная плотная (33,6...53,7%), допустимым – Фатеж (19,3%).

Масса плодов является одним из наиболее значимых показателей сорта. Величина плода – признак непостоянный, может варьировать по годам. Результаты механического анализа плодов черешни представлены в таблице 6.

Таблица 6. **Механический анализ плодов черешни**
 (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории» ВИР, 2020
 г.) Table 6. **Mechanical analysis of sweet cherry fruit**
 (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2020)

Сорт	Масса плода, г	Масса косточки, г	Масса плодоножки, г	% от общей массы плода			Размер плода, см		
				Мякоть	Косточка	Плодоножка	Высота	Ширина	Толщина
Ипуть	6,03±0,13	0,40	0,03	92,9	6,6	0,5	1,74±0,04	2,04±0,03	1,77±0,04
Бряночка	2,91±0,09	0,41	0,04	84,5	14,1	1,4	1,65±0,03	1,67±0,02	1,54±0,03
Фатеж	2,10±0,09	0,30	0,02	84,8	14,3	0,9	1,43±0,06	1,63±0,04	1,28±0,04
Красная плотная	2,07±0,11	0,38	0,07	78,3	18,3	3,4	1,44±0,04	1,69±0,04	1,28±0,03
Тётти	1,80±0,10	0,30	0,02	82,2	16,7	1,1	1,40±0,04	1,40±0,03	1,42±0,04

Наиболее крупноплодным является сорт Ипуть (6,03 г). Мелкий плод отмечен у сорта Бряночка (2,91 г). У остальных сортов плоды очень мелкие. Малая косточка свойственна сортам Фатеж и Тётти (0,30 г), средняя – сортам Красная плотная (0,38 г) и Ипуть (0,40 г). Относительно большая косточка отмечена у сорта Бряночка (0,41 г). Всем сортам свойственна очень большая величина соотношения косточки и массы плода: от 14,09% (Бряночка) до 18,36% (Красная плотная). Средняя величина отношения косточки к массе плода только у Ипуть (6,63%). Размер плодов зависит от возраста насаждений, условий агротехники и погодных условий. При всех равных условиях с положительной стороны выделился ранний сорт Ипуть.

Выводы:

1. Для начала вегетации (цветочная почка лопнула) черешни необходимы суммы активных температур 115,1–139,3°C, для созревания плодов они должны достичь 1016,9–1134,9 °C. Суммы активных температур, характеризующие климат Северо-Запада России, удовлетворяют требованиям культуры (за исключением северных областей).

2. Изучаемые в опытах сорта черешни были самообесплодными. По результатам оценки взаимоопыления были отнесены к хорошим опылителям следующие варианты опыта: для Бряночка – все сорта; для Тётти – Ипуть, Бряночка и Красная плотная; для Фатеж – Ипуть; для Ипуть – Бряночка и Фатеж; для сорта Красная плотная – Ипуть.

3. В условиях Северо-Запада России наиболее перспективными оказались сорта черешни Ипуть и Бряночка, которые являются и хорошими взаимоопылителями, превосходящие контроль Красная плотная по ряду показателей.

Список источников литературы

1. Орлова, С.Ю., Павлов, А.В., Вержук, В.Г. Жизнеспособность пыльцы сортов черешни (*Cerasus avium*) различного эколого-географического происхождения в условиях Северо-Западного региона России // Труды по прикладной ботанике, генетике и

- селекции. – 2019. – Т. 180. – № 1. – С. 66-72. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-66-72>.
2. Орлова, С.Ю., Юшев, А.А. Черешня (*Cerasus avium* (L.) Moench): Характеристика сортообразцов в условиях Северо-Запада России / Под научной редакцией А.А. Юшева; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – СПб.: ВИР, 2020. – 62 с. – (Каталог мировой коллекции ВИР, Вып. 918), <https://doi.org/10.30901/978-5-907145-46-7>.
 3. Дадыкин, В. Черешня: путь на север / Наука и жизнь. – 2014. – № 5. (Электронный ресурс): <https://www.nkj.ru/archive/articles/24286/>.
 4. Юшев, А.А., Горбачева, Н.Н. Генофонд видов вишни России и сопредельных государств в коллекции ВИР, их география и направления использования // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (53). – С. 66-70, – <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2018-14066>; DOI:10.24411/2078-1318-2018-14066.
 5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ. Т. 1. Сорта растений: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 632 с. – URL: <https://gossortrf.ru>.
 6. Каньшина, М.В., Мисникова, Н.В., Астахов, А.А., Яговенко, Г.Л. Морфобиологические особенности формирования продуктивности черешни на юге Нечерноземной зоны // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – № 5 (53). – С. 979–989. – <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.5.979rus>.
 7. Николаевская, Т.С., Ветчинникова, Л.В., Титов, А.Ф., Лебедева, О.Н. Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных в условия Карелии представителей рода *Betula* L. // Труды Карельского научного центра РАН. – 2009. – № 4. – С. 90–95.
 8. Гусейнова, Б.М., Абдулгамидов, М.Д. Технические и биохимические показатели качества селекционных сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 4 (32). – С. 48–62. – EDN NYOXBL.
 9. Юшев, А.А. Коллекция генетических ресурсов плодовых и ягодных растений: сохранение, пополнение, изучение. Методические указания / Под ред. А. А. Юшева, И. Г. Чухиной. – Санкт-Петербург: ВИР, 2016. – 87 с.
 10. Козловская, З.А. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 249 с.
 11. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Cerasus* Miill. [виды *C. avium* (L.) Moench, *C. vulgaris* Mill., *C. fruticosa* Pall.]. – Ленинград, 1989. – 45 с.
 12. Kask, K. Плодоношение в Эстонии: Сорта и селекционеры. – Тарту: Эстонский университет естественных наук, 2010. – 211 с. (на эстонском языке).
 13. Таранов, А.А., Полубятко, И.Г. Источники самоплодности вишни и черешни // Плодоводство: сборник научных трудов. Том 31. – Минск: Белорусская наука, 2019. – С. 81–85. – DN JYKLEX.

References

1. Orlova, S.Yu. and Pavlov, A.V. and Verzhuk, V.G. (2019), Zhiznesposobnost' pyl'tsy sortov chereshni (*Cerasus avium*) razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona Rossii, [Viability of pollen in sweet cherry (*Cerasus avium*) varieties of different ecogeographic origin in the Northwestern region on Russia], *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii*, vol. 180, no. 1, pp. 66–72. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-66-72> (In Russ.).
2. Orlova, S.YU. and Yushev, A.A. (2020), Chereshnya (*Cerasus avium* (L.) Moench): kharakteristika sortoobraztsov v usloviyakh Severo-Zapada Rossii, [Charakterization of cultivar populations in the environments of Nortwestern Russia] / pod nauchnoy redaktsiyey A.A. Yusheva; Federal'nyy issledovatel'skiy tsentr Vserossiyskiy institut geneticheskikh

- ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – Санкт-Петербург: VIR, (*Katalog mirovoy kolleksii VIR*; Vyp. 918), 62 p. <https://doi.org/10.30901/978-5-907145-46-7> (In Russ.).
3. Dadykin V. (2014), *Chereshnya: put' na sever*, [Sweet cherries: the way to the north.] *Nauka i zhizn'*, no. 5. (Elektronnyy resurs): <https://www.nkj.ru/archive/articles/24286/> (In Russ.).
 4. Yushev, A.A. and Gorbacheva, N.N. (2018), Genofond vidov vishni Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v kolleksii VIR, ikh geografiya i napravleniya ispol'zovaniya, [VIR collection genofond of cherry species in Russia and co regional states, their geography and directions for use] *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 53, pp. 66-70. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2018-14066> (In Russ.).
 5. Gosudarstvennyy reestr selekcionnykh dostizhenij, dopushchennykh k ispol'zovaniyu v RF. Sorta rastenij (2023), [State register of breeding achievements approved for use in the Russian Federation. Plant varieties], Moskva: FGBNU Rosinformagrotekh, vol. 1, 632 p. URL: <https://gossortrf.ru> (In Russ.).
 6. Kan'shina, M.V. and Misnikova, N.V. and Astakhov, A.A. and Yagovenko, G.L. (2021), Morfo-biologicheskie osobennosti formirovaniya produktivnosti chereshni na yuge Nechernozemnoi zoni, [Morphological and biological peculiarities of sweet cherry productivity development in the south of the Non-chernozem zone], *Selskokhozyaistvennaya biologiya*, vol. 56, no. 5, pp. 979–989. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.5.979rus> (In Russ.).
 7. Nikolayevskaya, T.S. and Vetchinnikova, L.V. and Titov, A.F. and Lebedeva, O.N. (2009), Izucheniye pyl'tsy u aborigennykh i introdutsirovannykh v usloviya Karelii predstaviteley roda *Betula* L. [Study of pollen in native and introduced *Betula* L. species in Karelia], *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*, no. 4, pp. 90–95. (In Russ.).
 8. Guseinova, B.M. and Abdulgamidov, M.D. (2022), Tekhnicheskie i biokhimicheskie pokazateli kachestva selektsionnykh sortov i gibridnykh form chereshni v usloviyakh Dagestana [Technical and biochemical quality indicators of prunus avium l. breeding varieties and hybrid forms grown under Dagestan conditions], *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, no. 4(32), pp. 47–62. (In Russ.).
 9. Yushev, A.A. and Corokin, N.A. and Tikhonova, O.A. and Orlova, S.YU. and Kislin, Ye.N. and Radchenko, O.Ye. and Pupkova, N.A., and Shlyavas, A.V. (2016), Kolleksiya geneticheskikh resursov plodovykh i yagodnykh rasteniy: sokhraneniye, popolneniye, izucheniye. Metodicheskiye ukazaniya, [The collection of fruit and berry plant genetic resources: preservation, replenishment, and study. Guidelines] / pod red. A.A. Yusheva, I.G. Chukhinoy, Sankt-Peterburg: VIR, 87 p. (In Russ.).
 10. Kozlovskaya, Z.A. (2019), Geneticheskie osnovy i metodika selekcii plodovykh kul'tur i vinograda, [Genetic bases and methods of fruit crops and grapes breeding], Minsk: Belaruskaya navuka, 249 p. (In Russ.).
 11. Shirokiy unifitsirovanny klassifikator SEV roda *Cerasus* Miill. (vidy *C. avium* (L.) Moench, *C. vulgaris* Mill., *C. fruticosa* Pall.), (1989), [A wide unified classifier of CMEA of the genus *Cerasus* Mill. (species of *C. avium* (L.) Moench, *C. vulgaris* Mill., *C. fruticosa* Pall.)]. – Leningrad, 45 p. (In Russ.).
 12. Kask, K. (2010), Plodonoshenie v Estonii: Sorta i selektsioneri, [Fruiting in Estonia: Varieties and breeders], Tartu: Estonskii universitet yestestvennykh nauk, 211 p. (In Estonian).
 13. Taranov, A.A. and Polubyatko, I.G. (2019), Istochniki samoplodnosti vishni i chereshni, [Sources of self-fertility of cherries and sweet cherries], *Plodovodstvo: Sbornik nauchnykh trudov*, Minsk: Belorusskaya nauka, vol. 31, pp. 81–85. (In Russ.).

Сведения об авторах

Орлова Светлана Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов плодовых культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова; <http://orcid.org/0000-0002-1424-8790>, SPIN-код: 9571-7668, Scopus author ID: 57216492949, Researcher ID: KBC-7004-2024; s.orlova@vir.nw.ru.

Горбачева Наталья Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0002-3851-1661>, SPIN-код: 5957-3977; plodovod.2012@mail.ru.

Information about the author

Svetlana Yu. Orlova, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher of fruit crops Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources; <http://orcid.org/0000-0002-1424-8790>, SPIN-code: 9571-7668, Scopus author ID: 57216492949, Researcher ID: KBC-7004-2024; s.orlova@vir.nw.ru.

Natalia N. Gorbacheva, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of the department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University"; <http://orcid.org/0000-0002-3851-1661>, SPIN-code: 5957-3977; plodovod.2012@mail.ru.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

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

Статья поступила в редакцию 02.03.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 02.03.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья

УДК: 575.224.22

Код ВАК 4.2.5

doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-51-63

**НОВЫЕ ПОЛИМОРФИЗМЫ ГЕНОВ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ
MSTN И *MYOD1* У ОВЕЦ ПОРОДЫ МАНЫЧСКИЙ МЕРИНОС****А.Ю. Криворучко^{1,2}, Л.Н. Скорых¹, Е.Ю. Сафарян¹✉,****О.Н. Криворучко¹, Р.В. Зуев²**¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр
г. Михайловск, Шпаковский р-н, Ставропольский край, Россия

✉ telegina.helen@yandex.ru

² Северо-Кавказский федеральный университет
г. Ставрополь, Россия

Реферат. Одной из возможностей дальнейшего увеличения мясной продуктивности, которая используется в последние десятилетия, является применение научных исследований в области биотехнологии и генетики. Исследования аллельных вариантов генов *MSTN* и *MyoD1* представляют большой интерес в области животноводства, так как они играют важную роль в увеличении мышечной ткани. Локусы, выявленные в этих генах, связаны с улучшением мясной продуктивности животных. Цель данной работы – выявить новые однонуклеотидные полиморфизмы в генах *MSTN* и *MyoD1* у овец породы манычский меринос. Объектом исследования стали 10 баранчиков в возрасте одного года. Для дальнейшего секвенирования отбирали пробы крови, выделяли ДНК из 0,1 мл, использовали геномный секвенатор NovaSeq 6000. Полученные в результате секвенирования фрагменты картировали на референсный геном *Ovis aries* сборка ARS-UI_Ramb_v2.0 NCBI (National Center for Biotechnology Information). Genome. *Ovis aries*. (2022). В результате исследования в гене *MSTN* было выявлено 17 замен. Из них 7 SNP не внесены в общемировую базу данных dbSNP NCBI и выявлены впервые. В области экзона 1 выявлена замена с.101A>G, является не синонимичной. В интронной области выявлены 5 мутаций, 11 замен локализованы во фланкирующих областях гена. В гене *MyoD1* выявлено 22 однонуклеотидных полиморфизма в участках гена *MyoD1*, из них девять SNP не внесены в общемировую базу данных dbSNP NCBI и выявлены впервые. Мутация с.150T>C расположена в первом экзоне, является синонимичной. В интронной области выявлены 7 мутаций, 14 замен локализованы во фланкирующих областях гена. Результаты исследования позволили расширить знания о структуре генов *MyoD1*, *MSTN*, а также выявить новые однонуклеотидные полиморфизмы в генах у исследуемых овец.

Ключевые слова: *MyoD1*, *MSTN*, мутация, секвенирование, SNP, манычский меринос

Цитирование. Криворучко А.Ю., Скорых Л.Н., Сафарян Е.Ю., Криворучко О.Н., Зуев Р.В. Новые полиморфизмы генов мясной продуктивности *MSTN* и *MyoD1* у овец породы манычский меринос // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (76). – С. 51–63, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-51-63.

NEW POLYMORPHISMS OF MEAT PRODUCTIVITY GENE *MSTN* AND *MYOD1* IN MANYCH MERINO SHEEP

A.Yu. Krivoruchko^{1,2}, L.N. Skorykh¹, E.Yu. Safaryan¹✉,
O.N. Krivoruchko¹, R.V. Zuev²

¹ North Caucasian Federal National Research Agrarian Center
Mikhailovsk, Shpakovsky District, Stavropol Region, Russia

✉ telegina.helen@yandex.ru

² North Caucasus Federal University
Stavropol, Russia

Abstract. One of the opportunities to further increase meat productivity, which has been used in recent decades, is the use of scientific research in the field of biotechnology and genetics. Studies of allelic variants of the *MSTN* and *MyoD1* genes are of great interest in the field of animal husbandry, as they play an important role in muscle tissue gain. Loci identified in these genes are associated with improved meat productivity of animals. The purpose of this work is to identify new single nucleotide polymorphisms in the *MSTN* and *MyoD1* genes in Manych Merino sheep. The objects of the study were 10 lambs at the age of one year. For further sequencing, blood samples were collected, DNA was extracted from 0.1 ml, and a NovaSeq 6000 genomic sequencer was used. The fragments obtained as a result of sequencing were mapped to the reference genome *Ovis aries* assembly ARS-UI_Ramb_v2.0 (National Center for Biotechnology Information (NCBI). Genome. *Ovis aries*. (2022)). The study identified 17 substitutions in the *MSTN* gene. Of these, seven SNPs were not included in the NCBI dbSNP database and were detected for the first time. The c.101A>G substitution identified in the exon 1 region is non-synonymous. Five mutations were detected in the intronic region, 11 substitutions were localised in the flanking regions of the gene. In the *MyoD1* gene, 22 single nucleotide polymorphisms in *MyoD1* gene regions were identified, of which nine SNPs are not listed in the NCBI dbSNP worldwide database and were detected for the first time. The c.150T>C mutation is located in the first exon and is synonymous. Seven mutations were detected in the intronic region, 14 substitutions were localised in the flanking regions of the gene. The results of the study allowed us to expand knowledge about the structure of *MyoD1*, *MSTN* genes, as well as to identify new single nucleotide polymorphisms in the genes in the studied sheep.

Keywords: *MyoD1*, *MSTN*, mutation, sequencing, SNP, Manych Merino

Citation. Krivoruchko, A.Yu., Skorykh, L.N., Safaryan, E.Yu., Krivoruchko, O.N. and Zuev, R.V. (2024), 'New polymorphisms of meat productivity gene *MSTN* and *MyoD1* in Manych Merino sheep', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 76, no 2, pp. 51–63 (In Russ.), doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-51-63.

Введение. Молекулярно-генетический анализ позволяет выявить локусы генома животного, контролирующие хозяйственные признаки, и разработать на основе их полиморфизма ДНК-маркеры, которые являются более информативными и точными, чем все другие известные типы генетических маркеров. Использование маркер-ассоциированной селекции (marker-assisted selection, MAS) способствует быстрому введению в популяцию овец с желаемыми аллельными вариантами с целью повышения продуктивности, и, как результат, ускорению селекции и снижению затрат на производство баранины [1].

Наиболее изучаемыми и перспективными генами для качественных и количественных показателей мясной продуктивности овец являются ген фактор роста и дифференцировки 8 (*MSTN*, миостатин) и ген миогенной дифференцировки (*MyoD1*). Эти гены использовались в исследованиях, в которых выявляли полиморфизмы, связанные с характеристиками массы туши и выходом мяса, поскольку транскрипты генов *MSTN* и *MyoD1* играют жизненно важную

роль в развитии мышц. Ген *MSTN* играет важную роль в формировании скелетных мышц. Миостатин является высококонсервативным у млекопитающих. У животных с недостаточным количеством *MSTN* наблюдается увеличение массы скелетных мышц (двойная мускулатура). Описаны мутации в гене *MSTN* у различных видов животных, таких как овцы, крупный рогатый скот, свиньи, собаки [2]. Некоторые варианты *MSTN* также были связаны с увеличением мышечной массы у ягнят породы спаэлсау (spaelsau) норвежской селекции [3]. *MSTN* отвечает за удвоение мускулатуры у овец породы тексель новозеландской, австралийской, бельгийской, норвежской селекции [4–5].

Ген *MyoD1* является миогенным регуляторным фактором, отвечает за дифференцировку миогенных клеток в миообласты и их пролиферацию [6]. Учеными были обнаружены полиморфизмы, влияющие на качество мяса, особенности мышечных волокон у мясного скота, свиней, цыплят [7–9]. Замены в гене *MyoD1* были связаны с особенностями телосложения у овец породы санта-инес (Santa Ines), также наблюдалась связь между экспрессией гена *MyoD1* в передней зубчатой мышце и выходом туши у овец пород санта-инес, морада-нова и сомали (Santa Inês, Morada Nova, Somalis) [10]. Выявлены некоторые варианты гена *MyoD1*, связанные с выходом мяса у овец породы ромни [11]. Все эти исследования показали значимость полиморфизмов в гене *MyoD1* для генетического контроля важных признаков у домашнего скота. Однако влияние полиморфизмов в гене *MyoD1* на мясные качества овец остается малоизученным.

В 2017 г. исследователи провели анализ структуры гена *MyoD1*, изучили взаимосвязь между SNP и мясной продуктивностью у овец породы маньчский меринос, одной из самых распространенных отечественных тонкорунных пород Ставропольского края [12]. Однако так как порода овец маньчский меринос разводится достаточно изолированно от других пород, в ней могут накапливаться значимые для селекции мутации. В связи с этим поиск новых полиморфизмов в генах *MSTN* и *MyoD1* у овец этой породы важен для обнаружения новых маркеров. Поиск полиморфизмов является актуальным для дальнейшего изучения влияния обнаруженных SNP на показатели мясной продуктивности.

Цель исследования – выявить новые однонуклеотидные полиморфизмы в генах *MSTN* и *MyoD1* у овец породы маньчский меринос.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились на базе лабораторий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (ВНИИОК) – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» и Северо-Кавказского федерального университета. Объектом исследования служили 10 баранчиков породы маньчский меринос в возрасте 1 года. Животные были отобраны методом случайной выборки, являлись клинически здоровыми.

Геномная ДНК выделялась из образцов крови, полученных из яремной вены в асептических условиях. Пробы крови отбирали в пробирки Vacutainer® со стабилизатором ЭДТА («Becton Dickinson International», США). ДНК выделяли из 0,1 мл крови с использованием набора для экстракции нуклеиновых кислот «МагноПрайм ВЕТ» («НекстБио», Россия) согласно инструкции производителя. Концентрацию ДНК в растворе измеряли на флуориметре «Qubit 4.0» («Invitrogen/Life Technologies», США). Контроль качества (OD260/280) проводили на спектрофотометре NanoDrop OneC («Thermo-Fisher Scientific, Inc.», США). Подготовка библиотеки осуществлялась с использованием наборов Accel-NGS 2S Plus DNA Library Kit (IDT) for Illumina Platforms («Swift Biosciences, Inc.», США).

и TruSeq DNA Nano Library Prep kit («Illumina, Inc.», США) согласно инструкции производителя. Секвенирование проводили с использованием геномного секвенатора NovaSeq 6000 (Illumina, Inc.» США). Было получено 2 файла FASTQ для каждого образца, соответствующих прямому и обратному считыванию. Общая длина сырых прочтений составила 71-158 Gb. Контроль качества чтений проводился с использованием программного обеспечения FastQC на Illumina's DRAGEN Bio-IT Platform (v. 4.2.4). Q30 значение секвенирования составило >90,2%. Длина более 95% прямых и обратных ридов находилась в пределах 150-151 п.н.

В результате секвенирования полученные фрагменты картировали на референсный геном *Ovis aries* сборка ARS-UI_Ramb_v2.0 NCBI (National Center for Biotechnology Information). Genome. *Ovis aries* (2022). Величина покрытия генома (genome coverage) 27–60-кратная. Содержание CG в среднем составляет 44%. Из геномов были извлечены полные нуклеотидные последовательности генов мясной продуктивности овец (*MSTN*, *MyoD1*) для дальнейшего поиска генетических вариантов. Участки последовательности включали нуклеотидную позицию гена (начало-конец), номер хромосомы. Были использованы следующие координаты: 2:119283858-119294614 для гена *MSTN* и 15:34551445-34558239 для гена *MyoD1*. Для описания обнаруженных однонуклеотидных замен (SNP) использовалась номенклатура HGVS (Human Genome Variation Society). Для каждого полиморфизма вычислялась частота встречаемости аллельных вариантов и генотипов.

Результаты исследований. В процессе исследования было выявлено 17 однонуклеотидных замен в кодирующих и регуляторных участках гена *MSTN* породы овец манычский меринос (таблица 1). Из них 7 SNP были выявлены впервые, остальные 10 мутаций внесены в базу данных National Center for Biotechnology Information (dbSNPNCBI). В 5' фланкирующей области гена обнаружены 3 однонуклеотидных полиморфизма. В области экзона 1 выявлена замена с.101A>G, является не синонимичной. В интронной области выявлены 5 мутаций. В 3' фланкирующей области обнаружено 8 однонуклеотидных полиморфизмов.

Среди выявленных в гене *MSTN* однонуклеотидных замен 74% составляют транзиции и 26% трансверсии. Замены у животных встречаются в основном в гомозиготном варианте. Замены с.747+164A>G, с.*2281A>G встречаются редко. В гетерозиготном варианте встречается мутация с.*3373A>G у 40% животных. Замены с.747+164A>G, с.*1956A>G, с.*2281A>G встречаются в гетерозиготном варианте у 30% баранчиков. Остальные замены являются редкими.

Таблица 1. SNP в гене *MSTN* у овец породы манычский меринос
Table 1. SNP in the *MSTN* gene in Manych Merino sheep

№	Наименование SNP	Позиция в гене по номенклатуре Human Genome Variation Society	Хромосома: локализация
1	rs427801013	с.-2167	2:119283899
2	rs119102824	с.-37	2:119286029
3	Не встречается в базе	с.-3	2:119286063
4	rs417816017	с.101	2:119286166
5	Не встречается в базе	с. 374-374	2:119287898

Продолжение таблицы 1

6	Не встречается в базе	с.374-52	2:119288220
7	rs426500486	с.747+164	2:119288809
8	Не встречается в базе	с.747+639	2:119289284
9	Не встречается в базе	с.748-1005	2:119289671
10	Не встречается в базе	с.*897	2:119291953
11	rs427218375	с.*1870	2:119292926
12	Не встречается в базе	с.*1951	2:119293007
13	rs3481564330	с.*1956	2:119293012
14	rs421222248	с.*2281	2:119293337
15	rs1088790123	с.*2660	2:119293716
16	rs590115129	с.*3147	2:119294203
17	rs399586817	с.*3373	2:119294429

При выполнении исследования было обнаружено 22 однонуклеотидных полиморфизма в регуляторных и кодирующих участках гена *MyoD1* породы овец манычский меринос (таблица 2). Из 22 мутаций 9 отсутствуют в базе данных NCBI. В 5' фланкирующей области гена локализованы 4 однонуклеотидных полиморфизма. Замена с.150T>C расположена в первом экзоне, является синонимичной. В интронной области выявлены 7 мутаций с.630+27T>C, с.630+132T>C, с.630+140T>C, с.630+290A>C, с.630+306C>T, с.630+328G>C, с.709+157C>G, в 3' фланкирующей области обнаружено 10 замен.

Среди выявленных однонуклеотидных замен у овец породы манычский меринос 71% составляют транзиции и 29% трансверсии. Большее количество замен у всех животных встречается в гомозиготном варианте. В гомозиготном мутантном варианте встречаются замены с.-2149G>C у 80% баранчиков и с.630+132T>C у 70% баранчиков. Замена с.*2301C>A встречается у 50% животных в гомозиготном мутантном варианте. Замена с.*2531G>A встречается в гетерозиготном варианте у 50% животных. Замена с.*2354T>C встречается у 40 % животных в гетерозиготном варианте. У 30% животных в гетерозиготном варианте встречаются мутации с.-910G>T, с.364T>C, с.*2301C>A, с.*2440G>A, с.*2627G>A. Остальные замены являются редкими.

Таблица 2. SNP в гене *MyoD1* у овец породы манычский меринос
 Table 2. SNP in the *MyoD1* gene in Manych Merino sheep

№	Наименование SNP	Позиция в гене по номенклатуре Human Genome Variation Society	Хромосома: локализация
1	Не встречается в базе	с.-1766	15:34557663
2	rs1086313257	с.-1588	15:34557485
3	rs591152513	с.-910	15:34556807
4	rs601707240	с.-909	15:34556806
5	rs596917470	с.150	15:34555748
6	Не встречается в базе	с.630+27	15:34555241
7	Не встречается в базе	с.630+132	15:34555136
8	Не встречается в базе	с.630+140	15:34555128

Продолжение таблицы 2

9	rs1135847353	c.630+290	15:34554978
10	rs1135847351	c.630+306	15:34554962
11	Не встречается в базе	c.630+328	15:34554940
12	Не встречается в базе	c.709+157	15:34554518
13	Не встречается в базе	c.*39	15:34554125
14	Не встречается в базе	c.*358	15:34553806
15	rs1085602036	c.*1628	15:34552536
16	Не встречается в базе	c.*1717	15:34552447
17	rs412518807	c.*2301	15:34551863
18	rs403485185	c.*2350	15:34551814
19	rs422929327	c.*2354	15:34551810
20	rs413592285	c.*2440	15:34551724
21	rs400483816	c.*2531	15:34551633
22	rs419671610	c.*2627	15:34551537

Обсуждение результатов. Согласно полученным результатам, ген миостатин имеет большое количество аллельных вариантов, в связи с чем обнаруживается значительное генотипическое разнообразие. Работа по изучению структуры гена *MSTN* у овец породы маньчжский меринос авторами настоящего исследования началась еще в 2017 г. В ходе текущих исследований было выявлено 17 новых однонуклеотидных замен, о некоторых из них ранее не сообщалось в зарубежных и российских источниках [13–14]. Также обнаружены 7 новых, ранее не описанных полиморфизмов в 5'фланкирующей области гена, интронной области и в 3'фланкирующей области (таблица 3).

Таблица 3. Частота встречаемости аллельных вариантов и генотипов гена *MSTN*
Table 3. Frequency of allelic variants and genotypes of the *MSTN* gene

№	Аллельный вариант				Позиция в гене по номенклатуре Human Genome Variation Society	Генотип					
1	0,95	C	0,05	T	c.-2167	0,9	CC	0,1	CT	0,0	TT
2	0,9	T	0,1	C	c.-37	0,9	TT	0,0	TC	0,1	CC
3	0,95	A	0,05	C	c.-3	0,9	AA	0,1	AC	0,0	CC
4	0,9	A	0,1	G	c.101	0,8	AA	0,2	AG	0,0	GG
5	0,95	T	0,05	C	c.374-374	0,9	TT	0,1	TC	0,0	CC
6	0,95	T	0,05	C	c.374-52	0,9	TT	0,1	TC	0,0	CC
7	0,75	A	0,25	G	c.747+164	0,6	AA	0,3	AG	0,1	GG
8	0,95	G	0,05	T	c.747+639	0,9	GG	0,1	GT	0,0	TT
9	0,95	A	0,05	G	c.748-1005	0,9	AA	0,1	AG	0,0	GG
10	0,95	A	0,05	G	c.*897	0,9	AA	0,1	AG	0,0	GG
11	0,9	T	0,1	C	c.*1870	0,8	TT	0,2	TC	0,0	CC
12	0,95	G	0,05	A	c.*1951	0,9	GG	0,1	GA	0,0	AA
13	0,85	A	0,15	G	c.*1956	0,7	AA	0,3	AG	0,0	GG

Продолжение таблицы 3

14	0,75	A	0,25	G	с.*2281	0,6	AA	0,3	AG	0,1	GG
15	0,95	C	0,05	T	с.*2660	0,9	CC	0,1	CT	0,0	TT
16	0,95	G	0,05	T	с.*3147	0,9	GG	0,1	GT	0,0	TT
17	0,8	A	0,2	G	с.*3373	0,6	AA	0,4	AG	0,0	GG

Результаты расчета частоты встречаемости единичных полиморфизмов в гене *MSTN* в настоящем исследовании идентичны полученным ранее проведенным при секвенировании геномов марокканских и иранских пород овец (https://www.ensembl.org/Ovis_aries/Variation/Population.Variation). В замене с.-2167C>T встречаемость мутантного аллеля оказалась меньше на 5% и 9% по сравнению с иранскими и марокканскими породами овец соответственно. Полиморфизм с.747+164A>G характеризовался более низкой частотой встречаемости мутантного аллеля G, чем у иранских и марокканских овец, на 10% и 9% соответственно. В локусе с.*1870 встречаемость мутантного аллеля C составила 10%, это на 7% меньше, чем у иранских овец, и на 9% меньше, чем у марокканских. Мутантный аллель G в единичной замене с.*2281A>G встречался с частотой 25%, что по сравнению с иранскими овцами меньше на 10%, с марокканскими – на 17%. В полиморфизме с.*3373A>G частота встречаемости мутантного аллеля G составила 20%, что на 15% меньше, чем у иранских овец, и на 22% меньше, чем у марокканских.

За последнее десятилетие было зарегистрировано около 77 SNP в гене *MSTN* у различных пород овец, таких как тексель, норвежская, ромни, новозеландский тексель, латвийская темноголовая; большинство замен расположены в некодирующих областях гена [15]. Изменяющая структуру пептида замена с.101A>G была обнаружена у отечественной породы джалгинский меринос ромни, у овец породы австралийский меринос [16]. По мнению авторов, замена влияет на ингибирующую способность миостатина и в дальнейшем на мясные качества. Ранее изученные однонуклеотидные полиморфизмы в гене *MSTN*, такие как с.-40C>A, были выявлены у белых и черных суффолков, ромни. У овец породы джалгинский меринос мутация с.-40C>A связана с негативным влиянием на показатели мясной продуктивности. Замена с.373+18G>T обнаружена в области интрона поблизости от донор-сайта сплайсинга у овец породы новозеландской селекции, суффолк и тексель, джалгинского мериноса [17].

Самое большое количество единичных нуклеотидов в гене *MyoD1* локализованы в 3' фланкирующей области. В первом экзоне обнаружен один полиморфизм, не приводящий к замене аминокислоты (таблица 4). Информация о гене, а также о связи SNP с мясной продуктивностью у овец в зарубежных и российских источниках представлена в недостаточном количестве.

В 2019 г. Sousa-Junior LPB с соавторами в своем исследовании выявили 59 полиморфизмов в гене *MyoD1* у овец породы санта-инес (Santa Ines), из которых 45 SNP выявлены впервые. В области интрона обнаружены 27 SNP, в кодирующей области 22 SNP, в 3'UTR области 10 SNP. По мнению ученых, некоторые варианты могут быть использованы для идентификации геномных вариаций, связанных с количественными признаками у овец [18].

Частота встречаемости однонуклеотидных полиморфизмов в гене миогенной дифференцировки при сравнении оказалась аналогичной марокканским и иранским породам овец. Замены с.630+27T>C, с.*358G>T, с.*1717A>G обнаружены у небольшого числа баранчиков, поэтому делать конкретные выводы, связанные с этими мутациями, нет возможности. Мутантный аллель A в локусе с.-910 и с.-909 у овец породы маньчжский меринос на 3% выше, чем у иранских, на 10%, чем выше у марокканских овец. Мутантный аллель T в

локусе с.*2301 на 47% больше, чем у марокканских овец. С иранскими овцами частота встречаемости мутантного аллеля идентична исследуемой породе.

Таблица 4. Частота встречаемости аллельных вариантов гена и генотипов гена *MyoD1*
Table 4. Frequency of allelic variants and genotypes of the *MyoD1* gene

№	Аллельный вариант				Позиция в гене по номенклатуре Human Genome Variation Society	Генотип					
1	0,95	C	0,05	T	с.-1766	0,9	CC	0,1	CT	0,0	TT
2	0,85	C	0,15	T	с.-1588	0,7	CC	0,3	CT	0,0	TT
3	0,85	C	0,15	A	с.-910	0,7	CC	0,3	CA	0,0	AA
4	0,85	C	0,15	A	с.-909	0,7	CC	0,3	CA	0,0	AA
5	0,95	A	0,05	G	с.150	0,9	AA	0,1	AG	0,0	GG
6	0,95	A	0,05	G	с.630+27	0,9	AA	0,1	AG	0,0	GG
7	0,3	A	0,7	G	с.630+132	0,3	AA	0,0	AG	0,7	GG
8	0,95	A	0,05	G	с.630+140	0,9	AA	0,1	AG	0,0	GG
9	0,85	T	0,15	G	с.630+290	0,8	TT	0,1	TG	0,1	GG
10	0,85	G	0,15	A	с.630+306	0,8	GG	0,1	GA	0,1	AA
11	0,9	C	0,1	G	с.630+328	0,8	CC	0,2	CG	0,0	GG
12	0,8	G	0,2	C	с.709+157	0,7	GG	0,2	GC	0,1	CC
13	0,7	T	0,3	C	с.*39	0,7	TT	0,0	TC	0,3	CC
14	0,95	C	0,05	A	с.*358	0,9	CC	0,1	CA	0,0	AA
15	0,9	C	0,1	T	с.*1628	0,8	CC	0,2	CT	0,0	TT
16	0,95	T	0,05	C	с.*1717	0,9	TT	0,1	TC	0,0	CC
17	0,35	G	0,65	T	с.*2301	0,2	GG	0,3	GT	0,5	TT
18	0,8	C	0,2	T	с.*2350	0,7	CC	0,2	CT	0,1	TT
19	0,5	A	0,5	G	с.*2354	0,3	AA	0,4	AG	0,3	GG
20	0,85	C	0,15	T	с.*2440	0,7	CC	0,3	CT	0,0	TT
21	0,45	C	0,55	T	с.*2531	0,2	CC	0,5	CT	0,3	TT
22	0,85	C	0,15	T	с.*2627	0,7	CC	0,3	CT	0,0	TT

Исследования показывают, что частота встречаемости мутантного аллеля T в локусе с.*2350 на 8% больше, чем у марокканских овец, частота встречаемости аллеля G в локусе с.*2354T>C больше на 18%. Мутантный аллель в локусе с.*2440 у породы овец маньчжунский меринос и у иранских овец встречается на 12% реже, чем у марокканских овец. В локусе с.*2531 встречаемость мутантного аллеля оказалась одинаковой с иранскими породами овец – 55%, что на 23% больше в сравнении с марокканскими породами овец. У овец породы маньчжунский меринос частота встречаемости аллеля T в локусе с.*2627 составляет 15%, что на 8% больше, чем у иранских, и на 12% больше, чем у марокканских овец.

Выводы. В ходе данного исследования были выявлены новые однонуклеотидные полиморфизмы и их локализация в генах *MSTN* и *MYOD1* у овец породы маньчжунский меринос. В гене *MyoD1* обнаружено 22 SNP в регуляторных и кодирующих областях, из которых 9 SNP не внесены в общемировую базу данных dbSNP NCBI, т. е. впервые идентифицированы.

Мутация с.150T>C расположена в первом экзоне, является синонимичной. В интронной области выявлены 7 мутаций: с.630+27T>C, с.630+132T>C, с.630+140T>C, с.630+290A>C, с.630+306C> T, с.630+328G>C, с.709+157C> G; остальные 14 замен локализованы во фланкирующих областях гена. В кодирующих и регуляторных участках гена *MSTN* породы овец маньчжский меринос было выявлено 17 однонуклеотидных полиморфизмов. Из них 7 SNP не внесены в общемировую базу данных dbSNP NCBI, впервые идентифицированы. В области экзона 1 выявлена одна замена с.101A> G, является не синонимичной. В интронной области выявлено 5 мутаций, остальные 11 замен локализованы во фланкирующих областях гена. Целесообразно продолжить дальнейшие исследования для поиска новых геномных маркеро-кандидатов, которые могут быть использованы при селекции овец породы маньчжский меринос, а также других российских пород овец с использованием расширенной выборки животных; изучить новые гены, участвующие в формировании мышечной ткани у овец, и их полиморфизмы.

Список источников литературы

1. Tuersuntuoheti, M. Exploring the growth trait molecular markers in two sheep breeds based on Genome-wide association analysis. / M. Tuersuntuoheti, J. Zhang, W. Zhou, C. Zhang, C. Liu et.al. // PLoS ONE. – 2023. – Vol. 4. – Pp. 18–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283383>.
2. Lee, S.-J. Targeting the myostatin signaling pathway to treat muscle loss and metabolic dysfunction. / S.-J. Lee // J. Clin. Invest. – 2021. – Vol. 131. – № 9. – Pp. 1–10. <https://doi.org/10.1172/JCI148372>.
3. Kalds, P. Genetics of the phenotypic evolution in sheep: a molecular look at diversity-driving genes. / P. Kalds, S. Zhou, Y. Gao, B. Cai, S. Huang et al. // Genet. Selection Evol. – 2022. – Pp. 54–61. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00753-3>.
4. Talebi, R. Genetic basis of muscle-related traits in sheep: a review. / R. Talebi, M.R. Ghaffari, M. Zeinalabedini, R. Abdoli, M. Mardi // Anim. Genet. – 2022. – Vol. 53, № 6. – Pp. 723–739. <https://doi.org/10.1111/age.13266>.
5. Ozcan-Gokcek, E. Characterisation of Single Nucleotide Polymorphisms and Haplotypes of *MSTN* Associated with Growth Traits in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). / E. Ozcan-Gokcek, R. Isik, B. Karahan, K. Gamsiz // Mar Biotechnol. – 2023. – Vol. 25. – Pp. 347–357. <https://doi.org/10.1007/s10126-023-10211-w>.
6. Sibgatullina, G. Differentiation of Myoblasts in Culture: Focus on Serum and Gamma-Aminobutyric Acid. / G. Sibgatullina, R. Ebrahim, K. Gilizhdinova, A. Tokmakova, A. Malomouzh // Cells Tissues Organs. – 2023. – Pp. 92–102. <https://doi.org/10.1159/000529839>.
7. Kowalczyk, M. Meat quality–genetic background and methods of its analysis. / M. Kowalczyk, A. Kaliniak-Dziura, M. Prasow, P. Domaradzki, A. Litwińczuk // Czech Journal of Food Sciences. – 2022. – Vol. 40. – Pp. 15–25. <https://doi.org/10.17221/255/2020-CJFS/>.
8. Migdal, L. Polymorphisms in coding and non-coding regions of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) myogenin (*MyoG*) gene. / L. Migdal, S. Palka // World Rabbit Science. – 2021. – Vol. 29. № 2. P. 69–76. DOI:10.4995/wrs.2021.11830.
9. Yang, Z. Genetic Effects of Polymorphisms in Myogenic Regulatory Factors on Chicken Muscle Fiber Traits / Z. Yang, Y. Qing, Q. Zhu, X. Zhao et al. // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2015. – Vol. 28. – № 6. – P. 782–787. doi: 10.5713/ajas.14.0753.
10. Sousa-Junior, L.P.B. Polymorphisms in *MYOD1*, *MYOG*, *MYF5*, *MYF6*, and *MSTN* genes in Santa Ines sheep. / L.P.B. Sousa-Junior, A.N. Meira, H.C. Azevedo, et al. // Pesq Agropec Bras. – 2019. – № 54. – Pp. 87–91. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01132>.

11. Wang, J. Variation in the ovine MYF5 gene and its effect on carcass lean meat yield in New Zealand Romney sheep. / J. Wang, H. Zhou, R.H.J. Forrest, J. Hu et al. // *Meat Science*. – 2017. – Vol.131. – P. 146-151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.012>.
12. Trukhachev, V. The polymorphisms of MyoD1 gene in Manych Merino sheep and its influence on body conformation traits / V. Trukhachev, G. Dzhalidy, V. Skripkin, A. N. Kulichenko et al. // *Hellenic Vet. Med. Soc.* – 2017. – Vol. 68. – № 3. – Pp. 319–326. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32395506>.
13. Яцык, О.А. Полиморфизм гена миостатина (MSTN) у овец породы маньчжунский меринос / О. А. Яцык, Е. Ю. Телегина // *Аграрный вестник Верхневолжья*. – 2017. – № 3. – Pp. 47–53. <https://elibrary.ru/ziogub?ysclid=lumitycokh987240389>.
14. Aiello, D. The Myostatin Gene: An overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. / D. Aiello, K. Patel, E Lasagna // *Anim. Genet.* – 2018. – № 49. – Pp. 505–519. <https://doi.org/10.1111/age.12696>.
15. Osman, N.M. Genetic variations in the Myostatin gene affecting growth traits in sheep. / N.M. Osman, H.I. Shafey, M.A. Abdelhafez, A.M. Sallam, K.F. Mahrous // *Veterinary World*. – 2021. – Vol. 14, № 2. – Pp. 475–482. doi: 10.14202/vetworld.2021.475-482.
16. Kaitholil, S. R. C. Insights into the influence of diet and genetics on feed efficiency and meat production in sheep. / S. R. C. Kaitholil, M. H. Mooney, A. Aubry, F. Rezwan // *Animal Genetics*. – 2024. – Vol. 55. – Pp. 20–46. DOI: 10.1111/age.13383.
17. Wang, J. Variation in the ovine MYF5 gene and its effect on carcass lean meat yield in New Zealand Romney sheep. / J. Wang, H. Zhou, R.H.J. Forrest, J. Hu // *Meat Science*. – 2017. Vol.131. – Pp. 146–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.012>.
18. Sousa-Junior, L.P.B. Variants in myostatin and MyoD family genes are associated with meat quality traits in Santa Inês sheep. / L.P.B. Sousa-Junior, A.N. Meira, H.C. Azevedo, E. N. Muniz et al. // *Anim Biotechnol.* – 2022. – № 33. – Pp. 201–213. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1781651>.

References

1. Tüersüntüohti, M. Zhang, J., Zhou, W., Zhang, C., Liu, C. et.al. (2023), 'Exploring the growth trait molecular markers in two sheep breeds based on Genome-wide association analysis', *PLoS ONE*, Vol.4, pp. 18-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283383>.
2. Lee, S.-J. (2021), 'Targeting the myostatin signaling pathway to treat muscle loss and metabolic dysfunction', *J. Clin. Invest.*, vol. 131, no. 9, pp. 1–10.
3. Kalds, P., Zhou, S., Gao, Y., Cai, B. Huang, S. et.al. (2022), 'Genetics of the phenotypic evolution in sheep: a molecular look at diversity-driving genes', *Genet. Selection Evol.*, pp. 54-61. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00753-3>.
4. Talebi, R., Ghaffari, M.R., Zeinalabedini, M., Abdoli, R. and Mardi, M. (2022), Genetic basis of muscle-related traits in sheep: a review', *Anim. Genet.*, vol. 53, no. 6, pp. 723–739. <https://doi.org/10.1111/age.13266>.
5. Özcan-Gökçek E, Isık, R., Karahan, B., Gamsız, K. et.al. (2023), 'Characterisation of Single Nucleotide Polymorphisms and Haplotypes of MSTN Associated with Growth Traits in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*)', *Mar Biotechnol.*, vol. 25, pp. 347–357. <https://doi.org/10.1007/s10126-023-10211-w>.
6. Sibgatullina, G. Ebrahim, R., Gilizhdinova, K., Tokmakova, A., Malomouzh, A. et.al. (2023), 'Differentiation of Myoblasts in Culture: Focus on Serum and Gamma-Aminobutyric Acid', *Cells Tissues Organs*, pp. 92–102. <https://doi.org/10.1159/000529839>.
7. Kowalczyk, M. Kaliniak-Dziura, A., Prasow, M., Domaradzki, P., et.al. (2022), 'Meat quality–genetic background and methods of its analysis', *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 40, pp. 15–25. <https://doi.org/10.17221/255/2020-CJFS/>.

8. Migdal L. and Palka, S. et.al. (2021), 'Polymorphisms in coding and non-coding regions of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) myogenin (MyoG) gene', *World Rabbit Science*, vol. 29 (2), pp. 69–76. DOI:10.4995/wrs.2021.11830.
9. Yang, Z. Qing, Y., Zhu, Q., Zhao, X. et.al. (2015), 'Genetic Effects of Polymorphisms in Myogenic Regulatory Factors on Chicken Muscle Fiber Traits', *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 28, no. 6, pp. 782–787. doi: 10.5713/ajas.14.0753.
10. Sousa-Junior, L.P.B. Meira, A.N., Azevedo, H.C. et.al. (2019), 'Polymorphisms in MYOD1, MYOG, MYF5, MYF6, and MSTN genes in Santa Ines sheep', *Pesq Agropec Bras*, vol. 54, pp. 87–91. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01132>.
11. Wang, J. Zhou, H., Forrest, R.H.J., Hu, J. et.al. (2017), 'Variation in the ovine MYF5 gene and its effect on carcass lean meat yield in New Zealand Romney sheep', *Meat Science*, Vol. 131, pp.146–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.012>.
12. Trukhachev, V. Dzhailey, G., Skripkin, V., Kulichenko, A. et.al. (2017), 'The polymorphisms of MyoD1 gene in Manych Merino sheep and its influence on body conformation traits', *Hellenic Vet. Med. Soc*, vol. 68, no. 3, pp. 319–326. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32395506>.
13. Yatsyk, O.A. and Telegina, E.Y. (2017), 'Polymorphism of the myostatin gene (MSTN) in Manych Merino sheep', *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*, no. 3, pp. 47–53. (In Russ.). <https://elibrary.ru/ziogubysclid=lumitycokh987240389>.
14. Aiello, D., Patel, K. and Lasagna, E et.al. (2018), 'The Myostatin Gene: An overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals', *Anim. Genet*, no. 49, pp. 505–519. <https://doi.org/10.1111/age.12696>.
15. Osman, N.M., Shafey, H.I., Abdelhafez, M.A., Sallam, A.M. and Mahrous, K.F. (2021), 'Genetic variations in the Myostatin gene affecting growth traits in sheep', *Veterinary World*, vol. 14, no. 2, pp. 475–482. doi: 10.14202/vetworld.2021.475-482.
16. Kaitholil, S.R.C. Mooney, M. H., Aubry, A. and Rezwan, F. (2024), 'Insights into the influence of diet and genetics on feed efficiency and meat production in sheep'. *Animal Genetics*, vol. 55, pp. 20–46. DOI:10.1111/age.13383.
17. Wang, J. Zhou, H., Forrest, R.H.J., Hu, J. et.al. (2017), 'Variation in the ovine MYF5 gene and its effect on carcass lean meat yield in New Zealand Romney sheep', *Meat Science*, vol. 131, pp. 146–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.012>.
18. Sousa-Junior, L.P.B. Meira, A.N., Azevedo, H.C., Muniz, E.N. et.al. (2022), 'Variants in myostatin and MyoD1 family genes are associated with meat quality traits in Santa Ines sheep', *Anim Biotechnol*, no. 33, pp. 201–213. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1781651>.

Авторский вклад

Криворучко А.Ю.: научная идея.

Скорых Л.Н.: методическое и научное сопровождение.

Сафарян Е.Ю.: обработка материалов, написание статьи.

Криворучко О.Н.: научное редактирование текста.

Зуев Р.В.: сбор информации.

Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution

Alexander Yu. Krivoruchko: scientific idea.

Larisa N. Skorykh: methodological and scientific support.

Elena Yu. Safaryan: processing of materials, writing the article.

Olga N. Krivoruchko: scientific text editing.

Roman V. Zuev: information collection.

All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Сведения об авторах

Криворучко Александр Юрьевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»; научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории молекулярно-генетической экспертизы, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»; <https://orcid.org/0000-0003-4536-1814>. SPIN-код: 9353-1475. Scopus ID: 23474242900. Researcher ID: B-9960-2015; rcvm@yandex.ru.

Скорых Лариса Николаевна, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»; <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>. SPIN-код: 8979-4755. Scopus ID: 57191168636. Researcher ID: O-7832-2016; lara02.76@mail.ru.

Сафарян Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»; <https://orcid.org/0000-0002-2049-842X>. SPIN-код: 3869-3088. Scopus ID: 57189598317. Researcher ID: Q-6612-2018; telegina.helen@yandex.ru.

Криворучко Ольга Николаевна, аспирант лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»; <https://orcid.org/0009-0005-2051-007X>. SPIN-код: 8798-2666; rcvm@yandex.ru.

Зуев Роман Владимирович, аспирант базовой кафедры генетики и селекции, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории биологической и медицинской информатики медико-биологического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»; <https://orcid.org/0000-0001-9909-6812>. SPIN-код: 3869-0000. Scopus ID: 56441746400. Researcher ID: Q-6566-2018; romus00@yandex.ru.

Information about the authors

Alexander Yu. Krivoruchko, Doc. Sci. (Biol.), Chief Researcher of the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Federal National Scientific Center 356241, Russia, Stavropol Territory, Shpakovsky District, Mikhailovsk, st. Nikonova, 49; Researcher, Research Laboratory of Molecular Genetic Expertise, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North Caucasus Federal University"; <https://orcid.org/0000-0003-4536-1814>. SPIN-code: 9353-1475. Scopus ID: 23474242900. Researcher ID: B-9960-2015; rcvm@yandex.ru.

Larisa N. Skorykh, Doc. Sci. (Biol.), Associate Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Federal National Research Center; <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>. SPIN-code: 8979-4755. Scopus ID: 57191168636. Researcher ID: O-7832-2016; lara02.76@mail.ru.

Elena Yu. Safaryan Cand. Sci. (Biol.), Researcher at the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Federal National Research; <https://orcid.org/0000-0002-2049-842X>. SPIN-code: 3869-3088. Scopus ID: 57189598317. Researcher ID: Q-6612-2018; telegina.helen@yandex.ru.

Olga N. Krivoruchko, Postgraduate Student of the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Federal National Research Center; <https://orcid.org/0009-0005-2051-007X>. SPIN-code: 8798-2666; rcvm@yandex.ru.

Roman V. Zuev, Postgraduate Student of the basic department of genetics and selection, researcher at the Research Laboratory of Biological and Medical Informatics, Faculty of Medical Biology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North Caucasus Federal University"; <https://orcid.org/0000-0001-9909-6812>. SPIN-code: 3869-0000. Scopus ID: 56441746400. Researcher ID: Q-6566-2018; romus00@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 11.04.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024; принята к публикации 28.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 11.04.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 28.05.2024.

Научная статья / Original research article

УДК 636.2.033(470+571)

Код ВАК 4.2.4

doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-64-74

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МЯСНОГО СКОТОВОДСТВА В РОССИИ

Н.Д. Виноградова¹ ✉, С.Л. Сафронов¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

г. Санкт-Петербург, Россия

✉ n_vinogradova35@mail.ru

Реферат. В статье представлены материалы сравнительного анализа динамики развития отечественного мясного скотоводства за период с 2010 по 2020 г. На основании тенденции развития отрасли определены дальнейшие перспективы развития мясного скотоводства в России. С целью увеличения производства говядины возможно рациональное использование продуктивного потенциала коров специализированных мясных пород, их промышленного скрещивания с породами молочного и комбинированного направления продуктивности. Эффективность выращивания и откорма помесей может быть разной, что обусловлено влиянием хозяйственных условий и используемых технологий производства продукции скотоводства. Представлены результаты научно-хозяйственного опыта промышленного скрещивания герефордского и голштинского скота, проведенного в товарном хозяйстве Ленинградской области. В ходе исследования установлено превосходство помесного молодняка (бычков и телок) по росту и развитию, формированию мясной продуктивности у молодняка, откормочным качествам по сравнению с чистопородным скотом голштинской породы. Изменения живой массы и ее среднесуточного прироста происходили в соответствии с закономерностями роста молодняка. По живой массе в разные периоды исследования различия между группами составляли 5,0–16,8%, а по среднесуточному приросту 7,9–28,3%. Помеси отличались интенсивным ростом и лучшей адаптацией на изменение условий кормления, что является характерной особенностью скота специализированных мясных пород. Так, положительное влияние на прирост массы оказали период доращивания и перевод животных на заключительный откорм. Убойный выход в группах помесного скота был на 7,2% и 4,4% больше, чем в группах чистопородных животных. Материалы исследования убедительно доказывают эффективность применения промышленного скрещивания специализированного мясного скота с молочным в сельскохозяйственных предприятиях Ленинградской области для производства говядины в Северо-Западном регионе России.

Ключевые слова: мясное скотоводство, производство говядины, численность поголовья, порода, промышленное скрещивание, мясная продуктивность

Цитирование. Виноградова Н.Д., Сафронов С.Л. Динамика развития мясного скотоводства в России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – 2024. – № 2 (76). – С. 64–74, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-64-74.

DYNAMICS OF BEEF CATTLE BREEDING IN RUSSIA

N.D. Vinogradova¹✉, S.L. Safronov¹¹Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine
Saint Petersburg, Russia

✉ n_vinogradova35@mail.ru

Abstracts. The article presents materials of comparative analysis of the dynamics of development of domestic beef cattle breeding for the period from 2010 to 2020. On the basis of the tendency of the branch development the further prospects of development of beef cattle breeding in Russia are defined. In order to increase beef production it is possible to rationally use the productive potential of cattle of specialised meat breeds, their industrial crossbreeding with breeds of dairy and combined direction of productivity. The efficiency of breeding and fattening of crossbreds can be different, which is caused by the influence of economic conditions and used technologies of cattle breeding production. The results of scientific and economic experience of industrial crossbreeding of Hereford and Holstein cattle, carried out in the commercial farm of the Leningrad Region, are presented. In the course of the research the superiority of crossbred young stock (steers and heifers) in growth and development, formation of meat productivity in young stock, fattening qualities in comparison with purebred cattle of Holstein breed is established. Changes in living weight and its average daily gain in living weight occurred in accordance with the growth patterns of young animals. In terms of gain in living weight in different periods of the study, the differences between the groups were 5.0–16.8%, and in terms of average daily gain 7.9–28.3%. The crossbreds were distinguished by intensive growth and better adaptation to changes in feeding conditions, which is a characteristic feature of cattle of specialised beef breeds. Thus, the period of growing up and transfer of animals to the final fattening had a positive effect on weight gain. Slaughter yield in the groups of crossbred cattle was 7.2% and 4.4% higher than in the groups of purebred animals. The presented research materials convincingly prove the efficiency of application of industrial crossbreeding of specialised beef cattle with dairy cattle in agricultural enterprises of the Leningrad Region for beef production in the North-West region of Russia.

Keywords: beef cattle breeding, beef production, herd size, breed, industrial crossbreeding, beef productivity

Citation. Vinogradova N.D., Safronov S.L. (2024) "Dynamics of beef cattle breeding development in Russia", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 76, no. 2, pp. 64–74, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-64-74.

Введение. Мясо и мясопродукты являются неотъемлемыми элементами структуры стратегической продовольственной безопасности страны. В «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденной Указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20, определены пороговые значения удельного веса отечественной сельскохозяйственной продукции. Так, мяса и мясопродуктов (в пересчете на мясо) стране необходимо производить не менее 85% от потребности в них.

По медицинским нормам потребление говядины должно составлять 20 кг/чел. в год; фактическое потребление в России не превышает 13,7 кг/чел. в год, а производство – 12,2 кг/чел. в год [1, 5, 7].

Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг. (ФНТП) предусматривает увеличение объемов производства продукции животноводства на 8% к 2030 г. относительно уровня 2022 г.

На протяжении всего периода реформирования АПК численность поголовья

сельскохозяйственных животных и птицы, объемы производства мяса неуклонно снижались, и лишь в последние 2-3 года наметился некоторый рост производства и потребления мяса.

РФ находится на 9 месте по уровню производства говядины от специализированных пород, при этом потребление несколько превышает внутреннее производство (0,2 млн т). Следует отметить, что в России за последний год объемы производства говядины несколько снизились, а потребление увеличилось на 3,4% [1, 6, 7].

Для создания крупной отрасли специализированного мясного скотоводства и интенсивного откорма бычков мясных и молочных пород как поставщиков высококачественной говядины в перспективе Россия располагает всеми необходимыми предпосылками:

1) наличие 77 млн га естественных кормовых угодий и более 30 млн га неиспользуемой пашни;

2) апробированная практически во всех регионах страны малозатратная интенсивно-пастбищная технология мясного скотоводства;

3) ресурсы ремонтного маточного поголовья в мясных (16–20 тыс. телок в год) и молочных (не менее 150–200 тыс. телок в год) стадах для формирования новых мясных стад племенного и особенно товарного назначения [1, 4, 5].

Основным источником производства говядины в России до сих пор являются выбракованные коровы и откормочный контингент из молочных стад, на долю которых приходится почти 90% производства говядины [1, 4–6].

Цель исследований – анализ динамики развития отрасли мясного скотоводства в России по показателям производства крупного рогатого скота на убой, динамике поголовья мясного скота и численности поголовья мясных пород, определение перспектив развития отрасли в стране.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проводились на основе анализа данных, представленных в статистических сборниках и публикациях в открытом доступе. Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано 4 группы животных методом пар-аналогов. Бычки и телки голштинской породы вошли в контрольные группы 1 и 2, а помесный молодняк, полученный в результате промышленного скрещивания герефордской и голштинской пород, – в опытные группы 3 и 4 соответственно. В каждой группе поголовье молодняка составило 9 голов. Животные всех групп находились в одинаковых условиях кормления и содержания. В период проведения исследования (от рождения до 18 мес.) формирование мясной продуктивности оценивали по живой массе и ее среднесуточному приросту, а откормочные качества – по величине убойного выхода и затратам корма на единицу прироста живой массы. Для проведения расчета изучаемых показателей были использованы общепринятые методики.

Результаты исследований. По данным Росстата (таблица 1), в 2022 г. общее производство скота и птицы на убой в живой массе составило 16173,8 тыс. т, что на 54,2% больше, чем в 2010 г., и на 2,9% больше, чем в предыдущем 2021 г.

Таблица 1. Динамика производства мяса крупного рогатого скота в Российской Федерации
Table 1. Dynamics of cattle meat production in the Russian Federation

Показатель	Год				2022 ± к 2010		2022 ± к 2021	
	2010	2015	2021	2022	ед.	%	ед.	%
Скот и птица на убой в живой массе, тыс. тонн	10487,0	13475,4	15720,8	16173,8	5686,8	54,2	453	2,9
Производство крупного рогатого скота на убой в живой массе, тыс. тонн	3030,0	2875,6	2884,2	2780,9	-249,1	-8,2	-103,3	-3,6
Производство крупного рогатого скота на убой в убойной массе, в хозяйствах всех категорий, тыс. тонн	1711,5	1617,1	1673,5	1620,7	-90,8	-5,3	-52,8	-3,1
В том числе: в сельскохозяйственных организациях, тыс. тонн	565,3	525,9	643,5	621,1	55,8	9,9	-22,4	-3,5
в хозяйствах населения, тыс. тонн	1065,2	959,3	831,9	800,5	-264,7	-24,8	-31,4	-3,8
в крестьянских фермерских хозяйствах, тыс. тонн	81,0	131,9	198,1	199,2	118,2	145,9	1,1	0,5

Производство крупного рогатого скота на убой в живой массе в 2022 г. уменьшилось на 3,6% по сравнению с 2021 г. Сокращение производства говядины наблюдается в сельскохозяйственных организациях и в хозяйствах населения. При этом сокращение производства крупного рогатого скота на убой в живой массе в хозяйствах населения отмечается уже с 2015 г., а по сельскохозяйственным организациям снижение прослеживается только при сравнении с данными за предыдущий год [2–4].

В 2022 г. в сравнении с 2021 г. рост производства говядины отмечен только в крестьянско-фермерских хозяйствах: он составил 1,1 тыс. т или 0,5% по сравнению с 2021 г. и 118,2 тыс. т или 145,9% по сравнению с 2010 г.

Общая численность племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в 2022 г. по сравнению с 2010 г. выше на 39,3 тыс. голов (12,3%), но существенно ниже на 256,2 тыс. голов, чем в 2015 г., и на 2,1 тыс. голов меньше, чем в 2021 г. (рисунок 1).

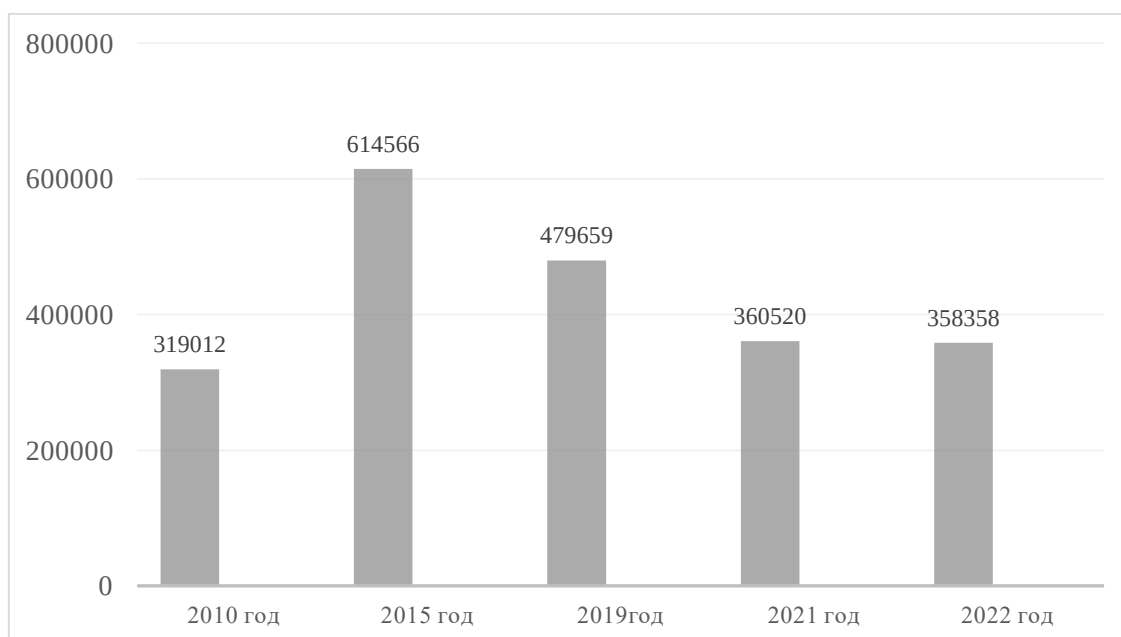


Рисунок 1. Динамика численности поголовья скота мясного направления в РФ за 2010-2022 гг., гол. (по данным ВНИИплем) [2, 3]

Figure 1. Dynamics of the number of beef cattle in the Russian Federation (according to the ARRI of breeding) [2, 3]

В РФ на 01.01.2023 было комплексно оценено 358,3 тыс. голов мясного скота, относящихся к 13 породам и 6 типам, разводимым в 56 регионах страны (таблица 2), что указывает на значительное увеличение поголовья крупного рогатого скота абердин-ангусской по сравнению с 2010 г. – в 3,8 раза. Но численность поголовья почти не изменилась (-0,3%) в период 2021–2022 гг. Животные герефордской породы составляют 24,2% поголовья, прирост по герефордской породе в сравнении с 2010 г. составил 1,4%, в сравнении с 2021 г. – 0,8%.

Таблица 2. Динамика относительной численности поголовья скота мясных пород (по данным ВНИИплем) [2, 3]

Table 2. Dynamics of relative number of beef cattle population (according to the ARRI of breeding) [2, 3]

Поголовье	Год				2022 г. ± к 2010 г.	2022 г. ± к 2021 г.
	2010	2015	2021	2022		
Всего по РФ, гол.	319012	614566	360520	358358	39346	- 2162
В том числе по породам: (%)						
Абердин-ангусская	6,3	49,6	26,8	26,5	20,2	- 0,3
Герефордская	22,8	14,8	25,0	24,2	1,4	- 0,8
Казахская белоголовая	18,8	9,6	15,5	15,5	- 2,3	0
Калмыцкая	44,4	22,4	28,9	30,5	- 13,9	1,6
Галловейская	0,5	0,5	1,1	1,0	0,5	- 0,1

Продолжение таблицы 2

Симментальская мясного типа	2,7	1,0	0,7	0,4	- 2,3	- 0,3
Лимузинская	1,7	0,8	0,5	0,5	- 1,2	0
Обрак	0,9	0,3	0,5	0,5	- 0,4	0
Шаролежская	2,1	0,6	0,1	0,2	- 1,9	0,1
Салерс	0,4	-	0,3	0,2	- 0,2	- 0,1
Русская комолая	0,3	0,06	0,2	0,2	- 0,1	0
Бланк блю бельж	-	-	0,08	0,07	0,07	-0,01
Санта-Гертруда	-	-	0,03	0,06	0,06	0,03

Большая часть подконтрольного скота мясного направления продуктивности принадлежит к следующим породам: калмыцкая – 30,5%, абердин-ангусская – 26,5%, герефордская – 24,2% и казахская белоголовая – 15,5%. Суммарно поголовье наиболее распространенных пород с учетом типов составляет 346,7 тыс. голов или 96,8% от общего поголовья, прошедшего оценку племенных качеств в 2022 г. [2, 3, 5].

По мнению многих авторов, абердин-ангусская и герефордская породы обладают высокими адаптационными качествами, скороспелостью, хорошей убойной массой и качеством мяса [4-10].

Относительная численность животных калмыцкой породы в сравнении с 2010 г. уменьшилась на 13,9%, но увеличилась на 1,6% в сравнении с 2021 г. и составила 30,5%.

По сравнению с 2010 г. наблюдается значительное снижение численности племенных животных симментальской мясной – в 6,7 раза.

По мнению ученых [1, 4], резервом увеличения производства говядины является рациональное использование продуктивного потенциала пород крупного рогатого скота разного направления продуктивности. Широкое использование промышленного скрещивания молочных и комбинированных пород со специализированным скотом мясного направления продуктивности позволяет увеличить валовое производство говядины в достаточно короткий период, составляющий 5–7 лет [7–10]. В разных регионах России получен положительный опыт скрещивания герефордского скота с черно-пестрой и голштинской породой [6, 7, 10].

Проведенные исследования в одном из товарных хозяйств Ленинградской области позволили выявить тенденцию формирования у помесного молодняка признаков мясной продуктивности, характерных для специализированных мясных пород, в раннем возрасте (рисунок 2).

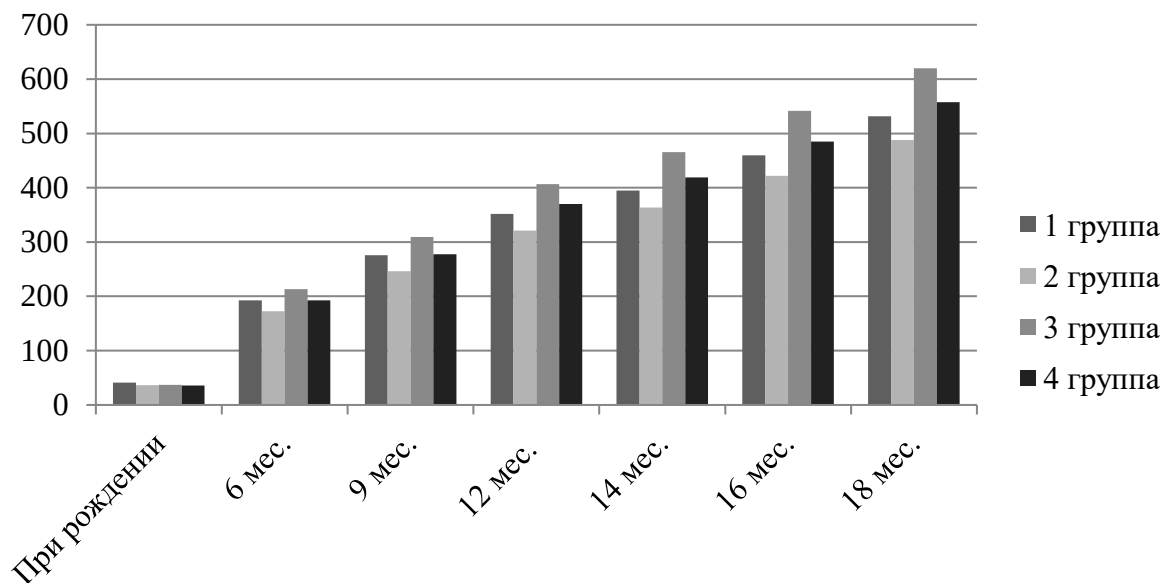
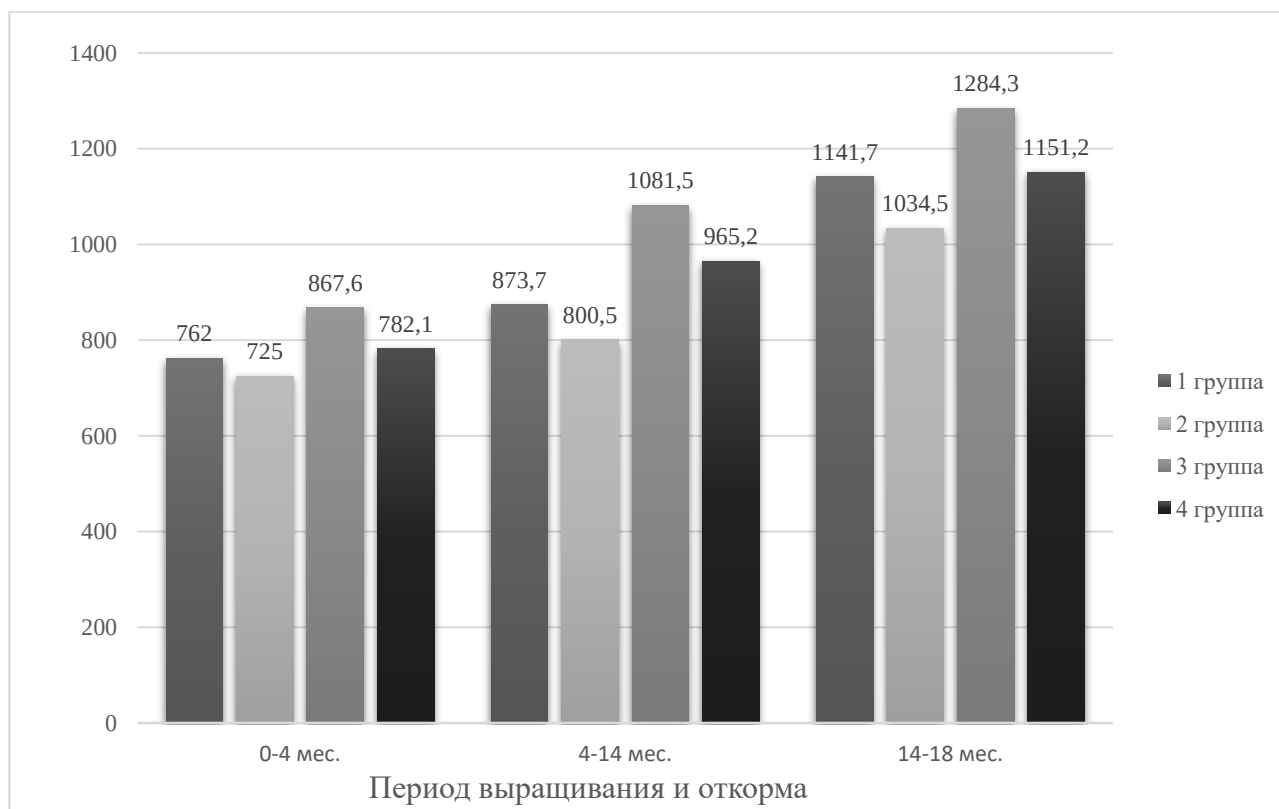


Рисунок 2. Динамика живой массы молодняка разных групп
при выращивании и откорме

Figure 2. Dynamics of live weight of young animals of different groups during growing and fattening

Так, в конце молочного периода выращивания превосходство помесей над чистопородными сверстниками по живой массе составило 5,0–6,4%, при этом в возрасте 6 мес. разность между 1 и 3 группами бычков составила 10,5%, а между 2 и 4 группами телок – 11,6% ($P \leq 0,001$). На фоне максимального использования объемистых кормов в рационах молодняка всех групп в период доращивания значительное увеличение живой массы было отмечено в группах помесей. Преимущество помесных бычков и телок над чистопородными сверстниками составило 14,0 и 12,3% соответственно ($P \leq 0,001$). Наибольшие изменения между группами были отмечены в период откорма и до реализации скота на убой. Следует отметить достоверное превосходство помесного молодняка над чистопородными сверстниками в 16 мес. на 13,9% и 16,8% (при $P \leq 0,001$), а в 18 мес. разность между группами была максимальной – 14,3% и 17,5% (при $P \leq 0,001$).

В условиях интенсивного производства говядины о скороспелости животных можно судить по значению среднесуточного прироста живой массы молодняка по периодам выращивания и откорма (рисунок 3).



**Рисунок 3. Динамика среднесуточного прирост живой массы
 молодняка за период исследования**

Figure 3. Dynamics of average daily gain in living weight of young animals during the study period

Динамика среднесуточного прироста живой массы у молодняка исследуемых групп соответствовала общим закономерностям роста и развития крупного рогатого скота с преимуществом помесных особей над чистопородными сверстниками во все периоды их выращивания и откорма. Так, от рождения до 4 мес. разность между группами составила 7,9% и 13,9%. За период 4–14 мес. отмечено увеличение среднесуточного прироста живой массы у помесей на 24,6% и 28,3% к предыдущему периоду, а у их чистопородных сверстников – на 10,2% и 18,7%. Положительное влияние на прирост массы оказали дорашивание и перевод животных на заключительный откорм во всех группах. К 18 мес. изучаемый показатель достиг максимального значения.

Одной из важных характеристик мясной продуктивности скота является убойный выход, сравнительный анализ величины которого при убое помесного и чистопородного молодняка представлен на рисунке 4.

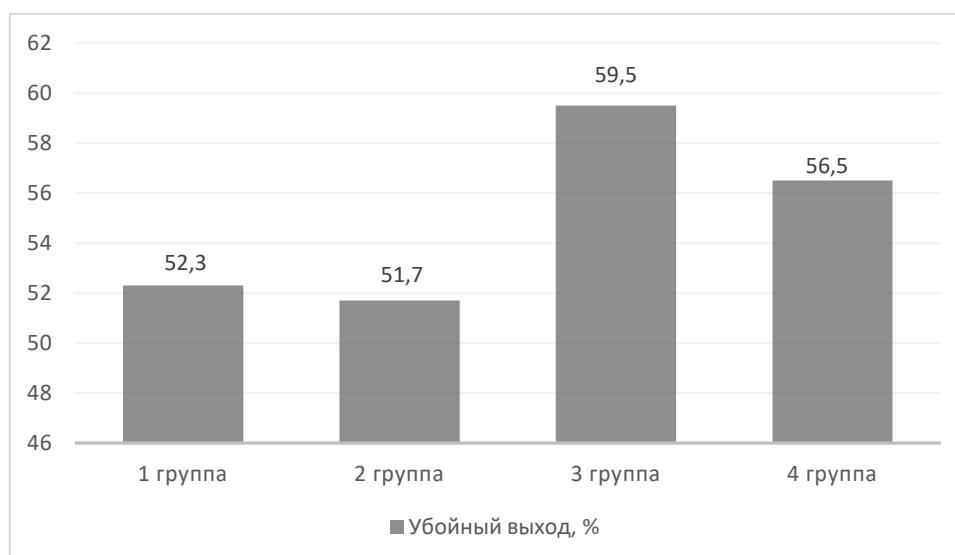


Рисунок 4. Убойный выход у молодняка разных групп
Figure 4. Slaughter yield of young animals of different groups

Убой особей всех групп в 18-месячном возрасте позволил установить значительное превосходство помесных животных над чистопородными по величине убойного выхода. Так, разность между бычками 3 и 1 групп по этому показателю составила 7,2% ($P \leq 0,01$), а между телками 4 и 2 групп – 4,4% ($P \leq 0,001$).

Выводы. Современное состояние мясного скотоводства в России убедительно свидетельствует о возрастающем спросе на говядину, что создает объективную необходимость поиска резервов развития этой важной и необходимой отрасли животноводства.

В разных регионах страны с учетом наличия свободных сельскохозяйственных площадей и кормовой базы необходимо максимально полно использовать продуктивный потенциал имеющегося специализированного мясного скота, а также отечественных пород комбинированного и молочного направления продуктивности; пропагандировать и внедрять в производство современные технологии и опыт ведения мясного скотоводства на передовых предприятиях страны.

В товарных хозяйствах зоны интенсивного молочного скотоводства рекомендуется использовать промышленное скрещивание выбракованного по причине низкой молочной продуктивности маточного поголовья или сверхремонтных телок специализированных молочных пород (голландской, черно-пестрой и др.) с быками специализированных мясных пород (герефордской, абердин-ангусской и др.).

Список источников литературы

1. Позднякова, В.Ф., Сафронов, С.Л., Гусева, Т.Ю., Иванова, О.Е. Современные технологии в мясном скотоводстве: монография. – СПб., 2024. – 181 с.
2. Тяпугин, С.Е., Бутусов, Д.В., Сафина, Г.В., Чернов, В.В. Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2021. – С. 3–16.
3. Шичкин, Г.Е., Тяпугин, Е.Е., Дунин, И.М., Тяпугин, С.Е. Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2022. – С. 3–16.

4. Мясное скотоводство России и перспективы его развития / А. Ф. Шевхужев, В. А. Погодаев, В. В. Голембовский, С. С. Гостищев // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2021. – № 4(14). – С. 53–60. – DOI 10.25930/2687-1254/007.4.14.2021. – EDN KUNKDP.
5. Шевхужев, А.Ф., Погодаев, В.А. Анализ развития мясного скотоводства в Российской Федерации // *Инновационные технологии и агроэкология в сельскохозяйственном производстве аридных территорий Прикаспия : Материалы международной научно-практической конференции*. – Элиста: ФГБНУ Калмыцкий НИИСХ, 2022. – С. 68–74.
6. Фомина, Н.В. Селекционно-генетическая оценка молодняка герефордской породы с учётом генотипа по хозяйственно полезным признакам // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 1(63). – С. 133–134.
7. Левицкая, Т.Т., Фомина, Н.В. Показатели роста чистопородного и помесного молодняка герефордской породы при промышленном скрещивании с учётом оценки сбалансированности рационов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2017. – Т. 31. – № 11. – С. 52–55.
8. Елисеенкова, Е.Н., Дерхо, М.А., Фомина, Н.В. Взаимосвязь липидного обмена у молодняка герефордской породы со скоростью весового роста // *Ветеринарный врач*. – 2009. – № 2. – С. 60–62.
9. Елисеенкова, Е.Н., Дерхо, М.А., Фомина, Н.В. Сравнительный анализ процессов роста молодняка герефордской породы в подсосный период // *Аграрный вестник Урала*. – 2011. – № 5(84). – С. 40–42.
10. Сафронов, С.Л., Фомина, Н.В., Сулоев, А.М. Экстерьерные особенности молодняка герефордской породы в разных регионах России // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 39. – С. 132–135.

References

1. Pozdnyakova, V.F., Safronov, S.L., Guseva, T.Yu., Ivanova, O.E. (2024), *Modern technologies in beef cattle breeding (monograph)*, SPb., 181 p.
2. Tyapugin, S.E., Butusov, D.V., Safina, G.V., Chernov, V.V. (2021), "Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in farms of the Russian Federation", M.: FGBNU VNIImplem, pp. 3–16.
3. Shichkin, G.E., Tyapugin, E.E., Dunin, I.M., Tyapugin, S.E. (2022), "Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in farms of the Russian Federation", FGBNU VNIImplem, pp. 3–16.
4. Shevkhezhev, A.F., Pogodaev, V.A., Golembovsky, V.V., Gostischev, S.S. (2021), "Meat cattle breeding in Russia and prospects for its development", *Agricultural Journal*, no. 4(14), pp. 53–60.
5. Shevkhezhev, A.F., Pogodaev, V.A. (2022), "Analysis of beef cattle breeding development in the Russian Federation", *Innovative technologies and agroecology in agricultural production of arid territories of the Caspian Sea : Proceedings of the international scientific-practical conference*, Elista: Federal State Budgetary Scientific Institution Kalmyk Research Institute of Agriculture, pp. 68–74.
6. Fomina, N. V. (2017), "Selection and genetic evaluation of young Hereford breed with consideration of genotype for economically useful traits" *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universitet*, no. 1(63). pp. 133–134.
7. Levitskaya, T.T., Fomina, N.V. (2017), "Growth performance of purebred and crossbred young Hereford breed at industrial crossbreeding taking into account the assessment of balanced rations", *Achievements of science and technology of agroindustrial complex*, T. 31, no. 11, pp. 52–55.
8. Eliseenkova, E. N., Derho, M.A., Fomina, N.V. (2009), "Relationship of lipid metabolism in young Hereford cattle with the rate of weight growth", *Veterinary Doctor*, no. 2, pp. 60–62.
9. Eliseenkova, E. N., (2011), "Comparative analysis of growth processes of young Hereford

- cattle in the suckling period", *Agrarny vestnik Urala*, no. 5(84), pp. 40–42.
10. Safronov, S.L., Fomina, N.V., Suloev, A.M. (2015), "Exterior features of young Hereford cattle in different regions of Russia" *Izvestiya Sint-Petersburg State Agrarian University*, no. 39, pp. 132–135.

Сведения об авторах

Виноградова Наталия Дмитриевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры кормления и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-петербургский государственный университет ветеринарной медицины», <https://orcid.org/0000-0002-8030-4877>, SPIN-код: 2897-2473, n_vinogradova35@mail.ru.

Сафронов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры кормления и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-петербургский государственный университет ветеринарной медицины», <https://orcid.org/0000-0002-5478-9698>, SPIN-код: 6763-3366, safronovsl@list.ru.

Information about the authors

Natalia D. Vinogradova, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Feeding and Breeding of animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine", <https://orcid.org/0000-0002-5478-9698>, SPIN-code: 6763-3366; n_vinogradova35@mail.ru.

Sergei L. Safronov, Doc. Sci. (Agric.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Feeding and Breeding of animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine", <https://orcid.org/0000-0002-5478-9698>, SPIN-code: 6763-3366; safronovsl@list.ru.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

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

Статья поступила в редакцию 04.04.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 04.04.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья/ Original research article

УДК 621.385.6

Код ВАК 4.3.2

doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-75-87

УСТАНОВКА С СВЧ-ЭНЕРГОПОДВОДОМ В КОАКСИАЛЬНЫЙ РЕЗОНАТОР ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ МЯСНЫХ КОНФИСКАТОВ

Е.В. Воронов¹✉, Е.А. Шамин¹, С.А. Суслов¹

¹Нижегородский инженерно-экономический университет,
г. Княгинино, Нижегородская обл., Россия

✉ e_voronov@list.ru

Реферат. Переработка мясных конфискатов в комбикорм с нейтрализацией неприятного запаха проблематична. Цель исследования – разработка СВЧ-установки для термообработки, обеззараживания и нейтрализации запаха мясных конфискатов. Разработка 3D-модели установки велась в программе «Компас-3D v20», а исследование параметров электродинамической системы – в программе CAD/CAE-системы CST Microwave Studio 2017. Сырье – мясные конфискаты. СВЧ-установка содержит лампы бактерицидного потока в коаксиальном резонаторе, где нижнее кольцевое основание перфорировано, а к верхнему основанию прикреплен загрузочный контейнер с измельчителем. В кольцевой объем резонатора соосно установлен электроприводной радиопрозрачный цилиндр с перфорированными винтами шнека с шагом, равным глубине проникновения волны. Его основание расположено на расстоянии не более четверти длины волны от верхнего края внутреннего цилиндра. На внутренней его боковой поверхности по периметру со сдвигом на 120 градусов установлены магнетроны с вентиляторами, соединенными с общим воздухоотводом, прикрепленным к распределительным воздухопроводам, направленными в кольцевой объем резонатора. Имеются неферромагнитные патрубки с шаровыми кранами для жира и шквары, а также воздухоотвод для отработанного воздуха. Под верхним кольцевым основанием резонатора расположены коронирующие иглы, а под ними – радиально расположенные бактерицидные лампы УФ-излучения, запитанные от генераторов импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц. Напряженность электрического поля в резонаторе 2...4 кВ/см, а собственная добротность достигает 38414. Удельные энергетические затраты на термообработку с обеззараживанием сырья при производительности 35...36 кг/ч составляют 0,186 кВт·ч/кг.

Ключевые слова: винтовой шнек, электродинамические параметры, напряженность электрического поля, электрофизические факторы

Для цитирования. Воронов, Е.В., Шамин, Е.А., Суслов, С.А. Установка с СВЧ-энергоподводом в коаксиальный резонатор для термообработки мясных конфискатов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (76). С. 75–87, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-75-87.

INSTALLATION WITH MICROWAVE ENERGY SUPPLY IN A COAXIAL RESONATOR FOR HEAT TREATMENT OF INEDIBLE MEAT WASTES

E.V. Voronov¹✉, E.A. Shamin¹, S.A. Suslov¹

Nizhny Novgorod University of Engineering and Economics,
Knyaginino, Nizhny Novgorod Region, Russia

✉ e_voronov@list.ru

Abstract. The processing of inedible meat wastes into compound feed with the neutralization of an unpleasant odor is problematic. The aim of the research is to develop a microwave installation for heat treatment, disinfection and odor neutralization of inedible meat wastes. The 3D model of the installation was developed in the Compass 20 program, and the study of the parameters of the electrodynamic system was carried out in the CAD/CAE program of the CST Microwave Studio 2017 system. Raw materials are inedible meat wastes. The microwave installation contains bactericidal flux lamps in a coaxial resonator, where the lower annular base is perforated, and a loading container with a shredder is attached to the upper base. An electrically driven radio-transparent cylinder with perforated screw screws with a pitch equal to the depth of wave penetration is coaxially installed in the annular volume of the resonator. Its base is located at a distance of no more than a quarter of the wavelength from the upper edge of the inner cylinder. On its inner lateral surface, magnetrons with fans, connected to a common air outlet attached to distribution ducts directed into the annular volume of the resonator, are installed along its perimeter with a 120 degree offset. There are non-ferromagnetic nozzles with ball valves for grease and flakes, as well as air vents for exhaust air. Corona needles are located under the upper annular base of the resonator, and radially positioned bactericidal UV-ray lamps powered by pulse-modeled 110 kHz high-frequency oscillators are located under them. The electric field strength in the resonator is 2...4 kV/cm, and the intrinsic Q-factor reaches 38414. The specific energy costs of heat treatment with raw materials disinfection at productivity 35...36 kg/h are 0.186 kWh/kg.

Keywords: screw auger, electrodynamic parameters, electric field strength, electrophysical factors

Citation. Voronov E.V., Shamin E.A., Suslov S.A. (2024) 'Installation with microwave energy supply in a coaxial resonator for heat treatment of inedible meat wastes', *Izvestiya Sint-Petersburg State Agrarian University*, № 2 (76), pp. 75–87, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-75-87.

Введение. При убойе животных возникает проблема переработки мясных конфискатов [1–5], которые целесообразно перерабатывать при комплексном воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) [6–10], бактерицидного потока УФ-лучей и озона. Области применения СВЧ-энергии [11–15] предъявляют специфические требования к источникам электромагнитных колебаний сантиметрового диапазона. Рекомендуется применять установки средней мощности (до 10 кВт). Они должны обеспечить следующие показатели: высокую стабильность частоты, напряженность электрического поля (ЭП) более 1,2 кВ/см, ПДУ мощности потока излучений 10 мкВт/см², КПД выше 0,6, долговечность, малые габариты и массу. Разработка СВЧ-установки с коаксиальным резонатором и электроискровым разрядом, обеспечивающим озонирование воздуха для нейтрализации неприятного запаха при термообработке и обеззараживании мясных конфискатов, позволит существенно превзойти прототипы. В резонаторе возбуждаются

колебания H_{011} , и при использовании нескольких магнетронов в кольцевом объеме достигается равномерное распределение электромагнитного поля бегущей волны. Благодаря большому объему резонатора (в 5...7 раз больше, чем длина волны 12,24 см) можно обеспечить непрерывный технологический процесс термообработки сырья с производительностью установки 35...40 кг/ч.

Использование аналогов предлагаемой установки [16–20] позволяет повысить качество переработки сырья, но нейтрализовать неприятный запах не удастся, что остается актуальным.

Цель исследований – разработка СВЧ-установки для термообработки, обеззараживания и нейтрализации запаха мясных конфискатов.

Материалы, методы и объекты исследований. Сырье – мясные конфискаты. Критерии разработки резонатора: высокая напряженность ЭП для достижения бактерицидного эффекта; высокая собственная добротность для работы установки при высоком КПД; малые потери на излучение. В резонаторе предусмотрены лампы бактерицидного потока УФ-лучей, запитанные от источников импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц, как в «АМД-Искра-4». Особое место занимает разработка высокодобротных резонаторов, позволяющих осуществить накопление энергии электромагнитного поля, частотную селекцию, стабилизацию частоты генератора. Собственная добротность (Q) характеризует отношение энергии ЭМП (W_0 , Дж), накопленной в резонаторе, к энергии, рассеянной в резонаторе за период колебаний [6]. Определение собственной добротности резонатора и напряженности электрического поля осуществляли двумя способами: моделируя электродинамические процессы с использованием программы CAD/CAE-системы CST Microwave Studio 2017; вычисляя отношение объема (V , m^3) резонатора к его площади поверхности (S , m^2) с учетом толщины поверхностного слоя для алюминия, равной 1,72 мкм, определяли собственную добротность резонатора, а далее напряженность электрического поля при мощности генераторов 2400 Вт.

Результаты исследований. Установка с СВЧ-энергоподводом в коаксиальный резонатор для термообработки вторичного мясного сырья в непрерывном режиме приведена на рисунке 1.

СВЧ-установка содержит лампы бактерицидного потока в коаксиальном резонаторе, где нижнее кольцевое основание перфорировано, а к верхнему основанию прикреплена загрузочная емкость с измельчителем. В кольцевой объем резонатора соосно установлен электроприводной радиопрозрачный цилиндр с перфорированными винтами шнека с шагом, равным глубине проникновения волны. Его основание расположено на расстоянии не более четверти длины волны от верхнего края внутреннего цилиндра. На внутренней его боковой поверхности по периметру со сдвигом на 120 градусов установлены магнетроны с вентиляторами, соединенными с общим воздухоотводом, прикрепленным к распределительным воздуховодам, направленными в кольцевой объем резонатора. Имеются неферромагнитные патрубки с шаровыми кранами для жира и шквары, а также воздухоотвод для отработанного воздуха. Под верхним кольцевым основанием резонатора расположены коронирующие иглы, а под ними – радиально расположенные бактерицидные лампы УФ-излучения, запитанные от генераторов импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц.

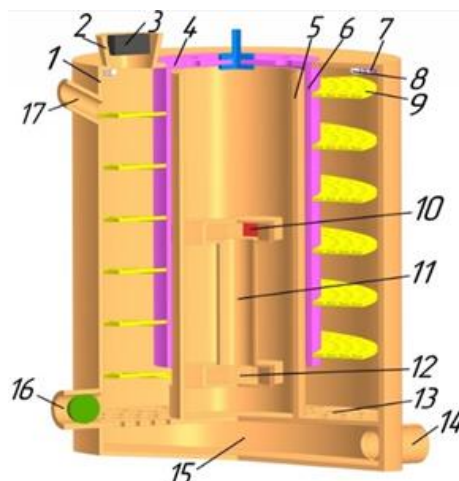


Рисунок 1. СВЧ-установка с лампами бактерицидного потока УФ излучения в коаксиальном резонаторе:

- 1 – наружный цилиндр; 2 – загрузочная емкость; 3 – измельчитель; 4 – верхнее основание;
5 – внутренний цилиндр; 6 – электроприводной цилиндр; 7 – коронирующие иглы;
8 – лампы; 9 – перфорированные винты шнека; 10 – магнетроны; 11 – воздухоотвод;
12 – воздухопроводы распределительные; 13 – нижнее кольцевое основание; 14 – патрубок для жира;
15 – накопительная емкость; 16 – патрубок для шквары;
17 – воздухоотвод для отработанного воздуха

Picture 1. Microwave unit with UV bactericidal flux lamps in a coaxial resonator:

- 1 – outer cylinder; 2 – loading container; 3 – shredder; 4 – upper base; 5 – inner cylinder;
6 – electric drive cylinder; 7 – corona needles; 8 – lamps; 9 – perforated screw screws;
10 – magnetrons; 11 – air outlet; 12 – distribution ducts; 13 – lower annular base; 14 – pipe for fat;
15 – storage tank; 16 – pipe for flakes; 17 – exhaust air outlet

Технологический процесс термообработки вторичного мясного сырья в непрерывном режиме в СВЧ-установке с лампами бактерицидного потока в коаксиальном резонаторе происходит следующим образом.

Загружают ветеринарные конфискаты (мясо и слизистые субпродукты, забракованные при послеубойном ветеринарном осмотре туш и органов скота) в загрузочную емкость при закрытой задвижке. Включают электропривод цилиндра с жестко закрепленными перфорированными винтами и генераторы импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц, от которых запитаны лампы бактерицидного потока УФ излучения, после чего они начинают коронировать о коронирующие иглы. За счет коронного разряда происходит озонирование воздуха в кольцевом объеме коаксиального резонатора.

Далее открывают задвижку в загрузочной емкости и включают электропривод измельчителя, загружают в емкость вторичное мясное сырье, после чего уже измельченное сырье попадает на перфорированные винты шнека в кольцевом объеме коаксиального резонатора. Далее включают вентиляторы и магнетроны. Тогда в кольцевом объеме коаксиального резонатора возбуждается электромагнитное поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ, частота 2450 МГц, длина волны 12,24 см, глубина проникновения волны 11,2 см). Работа магнетронов сопровождается выделением большого количества тепла. Свежий воздух через перфорацию на верхнем неферромагнитном основании электроприводного цилиндра всасывается вентиляторами и охлаждает магнетроны. Теплый воздух от магнетронов через воздухоотвод и воздухопроводы (через внутренний цилиндр) распределяется в кольцевом объеме коаксиального резонатора, а отработанный влажный воздух удаляется через воздухоотвод. В

процессе термообработки сырья выделяется пар, воздух в резонаторе становится влажным.

С помощью винтового шнека сырье при равномерном диэлектрическом нагреве за счет токов поляризации в ЭМП СВЧ перемещается вдоль коаксиального резонатора. В коаксиальном резонаторе бегущая волна сантиметрового диапазона обеспечивает равномерное распределение электромагнитного поля высокой напряженности. При мощности 3 магнетронов 2400...3000 Вт напряженность электрического поля составляет более 3 кВ/см. Сырье варится, обеззараживается за счет электрического поля высокой напряженности, бактерицидного потока УФ-излучения и озона. Неприятный запах гасится за счет озона и удаляется вместе с отработанным влажным воздухом через воздухоотвод.

При термообработке вытапливается жир, если мясное сырье жиросодержащее, например рубец жвачного животного. Если сырье не жиросодержащее, как сетка и книжка камеры желудка жвачного животного, то оно под комплексным воздействием конвективного тепла, диэлектрического нагрева, озона и бактерицидного потока УФ-излучения варится, высыхает, обеззараживается.

Вытопленный жир стекает сквозь перфорацию нижнего кольцевого основания наружного цилиндра в накопительную емкость, выполненную из неферромагнитного материала. Далее через патрубок шквара последними перфорированными винтами он сбрасывается в специальную емкость. Продолжительность переработки вторичного мясного сырья регулируется частотой вращения электроприводного цилиндра с перфорированными винтами. Удельная мощность СВЧ генератора регулируется количеством и мощностью магнетронов и объемом загрузки сырья в резонатор; изменяя эти параметры, можно регулировать производительность измельчителя.

Мощность бактерицидного потока УФ-излучения регулируется изменением мощности генераторов импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц и количества электрогазоразрядных ламп. Концентрация озона регулируется изменением зазора между электрогазоразрядными лампами и коронирующими иглами. Размеры коаксиального резонатора согласованы с длиной волны, при этом средний периметр между внутренним и наружным цилиндрами кратен половине длины волны.

По окончании технологического процесса термообработки вторичного мясного сырья выключают электропривод измельчителя и закрывают задвижку. Когда в кольцевом объеме еще находится остаточная часть сырья, выключают магнетроны. Далее выключают электроприводной цилиндр, сливают вытопленный жир через патрубок с помощью шарового крана. В последнюю очередь следует выключить генераторы импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц, чтобы полностью нейтрализовать запах. Далее проводят санитарную обработку установки.

Вычислены значения собственной добротности (Q) коаксиального резонатора и напряженности электрического поля в нем (E , кВ/см) с учетом толщины поверхностного слоя (Δ , мкм) [6]:

$$Q = \frac{V}{\Delta \cdot S}, \quad (1)$$

где V – объем резонатора, м³; Δ – толщина поверхностного слоя для алюминиевого корпуса резонатора (1,716 мкм); S – площадь поверхности резонатора, м².

При обоснованных размерах коаксиального резонатора (R , r , H) объем и площадь поверхности составляют:

$$V = \pi \cdot h \cdot (R^2 - r^2) = 3,14 \cdot 73,44 \cdot (27,54^2 - 11,44^2) = 144720 \text{ см}^3. \quad (2)$$

$$S = 2 \cdot \pi \cdot [R \cdot h + r \cdot h + (R^2 - r^2)] =$$

$$2 \cdot 3,14 \cdot [27,54 \cdot 73,44 + 11,44 \cdot 73,44 + (27,54^2 - 11,44^2)] = 21920 \text{ см}^2. \quad (3)$$

Собственная добротность:

$$Q = 0,1447 / 2,19 \cdot 1,72 \cdot 10^{-6} = 38414,5. \quad (4)$$

Напряженность электрического поля [8]:

$$E = \frac{Q \cdot P}{0,27 \cdot \varepsilon_0 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot V} = \frac{38414,5 \cdot 2400}{0,27 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,28 \cdot 2450 \cdot 10^6 \cdot 0,1447 \cdot 10^5} = 1,73 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}. \quad (5)$$

где Q – собственная добротность резонатора;

P – мощность генератора, Вт;

ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

f – частота электромагнитного поля, 2450 МГц;

V – объем резонатора, м³.

Результаты компьютерного моделирования электродинамических процессов (мода 1) в коаксиальном резонаторе с использованием программы CAD/CAE-системы CST Microwave Studio 2017 [9, 10] приведены на рисунке 2. Они показывают, что напряженность электрического поля колеблется в коаксиальном резонаторе в пределах $E = 2...4$ кВ/см, а собственная добротность достигает 38414.

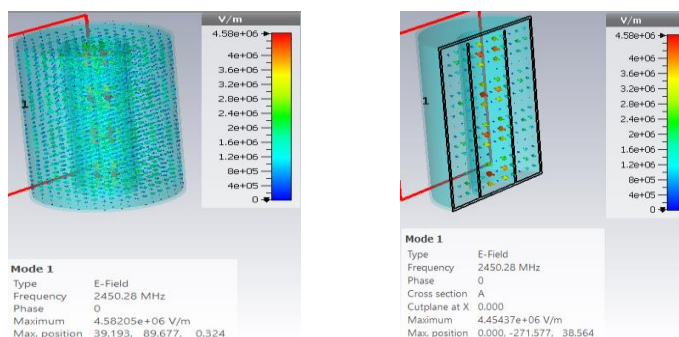


Рисунок 2. Результаты компьютерного моделирования электродинамических процессов (мода 1) в коаксиальном резонаторе. Напряженность электрической составляющей ЭМП – 2...4 кВ/см
Picture 2. Results of computer modelling of electrodynamic processes (mode 1) in a coaxial resonator. Electrical component intensity of the EMF – 2...4 kV/cm

Сравнение вычисленных теоретически и полученных в программе CST Microwave Studio значений собственной добротности резонатора и напряженности электрического поля в коаксиальном резонаторе при мощности генератора 2400 Вт и частоте 2450 МГц показывает, что они с достаточной доверительной вероятностью (0,95) совпадают.

Производительность установки, вычисленная с учетом динамики диэлектрического нагрева сырья при удельной мощности 2...2,2 Вт/г, составляет 35 кг/ч. При продолжительности воздействия ЭМП СВЧ в течение 5...6 мин. сырье нагреется до 110...120 °С. При этом жир вытопится, а шквара сварится.

При расположении бактерицидных ламп УФ излучения, запитанных от генераторов импульсно-моделированных высокочастотных колебаний 110 кГц в резонаторе, где напряженность электрического поля достигает 1,2 кВ/см, происходит усиление мощности бактерицидного потока. Для достижения в объеме резонатора достаточной концентрации озона, позволяющей снизить общее микробное число до 500 тыс. КОЕ/г, при производительности установки 35 кг/ч необходимо 0,75 кВт. Тогда удельные энергетические затраты на термообработку с обеззараживанием и нейтрализацией неприятного запаха вторичного мясного сырья составят 0,188 кВт·ч/кг.

Камеры желудка МРС (козы), дата исследования 28.11.2023. Масса: рубец – 908,2 г; книжка – 194,6 г; сетка – 114,2 г; сычуг – 97 г.



Рисунок 3. Результаты исследования температуры нагрева сетки в ЭМПСВЧ при мощности генератора 2 Вт/г
Picture 3. The results of the study of the heating temperature of the grid in EMSWH, at a generator power of 2 W/g

Ниже приведены графики, характеризующие зависимость температуры нагрева слизистых субпродуктов мелкого рогатого скота в ЭМПСВЧ в стационарном режиме. Проведен сравнительный анализ динамики нагрева камер желудка мелкого рогатого скота (рубца, сетки, книжки, сычуга) при мощности генератора 4 Вт/г (рисунок 4).

Результаты исследования динамики эндогенного нагрева показывают, что сырье сварится в течение 6...8 мин. при мощности генератора 4 Вт/г, а книжка полностью высыхает (влажность 8...10%). Средняя скорость нагрева сычуга равна 0,185 °С/с, книжки – 0,148 °С/с. Книжка (камера желудка) полностью высыхает за 8...9 мин. (см. рисунок 3).

Хронометраж измельченного вареного сырья КРС в стационарном режиме при мощности магнетрона 850 Вт можно визуализировать на рисунке 3. Результаты исследования динамики нагрева измельченных камер желудка МРС, размером 2 х 2 х 2 см при мощности генератора 2,53 Вт/г приведены на рисунке 4. Они свидетельствуют о том, что для снижения продолжительности термообработки сырье следует тонко измельчить.

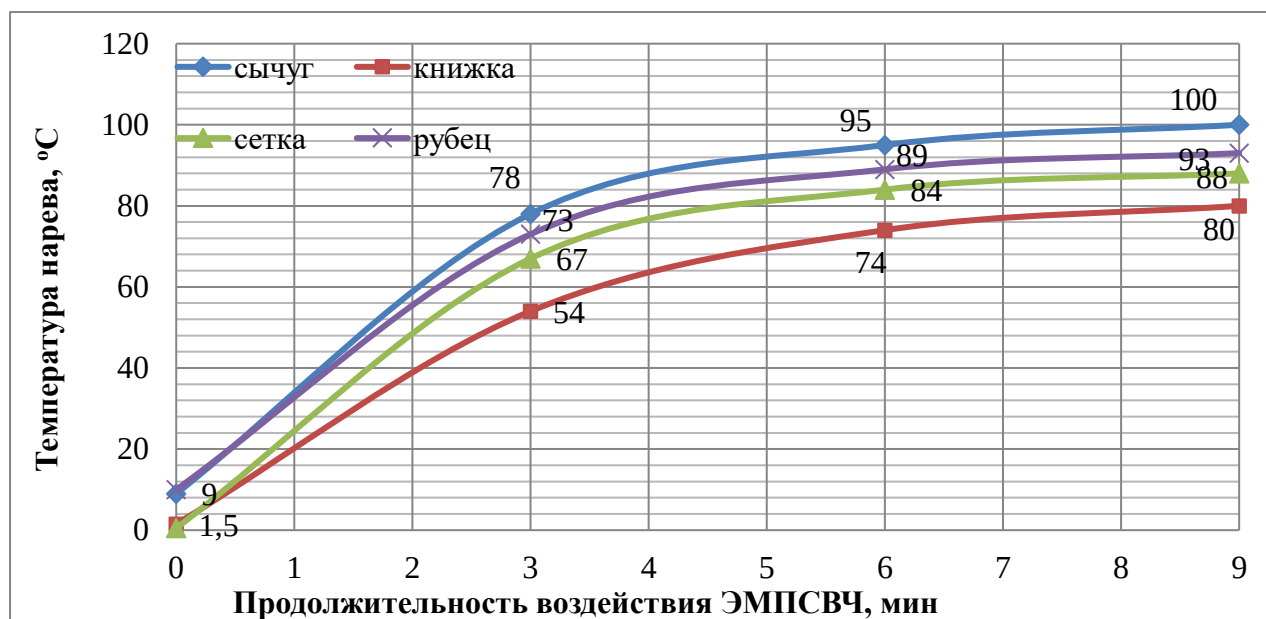


Рисунок 4. Динамика диэлектрического нагрева камер желудка МРС
при мощности генератора 4 Вт/г

Picture 4. Dynamics of dielectric heating of the stomach chambers of the MRS
at a generator power of 4 W/g

Технические характеристики установки с комплексным воздействием СВЧ-энергии и электрофизических факторов приведены в таблице.

Таблица. Технические характеристики установки с комплексным воздействием
СВЧ-энергии и электрофизических факторов

Table. Unit technical characteristics with a complex effect of microwave energy
and electrophysical factors

Наименование	Параметры
Производительность, кг/ч	35
Потребляемая мощность СВЧ-установки, кВт	6,6
Мощность трех магнетронов, кВт	2,4
Мощность трех вентиляторов над магнетронами, кВт	0,9
Мощность 10 бактерицидных ламп, кВт	0,75
Мощность электропривода винтового шнека, кВт	1,5
Мощность электропривода измельчителя, кВт	1,0
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,188
Частота вращения винтового шнека, об/мин	0,25...0,5
Габаритные размеры, см (диаметр, высота)	75x55

Выводы. Разработанная СВЧ-установка с коаксиальным резонатором, содержащим электроприводной радиопрозрачный винтовой шнек в кольцевом объеме, и лампами бактерицидного потока УФ лучей, запитанными от генераторов импульсно-моделированных

высокочастотных колебаний 110 кГц, обеспечивающих коронный разряд при расположении их рядом с неферромагнитными иглами, позволяет провести термообработку сырья с обеззараживанием и нейтрализацией неприятных запахов. Напряженность электрического поля в резонаторе 2...4 кВ/см, а собственная добротность достигает 38414. Удельные энергетические затраты на термообработку с обеззараживанием сырья производительностью 35 кг/ч составляют 0,188 кВт·ч/кг.

Список источников литературы

1. Воронов, Е.В., Новикова, Г.В., Просвирякова, М.В. Исследование и разработка СВЧ-установки для термообработки и обеззараживания жиросодержащих отходов убоя животных // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4 (73). – С. 126–136. Doi: 10.24412/2078-1318-2023-4-126-137.
2. Воронов, Е.В. Исследование и обоснование параметров СВЧ-установки, реализующей ресурсосберегающую технологию термообработки мясных отходов // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 8 (147). – С. 33–43. Doi: 10.24412/2227-9407-2023-8-33-43.
3. Ершова, И.Г., Поручиков Д.В. Сверхвысокочастотная установка для выделения жира при переработке мясосодержащего сырья и определение ее добротности // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4 (33). – С. 40–45.
4. Патент № 2679203 РФ, МПК А23К 10/00. СВЧ-установка для термообработки непищевых отходов животного происхождения в непрерывном режиме / Жданкин Г.В., Новикова Г.В., Белова М.В.; заявитель и патентообладатель НГСХА (RU). № 2017108866; заявл. 20.03.2017. Бюл. № 26 от 17.09.2018. – 14 с.
5. Новикова, Г.В. и др. Разработка и обоснование параметров плавителя жирового сырья с СВЧ-энергоподводом // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (100). – С. 119–124. Doi: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-119-124.
6. Новикова, Г.В. и др. Разработка установки с СВЧ-энергоподводом для измельчения и плавления жирсырья в нестандартном резонаторе // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 1 (140). – С. 34–43. Doi: 10.24412/2227-9407-2023-1-34-43.
7. Просвирякова, М.В. и др. Интенсификация процесса извлечения жира из жиросодержащего сырья диэлектрическим нагревом // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17. – № 3 (67). – С. 96-105. Doi: 10.12737/2073-0462-2022-96-105.
8. Михайлова, О.В. и др. Особенности разработки установок с СВЧ-энергоподводом для переработки сырья агропредприятий // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 12 (139). – С. 54–65. Doi: 10.24412/2227-9407-2022-12-54-65.
9. Mikhailova, O.V., Gdankin, G.V., Prosviryakova, M.V., Novikova, G.V., Storchevoy, V.F. (2021), Microwave heating of slaughterhouse confiscations to increase the feed value, *International Conference «Sustainable Development in Rural Areas» (SDRA-2021). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, no. 857 (2021), pp. 012002. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/857/1/012002>.
10. Belova, M.V., Mikhailova, O.V., Novikova, G.V., Zaitsev, S.P., Belov, E.L. (2019), Development of microwave devices with toroidal resonators for treatment of raw materials, *Journal of Environmental Treatment Techniques*, no. 7 (Special Issue), pp. 1215-1223. Corpus ID: 209379716.
11. Жданкин, Г.В. и др. Сверхвысокочастотные установки для термообработки сырья // Сельский механизатор. – 2021. – № 6. – С. 15–17.
12. Сторчевой, В.Ф., Михайлова, О.В., Новикова, Г.В. Микроволновые технологии переработки отходов АПК // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. –

2020. – С. 568–572.
13. Осокин, В.Л., Михайлова, О.В., Казаков, А.В., Тихонов, А.А. Электромагнитная безопасность при обслуживании СВЧ-установок // Инновации в сельском хозяйстве. – 2020. – № 2 (35). – С. 94–101.
 14. Тихонов, А.А., Казаков, А.В., Михайлова, О.В. Разработка СВЧ-установки для термообработки и обеззараживания жиросодержащего сырья с учетом его диэлектрических параметров // Передовые достижения в применении автоматизации, роботизации и электротехнологий в АПК: сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАСХН, д.т.н., профессора И.Ф. Бородин (90 лет со дня рождения). – 2019. – С. 226–234.
 15. Новикова, Г.В., Жданкин, Г.В., Михайлова, О.В., Белова, М.В. Установка для комплексного воздействия электрофизических факторов на сырье // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия химии и технологии. – 2019. – № 4 (436). – С. 54.
 16. Жданкин, Г.В., Михайлова, О.В., Новикова, Г.В. СВЧ-установка с ячеистыми барабанами для термообработки непищевых отходов убоя животных // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 565–568.
 17. Крайнов, Ю.Е., Михайлова, О.В., Казаков, А.В., Меженина, Е.И. Разработка и обоснование параметров установок для высокотемпературного формования комбинированного сырья // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 2 (35). – С. 84–89.
 18. Жданкин, Г.В., Михайлова, О.В. Технологическое оборудование для производства белкового продукта из вторичного сырья // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности. Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. Главный редактор И.С. Сазонов. – 2018. – С. 105.
 19. Жданкин, Г.В., Новикова, Г.В., Белова, М.В., Михайлова, О.В. Разработка СВЧ-установки и технологии термообработки непищевых отходов животного происхождения для повышения кормовой ценности // Современное состояние и перспективы развития науки, техники и образования: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции / Под общ. ред. Тончевой Н. Н. – 2018. – С. 51–56.
 20. Жданкин, Г.В., Белова, М.В., Михайлова, О.В., Новикова, Г.В. Радиоволновые установки для термообработки непищевых отходов животного происхождения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (72). – С. 198–202.

References

1. Voronov, E.V., Novikova, G.V., Prosviryakova, M.V. (2023), Research and development of a microwave installation for heat treatment and disinfection of fat-containing animal slaughter waste, *Izvestiya Saint-Petersburg state agrarian university*, no. 4 (73), pp. 126–136. (In Russ.). DOI: 10.24412/2078-1318-2023-4-126-137.
2. Voronov, E.V. (2023), Investigation and justification of the parameters of a microwave installation implementing a resource-saving technology for heat treatment of meat waste, *Bulletin of the NGIEI*, no. 8 (147), pp. 33–43. (In Russ.). DOI: 10.24412/2227-9407-2023-8-33-43.
3. Yershova, I.G., Poruchikov, D.V. (2018), An ultrahigh-frequency installation for the separation of fat during the processing of meat-containing raw materials and the determination of its quality, *Vestnik RESH*, no. (33), pp. 40–45. (In Russ.).
4. Patent No. 2679203 of the Russian Federation, IPC A23K 10/00. Microwave installation for heat treatment of non-food waste of animal origin in continuous operation / Zhdankin G.V.,

- Novikova G.V., Belova M.V.; applicant and patent holder of the NGSHA (RU). No. 2017108866; application. 03/20/2017. Byul. No. 26 dated 09/17/2018. 14 p. (In Russ.).
5. Novikova, G.V. et al. (2023), Development and substantiation of parameters of a melting agent of fatty raw materials with microwave power supply, *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, no. 2 (100), pp. 119–124. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-119-124.
 6. Novikova, G.V., et al. (2023), Development of an installation with a microwave power supply for grinding and melting of fatty raw materials in a non-standard resonator, *Bulletin of the NGIEI*, no. 1 (140), pp. 34–43. (In Russ.). DOI: 10.24412/2227-9407-2023-1-34-43.
 7. Prosviryakova, M.V. et al (2022), Intensification of the process of extracting fat from fat-containing raw materials by dielectric heating, *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*, vol. 17, no. 3 (67), pp. 96–105. (In Russ.). DOI: 10.12737/2073-0462-2022-96-105.
 8. Mikhailova, O.V. et al. (2022), Features of the development of installations with microwave power supply for processing raw materials of agricultural enterprises, *Bulletin of the NGIEI*, no. 12 (139), pp. 54–65. (In Russ.). DOI: 10.24412/2227-9407-2022-12-54-65.
 9. Mikhailova, O.V. et al. (2021), Microwave heating of slaughterhouse confiscations to increase the feed value, *International Conference «Sustainable Development in Rural Areas» (SDRA-2021). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, no. 857, pp. 012002. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/857/1/012002>.
 10. Belova, M.V. et al. (2019), Development of microwave devices with toroidal resonators for treatment of raw materials, *Journal of Environmental Treatment Techniques*, no. 7 (Special Issue), pp. 1215–1223. Corpus ID: 209379716.
 11. Zhdankin, G.V. et al. (2021), Ultrahigh frequency installations for heat treatment of raw materials, *Rural mechanization*, no. 6, pp. 15–17. (In Russ.).
 12. Storchevoy, V.F., Mikhailova, O.V., Novikova, G.V. (2020), Microwave technologies for processing agricultural waste, *In the collection: Safety and quality of agricultural raw materials and food. Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference*, pp. 568–572. (In Russ.).
 13. Osokin, V.L., Mikhailova, O.V., Kazakov, A.V., Tikhonov, A.A. (2020), Electromagnetic safety in the maintenance of microwave installations, *Innovations in agriculture*, no. 2 (35), pp. 94–101. (In Russ.).
 14. Tikhonov, A.A., Kazakov, A.V., Mikhailova, O.V. (2019), Development of a microwave installation for heat treatment and disinfection of fat-containing raw materials taking into account its dielectric parameters, *In the collection: Advanced achievements in the application of automation, robotization and electrical technologies in agriculture. Collection of articles of the scientific and practical conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor I.F. Borodin (90 years since his birth)*, pp. 226–234. (In Russ.).
 15. Novikova, G.V., Zhdankin, G.V., Mikhailova, O.V., Belova, M.V. (2019), Installation for the complex effect of electrophysical factors on raw materials, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Chemistry and Technology series*, no. 4 (436), p. 54. (In Russ.).
 16. Zhdankin, G.V., Mikhailova, O.V., Novikova, G.V. (2019), Microwave installation with cellular valves for heat treatment of non-food waste from animal slaughter, *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*, no. 21, pp. 565–568. (In Russ.).
 17. Krainov, Yu.E., Mikhailova, O.V., Kazakov, A.V., Mezhenina, E.I. (2019), Development and justification of parameters of installations for high-temperature molding of combined raw materials, *Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex*, no. 2 (35), pp. 84–89. (In Russ.).

18. Zhdankin, G.V., Mikhailova, O.V. (2018), Technological equipment for the production of protein products from secondary raw materials, *In the collection: New materials, equipment and technologies in industry. Materials of the international scientific and technical conference of young scientists. Editor-in-chief I.S. Sazonov*, p. 105. (In Russ.).
19. Zhdankin, G.V., Novikova, G.V., Belova, M.V., Mikhailova, O.V. (2018), Development of a microwave installation and technology for heat treatment of non-food waste of animal origin to increase feed value, *In the collection: The current state and prospects for the development of science, technology and education. Collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference. Under the general ed. Tonchevoy N. N.*, pp. 51–56. (In Russ.).
20. Zhdankin, G.V., Belova, M.V., Mikhailova, O.V., Novikova, G.V. (2018), Radio wave installations for heat treatment of non-food waste of animal origin, *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*, no. 4 (72), pp. 198–202. (In Russ.).

Авторский вклад

Воронов Е.В.: описание принципа действия установки непрерывно-поточного действия для термообработки и обеззараживания отходов убоя животных.

Шамин Е.А.: работа над конструкцией установки с коаксиальным резонатором и разработка 3D модели в программе «Компас-3D, v20».

Суслов С.А.: исследование параметров электродинамической системы «генератор-резонатор» в программе CAD/CAE-системы CST Microwave Studio 2017.

Author's contribution

Voronov Evgeny V.: operation principle description of a continuous-flow unit for heat treatment and disinfection of animal slaughter waste.

Shamin Evgeny A.: work on the design of the installation with a coaxial resonator and the development of a 3D model in the Compass 20 program.

Suslov Sergey A.: parameters study of the electrodynamic system "generator-resonator" in the CAD/CAE program of the CST Microwave Studio 2017 system.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Сведения об авторах

Воронов Евгений Викторович, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Технический сервис», директор инженерного института, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»; <https://orcid.org/0000-0002-9867-5860>, SPIN-код: 8963-4080; e_voronov@list.ru.

Шамин Евгений Анатольевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация», Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»; <https://orcid.org/0000-0003-4522-3745>, SPIN-код: 9580-3689; evga.shamin@yandex.ru.

Суслов Сергей Александрович, доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика и статистика», Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»; <https://orcid.org/0000-0003-1189-8023>, SPIN-код: 4040-2965; nccmailu@mail.ru.

Information about the authors

Evgeny V. Voronov, Cand. Sci. (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Service, Director of the Engineering Institute, State Budgetary Educational

Institution of Higher Education «Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics»,
<https://orcid.org/0000-0002-9867-5860>, SPIN-code: 8963-4080; e_voronov@list.ru.

Evgeny A. Shamin, Cand. Sci. (Economic), Associate Professor of the Department, State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics»,
<https://orcid.org/0000-0003-4522-3745>, SPIN-code: 9580-3689;
evga.shamin@yandex.ru.

Sergey A. Suslov, Doc. Sci. (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department , State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics», <https://orcid.org/0000-0003-1189-8023>, SPIN-code: 4040-2965;
nccmailu@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 24.01.2024; одобрена после рецензирования 18.04.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 24.01.2024; approved after reviewing 18.04.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья / Original research article

УДК 635.647

Код ВАК: 4.3.1

doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-88-95

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН РАПСА

А.В. Медведев¹✉

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет

г. Челябинск, Россия

✉ vestarvestar@mail.ru

Реферат. В статье рассмотрены проблемы сушки мелкосемянных культур. Выявлены основные направления исследований в области обезвоживания сельскохозяйственного сырья. Рассмотрены преимущества и недостатки инфракрасной сушки на примере семян рапса. Сформулирована цель исследования. Разработана схема сушильной установки, определены ее основные части. Для проведения экспериментальной части исследования разработан экспериментальный макет сушильной установки с применением низкотемпературных электронагревателей в качестве генераторов ИК-излучения, которое позволило снизить энергозатраты на 25%. В конструкцию сушильной установки внедрено устройство для проведения процесса сепарирования семян сразу после сушки, чтобы сократить количество операций и время получения готового сырья. Проведены исследования по сепарации семян рапса. Исследуемый продукт разделен на несколько контрольных групп по 1000 г для проведения замеров и определения количества вороха в каждой группе. Доказано, что предложенная технология позволяет значительно снизить количество вороха в конечном продукте: как визуально, так и по подсчетам видно, что после сепарации семян вороха значительно меньше после термообработки. Технология показала свою эффективность. Внедрение устройства для сепарации в конструкцию сушильной установки позволило снизить общее время получения готового сырья на 15%, при этом энергозатраты и затраты на обслуживание также снижаются на 25% и 28% соответственно. Конечный продукт содержит большое количество полезных веществ, а низкие температуры сушки не позволяют развиваться патогенной микрофлоре. Все это способствовало увеличению экономической эффективности по всем показателям от 20% до 40%.

Ключевые слова: сушка, сепарация, зерно, установка, ИК-излучение, энергозатраты

Цитирование. Медведев А.В. Повышение эффективности процесса сушки семян рапса // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (76). – С. 88–95, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-88-95.

INCREASING THE EFFICIENCY OF RAPE SEED DRYING PROCESS

A.V. Medvedev¹✉

¹South Ural State Agrarian University,

Chelyabinsk, Russia

✉ vestarvestar@mail.ru

Abstract. The problems of drying of small-seeded crops are considered in this article. The main directions of research in the field of dehydration of agricultural raw materials have been identified. The advantages and disadvantages of infrared drying are considered using the example of rapeseed seeds. The purpose of the study is formulated. The scheme of the drying plant has been developed, its main parts have been determined.

To carry out the experimental part of the research, an experimental model of the drying plant with the use of low-temperature electric heaters as generators of infrared radiation was developed, which allowed to reduce energy consumption by 25%. Devices for carrying out the seed separation process immediately after drying have been introduced into the design of the drying unit in order to reduce the number of operations and the time to obtain finished raw materials. Studies on the separation of rapeseed seeds have been carried out. The product under study is divided into several control groups of 1000 g each to carry out measurements and determine the amount of pile in each group. It is proved that the proposed technology can significantly reduce the amount of pile in the final product, both visually and by calculations it is clear that after separation of seeds, the pile is significantly less after heat treatment. The technology has shown its effectiveness. The introduction of a separation device into the design of the drying plant has reduced the total time for obtaining finished raw materials by 15%, while energy consumption and maintenance costs are also reduced by 25% and 28%, respectively. The final product contains a large amount of useful substances, and low drying temperatures do not allow pathogenic microflora to develop. All this contributed to an increase in economic efficiency in all indicators from 20% to 40%.

Keywords: drying, separation, grain, installation, IR radiation, energy costs

Citation. Medvedev A.V. (2024), 'Increasing the efficiency of rape seed drying process', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 76, № 2, pp. 88–95, doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-88-95.

Введение. Сокращение энергозатрат в процессе сушки является одним из приоритетных направлений исследований в области переработки сельскохозяйственного сырья. Сокращение энергозатрат необходимо обеспечивать за счет максимальной концентрации выделенной энергии в сравнительно малых объемах сырья и автоматизированного поддержания требуемого технологического режима, а также за счет создания новых и совершенствования существующих технологий с перевооружением производства [1, 2].

Сушка, основанная на применении оптических электротехнологий, в том числе и инфракрасного излучения, является перспективным направлением в области развития зеленых технологий, так как сочетает в себе снижение термонагрузки и сохранение готового продукта при возможности минимизации энергозатрат. Данное направление недостаточно развито из-за малой степени научного изучения данного вопроса. Однако такой тип переработки сельскохозяйственного сырья имеет широкое применение в мировой практике и показывает высокую эффективность [3]. Слабое развитие данной отрасли обусловлено тем, что долгое время не существовало специального сушильного оборудования для семян мелкой фракции, жидких и пастообразных сред, как и низкотемпературных ИК-генераторов [4].

В настоящее время особенно актуальным является совершенствование и автоматизация технологических процессов в процессе сушки сырья. Обеспечение средств автоматизации на всех этапах сушки позволяет значительно сократить затраты на энергоресурсы. Автоматическая выгрузка и загрузка сырья, контроль за изменением влажности в процессе сушки, уменьшение операций в технологическом процессе – все это положительно сказывается на качестве готовой продукции, а также позволяет увеличить экономическую эффективность предприятий АПК [5].

Цель исследования – повышение эффективности процесса сушки семян рапса.

Материалы, методы и объекты исследования. Для достижения поставленной цели разработан и собран экспериментальный макет сушильной установки каскадного типа (рисунок 1). Сушильная установка выполнена в закрытом исполнении, имеет 4 яруса, датчики

температуры и блок управления. Установка предназначена для сушки твердого термолабильного сырья. Каскадный тип установки позволяет проводить процесс сушки практически непрерывно, при этом в процессе сушки продукт при переходе с одного яруса на другой перемешивается и остывает, благодаря чему температура продукта постоянно изменяется в ходе процесса сушки, что снижает риск появления патогенной микрофлоры и



способствует сохранению большого количества полезных веществ. Характеристики сушильной установки представлены в таблице 1.

Рисунок 1. Внешний вид экспериментальной инфракрасной сушильной установки
 Figure 1. External view of the experimental infrared drying unit

Таблица 1. Технические характеристики
 Table 1. Technical specifications

Показатели	Значения
Номинальная потребляемая мощность, кВт	26,5
Номинальное напряжение, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Насыпная плотность, кг/м ²	5
Количество ярусов, шт.	4
Грузоподъемность одной ленты, кг	65
Мощность нагревательного элемента, кВт	0,54
Температура сушки, °С	60
Масса установки, кг	1100
Производительность установки, кг/ч	100

В качестве генераторов инфракрасного излучения используются пленочные электронагреватели, разработанные учеными кафедры Энергообеспечения и автоматизации технологических процессов Южно-Уральского ГАУ. Они обладают более низкой себестоимостью и низким потреблением энергии по сравнению с ближайшими аналогами [6, 7]. Характеристики пленочного электронагревателя представлены в таблице 2. Использование

в качестве нагревательных элементов инфракрасного излучения пленочных электронагревателей обеспечит равномерное облучение продукта сушки в режиме щадящих температур до 40°C при минимальных энергетических затратах, а использование системы автоматического управления, контролирующей необходимые технологические параметры процесса сушки, обеспечит высокое качество готового продукта [8, 9].

Таблица 2. **Характеристика пленочного электронагревателя**
Table 2. Film electric heater characteristics

№	Технические характеристики	Значения
1	Номинальное напряжение, U_n	12–220 В, 380 В, 50 Гц
2	Удельная мощность	до 500 Вт/м ²
3	Номинальный ток нагрузки, I_n	от 0,5 до 2,3 А/м ²
4	Диапазон длины волны излучения, λ	8,5–9,5 мкм
5	Диапазон температуры поверхности, Т	35–70°C
6	Долговечность	50 лет
7	Ширина полотна	0,35; 0,51 м
8	Размерный ряд по длине	от 0,5 до 7 м
9	Наличие передающего элемента	Алюминиевая фольга

В ходе исследования были проведены опыты по сушки семян рапса. Семена разделили на несколько групп массой 1000 г каждая. Для повышения точности и достоверности результатов каждый опыт проводился в пятикратной повторности. Первая группа семян прошла процесс сепарации до попадания в сушильную установку. Вторую группу семян сперва поместили в сушильную установку, а затем произвели процесс сепарации. Третья группа семян с помощью разработанной установки подверглась процессу обезвоживания и сепарации одновременно.

Результаты исследования. Разработанный экспериментальный макет с внедренным в конструкцию устройством для сепарации показал высокую эффективность в ходе проведения эксперимента по сушке семян рапса. Благодаря использованию в конструкции установки низкотемпературных пленочных электронагревателей удалось уменьшить температурное воздействие на продукт, тем самым повысить качество конечного сырья. Поскольку в составе основных зеленых культур, подвергаемых процессу сушки, содержится витамин С, который разрушается при высоких температурах, использование таких нагревателей полностью оправдывается. Важно также сохранить целостность, жизнеспособность и высокие питательные свойства зерновых, – при нагревании и длительном хранении в плохо просушенном состоянии они разрушаются. Экспериментальная установка хороша и сокращением энергозатрат на сушку.

Разработанная установка обладает низкой себестоимостью за счет использования в качестве ИК-генераторов низкотемпературных пленочных электронагревателей. Установка отличается простотой в эксплуатации за счет удобства конструкции нагревателей. Сушка происходит при низких температурах. Конечный продукт на выходе получается высокого качества за счет согласования оптических характеристик растительного сырья и генератора

инфракрасного излучения [10]. Все это позволит кардинально расширить функциональные возможности сушильной установки.

Результаты эксперимента по сепарации семян рапса приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты опытов по сепарации семян
Table 3. Results of seed separation experiments

Номер опыта	Результаты сепарации семян после процесса сушки			Результаты сепарации семян до процесса сушки			Результаты сепарации во время процесса сушки		
	Зерно, г	Ворох, г	Ворох, %	Зерно, г	Ворох, г	Ворох, %	Зерно, г	Ворох, г	Ворох, %
1	880	120	12	790	210	21	960	40	4
2	850	150	15	810	190	19	940	60	6
3	860	140	14	805	195	19,5	970	30	3
4	840	160	16	800	200	20	975	25	2,5
5	890	110	11	820	180	18	965	35	3,5

Как видно из таблицы 3, внедрение в сушильную установку устройства для сепарации позволяет значительно снизить количество вороха в конечном продукте, тем самым повысить качества сырья. Проведение этапа сепарации отдельно от этапа сушки ведет к дополнительным затратам на транспортировку семян. Внедрение в сушильную установку сепаратора позволило, во-первых, снизить затраты во время всего технологического процесса, во-вторых, уменьшить количество вороха, тем самым повысить качество конечного сырья. Сильное снижение содержания вороха в конечном продукте объясняется тем, что продукт после сушки имеет влажность от 6% до 8%, что является наиболее оптимальной влажностью для семян рапса, поскольку при влажности ниже 6% семена могут растрескиваться, а при влажности выше 8% семена могут слипаться друг с другом и процесс сепарации происходит не так эффективно [11-12].

Также в ходе исследования проведено сравнение времени получения готовой продукции. Так, длительность процесса получения семян при разделении этапов сушки и сепарации для 1 т сырья составила около 15 ч., а при следовании предложенной технологии длительность удалось сократить до 12 ч. При этом энергозатраты удалось снизить на 25% за счет пленочных электронагревателей и исключения транспортировки семян до сепаратора.

Выводы. Внедрение в конструкцию установки для сепарации позволяет уменьшить время производства готовой продукции на 15-20%, а также снизить затраты энергии и издержки в ходе обслуживания установка на 25%. При этом установка позволяет получить продукт высокого качества и конкурировать с зарубежными аналогами благодаря использованию в ее конструкции низкотемпературных пленочных электронагревателей, которые позволяют проводить процесс сушки с меньшими затратами энергии при низких температурах.

Список литературы

1. Theoretical justification of film electric heater parameters as a source of infrared radiation in the technology of drying green crops / V. M. Popov, E. N. Epishkov, V. A. Afonkina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. Сер. 3, Smolensk, 25 января

- 2021 года. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032038. – DOI 10.1088/1755-1315/723/3/032038. – EDN KOXCIT.
2. Инновационный способ сушки семян масличных культур на примере рапса / А. Ю. Кишев, И. М. Ханиева, А. Х. Эржибов, З. М. Жирикова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2022. – № 2 (36). – С. 83-90. – DOI 10.55196/2411-3492-2022-2-36-83-90. – EDN ALCFBQ.
 3. Попов, В.М. Исследование электрофизических свойств семян рапса как объекта сушки / В. М. Попов, Е. И. Кривошеева, В. А. Афонькина // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе: Материалы Международной научно-практической конференции Института агроинженерии, Челябинск, 14–18 декабря 2020 года / Под редакцией Н. С. Низамутдиновой. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 245-249. – EDN KWMKGV.
 4. Обзор существующих конструкций устройств для сушки семян / С. С. Воложанинов, В. В. Красовский, В. С. Воложанинова, Д. Д. Волобуев // Научные вести. – 2018. – № 4. – С. 51-55. – EDN YPOCFF.
 5. Gabitov, I.I., Badretdinov, I.D., Mudarisov, S.G., Khasanov, E.R., Lukmanov, R.L., Nasyrov, R.R., ... & Pavlenko, V.A. (2018). Modeling the process of heap separation in the grain harvester cleaning system. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(S8), 6517-6526.
 6. Загоруйко, М.Г. Исследования кинетики ИК-сушки семян рапса / М. Г. Загоруйко, С. А. Павлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(55). – С. 6-11. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-6-11. – EDN PUFMRN.
 7. Попов, В.М. Разработка конструкции ИК-конвектора с повышенным тепловым КПД / В. М. Попов, В. Н. Левинский, В. А. Афонькина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3(101). – С. 212-217. – DOI 10.37670/2073-0853-2023-101-3-212-217. – EDN HQEFNW.
 8. Ochirov, V.D., Altukhov, I.V. and Fedotov, V. A. 2019, "Use of Electrical Heating in Heat Treatment Technology and Drying of Wild-Growing Raw," International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, pp. 1-5, doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934799.
 9. Ganeev, I., Karimov, K., et al. (2020); 'Intensification of the drying process of small seed oilseeds using microwave electromagnetic radiation; *Acta Agriculturae Slovenica*, 115(2), 261–271. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1359>
 10. Martynov, V.M., Gabitov, I.I et al. (2018); Reasoning Barley Grain Drying Modes For Vacuum-Infrared Drying Machines; *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(S11), 8803-8811.
 11. Tomchuk, V. (2020) 'Loss management when harvesting grain, legume and oilseed crops' / Norwegian Journal of Development of the International Science. – No. 50-1. – pp. 54-67. – EDN VAQQXE.
 12. Разработка установки для шелушения рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. / О. В. Михайлова, М. В. Белова, и др. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – № 81. – С. 27-34.

References

1. Theoretical substantiation of the parameters of a film electric heater as a source of infrared radiation in the technology of drying green crops / V. M. Popov, E. N. Epishkov, V. A. Afonkina [et al.] // IOP conference series: Earth and Environmental Science: mechanization, engineering, technologies, innovations and digital technologies in agriculture. 3, Smolensk, January 25, 2021. – Smolensk: IOP PUBLISHING HOUSE, LLC, 2021. – p. 032038. – DOI 10.1088/1755-1315/723/3/032038. – ED. KOXCIT.

2. An innovative method of drying oilseeds on the example of rapeseed / A. Y. Kishev, I. M. Khanieva, A. H. Erzhibov, Z. M. Zhirikova // *Proceedings of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* – 2022. – № 2(36). – Pp. 83-90. – DOI 10.55196/2411-3492-2022-2-36-83-90. – EDN ALCFBQ.
3. Popov, V.M. Investigation of the electrophysical properties of rapeseed seeds as an object of drying / V. M. Popov, E. I. Krivosheeva, V. A. Afonkina // *Innovative technologies in the agro-industrial complex : Materials of the International Scientific and practical Conference of the Institute of Agroengineering, Chelyabinsk, December 14-18, 2020* / Edited by N.S. Nizamutdinova. – Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University, 2020. – pp. 245-249. – EDN KVMKGV.
4. Review of existing designs of devices for drying seeds / S. S. Volozhaninov, V. V. Krasovsky, V. S. Volozhaninova, D. D. Volobuyev // *Scientific news.* – 2018. – No. 4. – pp. 51-55. – EDN IPOKFF.
5. Gabitov, I.I., Badretdinov, I.D., Mudarisov, S.G., Khasanov, E.R., Lukmanov, R.L., Nasyrov, R. R., ... & Pavlenko, V.A. (2018). Modeling of the heap separation process in the cleaning system of a combine harvester. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (S8), 6517-6526.
6. Zagoruiko, M.G. Studies of kinetics of IR drying of rapeseed / M. G. Zagoruiko, S. A. Pavlov // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.* – 2021. – № 3(55). – Pp. 6-11. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-6-11. – EDN PUFMRN.
7. Popov, V.M. Design of an IR convector with increased thermal efficiency / V. M. Popov, V. N. Levinsky, V. A. Afonkina // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University.* – 2023. – № 3(101). – Pp. 212-217. – DOI 10.37670/2073-0853-2023-101-3-212-217. – EDN HQEFNW.
8. Ochirov, V.D., Altukhov, I.V. and Fedotov, V.A., "The use of electric heating in the technology of heat treatment and drying of wild raw materials", *International Multi-conference on Industrial Engineering and Modern Technologies 2019 (FarEastCon)*, Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934799.
9. Ganeev, I., Karimov, K., Fayzrakhmanov, S., Masalimov, I., Permyakov, V. (2020). Intensification of the drying process of small oilseeds using microwave electromagnetic radiation. *Acta Agriculturae Slovenica*, 115 (2), 261-271. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1359>.
10. Martynov, V.M., Gabitov, I.I., Karimov, K.T., Masalimov, I.K., Permyakov, V.N., Ganeev, I. R., ... & Saitov, B. (2018). Justification of the drying modes of barley grain in vacuum-infrared drying machines. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (S11), 8803-8811.
11. Tomchuk, V. Loss management when harvesting grain, legume and oilseed crops / V. Tomchuk // *Norwegian Journal of Development of the International Science.* – 2020. – No. 50-1. – P. 54-67. – EDN VAQQXE.
12. Mikhailova, O.V., Belova, M.V., Korobkov, A.N., Novikova, G.V. (2019). Development of an installation for peeling rapeseed in an ultrahigh frequency electromagnetic field // *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies.* – № 81 (2 (80)), pp. 27-34.

Сведения об авторах

Медведев Андрей Витальевич, ассистент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0002-3353-3191>, SPIN-код: 9556-8455, Researcher ID: JNE-5719-2023; vestarvestar@mail.ru.

Information about the author

Andrey V. Medvedev, Assistant of the Department Energy Supply and Automation of Technological Processes, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Ural State Agrarian University»; <http://orcid.org/0000-0002-3353-3191>, SPIN-code: 9556-8455, Researcher ID: JNE-5719-2023; vestarvestar@mail.ru.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 18.04.2024; принята к публикации 25.05.2024.

The article was submitted to the editorial office 20.03.2024; approved after reviewing 18.04.2024; accepted for publication 25.05.2024.

Научная статья / Original research article
УДК 94(47)
doi: 10.24411/2078-1318-2024-2-96-101

ПЕТР ЮЛЬЕВИЧ ШМИДТ И КУРС ЗООЛОГИИ В ЛЕНИНГРАДСКОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ

Т.В. Емельянова ✉

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия
✉ t_krasovska@mail.ru

Реферат. Статья посвящена краткому описанию научно-педагогической деятельности известного отечественного ученого-зоолога Шмидта Петра Юльевича, специализировавшегося на описании морской и речной фауны Тихоокеанского региона и ставшего автором многих научных трудов, посвященных этой тематике. П.Ю. Шмидт с 1926 г. принимал участие в деятельности Тихоокеанской научной ассоциации – ТНА (Pacific Science Association – PSA), с 1930 г. являлся бессменным ученым секретарем Тихоокеанского комитета АН СССР, работал в Зоологическом музее АН СССР. Его педагогическая карьера связана с Петроградским университетом, а также с деятельностью Бестужевских курсов (с 1887 г.), Петроградских сельскохозяйственных курсов, Каменноостровского института, а позднее и Ленинградского сельскохозяйственного института. Его именем названы многие виды рыб северной части Тихого океана.

Ключевые слова: ихтиология, морская и речная фауна, Тихоокеанская научная ассоциация, Петр Юльевич Шмидт, Ленинградский сельскохозяйственный институт

PETER YULIEVICH SCHMIDT AND THE ZOOLOGY COURSE AT THE LENINGRAD AGRICULTURAL INSTITUTE

T.V. Emelyanova ✉

Saint-Petersburg State Agrarian University
Pushkin, St. Petersburg, Russia
✉ t_krasovska@mail.ru

Abstract. The article is devoted to a brief description of the scientific and pedagogical activity of the famous Russian scientist-zoologist Pyotr Yulievich Schmidt, who specialised in the description of marine and river fauna of the Pacific region and became the author of many scientific works devoted to this subject.

Since 1926 P.Yu. Schmidt took part in the activities of the Pacific Science Association (PSA), since 1930 he was permanent scientific secretary of the Pacific Committee of the USSR Academy of Sciences, worked in the Zoological Museum of the USSR Academy of Sciences. His pedagogical career was connected with the Petrograd University, as well as with the Bestuzhev courses (since 1887), Petrograd Agricultural Courses, Kamennooostrovsky Institute, and later the Leningrad Agricultural Institute. Many fish species of the North Pacific Ocean are named after him.

Keywords: ichthyology, marine and river fauna, Pacific Scientific Association, Peter Yulievich Schmidt, Leningrad Agricultural Institute

Введение. Пётр Юльевич Шмидт родился в Санкт-Петербурге 23 декабря 1872 г. в семье знаменитого военного геодезиста и астронома, поручика корпуса военных топографов (в будущем генерал-лейтенанта) Юлия Александровича Шмидта и детской писательницы

Ольги Ильиничны Шмидт. Был крещен в Симеоновской церкви на Моховой улице в Санкт-Петербурге 7 января 1873 г., восприемниками были записаны комендант Царского Села Петр Александрович Степанов и домашняя учительница девица Емилия Павловна Шаффе. Родители Петра Юльевича расстались, когда ему было около 8 лет (официально брак был расторгнут в 1887 г.). Мать Петра снова вышла замуж за преподавателя гимназии им. К. Мая, вице-председателя Фребелевского Общества, инспектора классов Первого кадетского корпуса Павла Игнатьевича Рогова [1].

Среднее образование П.Ю. Шмидт получил в гимназии им. К. Мая, высшее – в Санкт-Петербургском университете, где окончил курс в 1895 г. В университете он занимался в лаборатории профессоров Владимира Михайловича Шимкевича¹ и Владимира Тимофеевича Шевякова. После окончания университета Петр Юльевич путешествовал по Семиречью, по Северу России, а в 1899–1902 гг. – по Дальнему Востоку, куда отправился в качестве начальника Корейско-Сахалинской экспедиции. Молодой ученый занимался сбором морской фауны в заливе Петра Великого и прилегающих к нему водах, в начале лета исследовал морскую фауну у восточных берегов Кореи, а в конце лета того же года участвовал в экспедиции по Корее от Гензана до Фузана [2]. После экспедиции Шмидт издал 2 книги, посвященные Корее: «Корея и Корейцы» (1900) [3] и «Страна утреннего спокойствия. Корея и ее обитатели» (1903).

В книге «Корея и Корейцы» автор дает обширный очерк природы Корейского полуострова, в котором отмечает особенности климатических условий, ландшафта, приводит подробное описание флоры и фауны. Резюмируя свои наблюдения, касающиеся природы Кореи, он не избегает искушения сравнить ее с природой в Китае и Японии: «Большое количество различных южных культурных растений, о которых мы говорили при характеристике природы Японии, не может вовсе возделываться в Корее, или же область их ограничивается одною лишь южною оконечностью полуострова, имеющего и по характеру дикой растительности много общего с южной Японией. Эти условия сделали из корейца прежде всего земледельца и заставили его выработать приблизительно те же приемы обработки земли, которые мы встречаем в Японии и в Китае. <...> из известного до сего 301 вида птиц, замеченных в Корее, 279 видов встречается в Японии» [3, с. 12]. Петр Юльевич описывает также историю страны, ее государственное устройство и экономику, делая множество интересных замечаний, выдающих в нем пытливого путешественника и наблюдателя, достойного своего отца [1]: «По характеру своему кореец, в большинстве случаев, добродушен, совсем не проявляя воинственности и кровожадности. Лишь окончательно выведенный как-нибудь из себя, он обнаруживает полную необузданность и свирепость, свойственную вообще всем народам Азии» [3, с. 25].

В конце апреля 1909 г. П.Ю. Шмидт отправился в Усть-Камчатск и совершил 2 поездки на Камчатский мыс для наблюдения за медведями и посещения крупного лежбища сивучей и птичьих базаров. В летние месяцы Петр Юльевич занимался изучением лососевых рыб реки Камчатки, посетил Нижнекамчатск, долину реки Радуги и район вулкана Шивелуч. За время экспедиционных работ 1908–1909 гг. зоологическим отделом экспедиции Ф.П. Рябушинского под руководством П.Ю. Шмидта был собран огромный фактический материал,

¹ Заведующий кафедрой зоологии позвоночных Петербургского университета, с 1920 г. – академик РАН, ректор Петроградского университета

характеризующий фауну рыб, птиц, млекопитающих, насекомых и пресноводных гидробионтов Камчатки.

П.Ю. Шмидт первым дал описание ихтиофауны русских территориальных вод на Дальнем Востоке, в котором высказал ряд теоретических соображений о ее распределении и происхождении. Первые его работы посвящены морфологии и систематике беспозвоночных, исследованию фауны беспозвоночных Семиречья, например «Материалы к познанию фауны Семиреченской области», опубликованные в «Записках Западно-Сибирского отделения Императорского русского географического общества», а в 1896 г. П. Ю. Шмидт первым наблюдал анабиоз, наступавший при высушивании дождевых червей.

Ученый стал автором первой серьезной работы по морским промыслам Южного Сахалина, научно-популярных трудов по общим вопросам биологии, таких как «Миграция рыб» (1936 г.); «Анабиоз» (1948 г.) и др., а также монографии «Рыбы Охотского моря» (вышла посмертно в 1950 г.).

В 1905 г. был опубликован его перевод с немецкого уникальной книги Конрада Келлера «Жизнь моря: животный и растительный мир моря, его жизнь и взаимоотношения». Под руководством П.Ю. Шмидта в 1924 г. была издана «Малая биологическая энциклопедия» [2].

Цель исследования – дать краткий обзор педагогической деятельности П.Ю. Шмидта, не нашедшей отражения в биографических работах.

Результаты исследования. Педагогическая деятельность П.Ю. Шмидта начиналась в 1897 г. в должности ассистента при кафедре зоологии на Высших женских Бестужевских курсах. П.Ю. Шмидт был одним из учредителей Каменноостровских (Петроградских) сельскохозяйственных курсов в 1906 г., где он преподавал до самой революции [2]. 1917 г. застал его профессором Петроградского (Каменноостровского) сельскохозяйственного института (наследника Каменноостровских курсов), который вливался в 1922 г. (уже в составе Петроградской сельскохозяйственной академии имени И.А. Стебута) в ЛСХИ вместе с другими сельскохозяйственными вузами.

Авторы «Справочника для участников Первого съезда агрономов, окончивших ЛСХИ», проходившего в Детском селе в 1926 г., включили его в список профессоров института как заведующего кафедрой зоотехнии. Жил он тогда по адресу Вознесенский проспект, д. 6, кв. 7 [4, с. 31]. В очерке об образовании ЛСХИ К.Н. Кржишковский пишет, что именно студенты и преподаватели Каменноостровского института проявили в 1922 г. наибольшую лояльность по поводу слияния вузов, хотя было много протестов со стороны профессуры других сельскохозяйственных вузов [4, с. 35].

Кафедра зоотехнии располагалась тогда в здании старого института на Каменном острове на 2-ой Березовой аллее, где находился и кабинет зоологии с небольшим музеем, аквариумной и комнатой для научной работы персонала. Кабинет и кафедра, где проводилась исследовательская работа в области экспериментальной зоологии, обслуживали 3 факультета, которые после слияния вошли в структуру ЛСХИ – сельхозэкономии и политики, земледелия, зоотехнии. Авторы справочника рекомендуют участникам съезда при посещении кабинета обратить внимание на «живые мутации дрозофил», которые там находятся. Согласно справочнику, в те годы профессор преподавал генетику на факультете зоотехнии ЛСХИ [4; с. 43, 55]. Здесь же мы находим интересное упоминание о научной работе со студентами: «Академический кружок зоотехнии ведет работу по частной и общей зоотехнии; проведены диспут и конкурс молока в деревне Кузьмино; на месте ведется исследовательская работа

совместно с профессурой; имеется библиотека, плакаты и диапозитивы. Вся работа ведется в контакте с профессорами и преподавателями соответствующих дисциплин» [4, с. 118].

Как известно, в 1930-е гг. начинается процесс дробления сельскохозяйственных вузов, и к 1941 г. зоотехнические факультеты существовали как в рамках Зоотехнического института в Красногвардейске (в начале Великой Отечественной войны этот институт довольно неожиданно был присоединен в качестве филиала и факультета к Ленинградскому ветеринарному институту), так и в составе Пушкинского сельскохозяйственного института.

С 1914 по 1931 г. Петр Юльевич читал курс ихтиологии в Петроградском (позднее Ленинградском) университете и работал в Зоологическом музее АН СССР. С 1930 г. и до конца жизни он исполнял обязанности ученого секретаря Тихоокеанского комитета АН СССР [5].

В 2020 г. исполнилось 100 лет со дня основания Тихоокеанской научной ассоциации – ТНА (Pacific Science Association – PSA), к деятельности которой СССР присоединился с 1926 г., после восстановления дипломатических отношений с Японией.

III Тихоокеанский научный конгресс в Токио, в котором приняли участие и советские ученые, проходил с 30 октября по 11 ноября 1926 г. В его работе участвовало 194 ученых из 21 тихоокеанского государства, было представлено более 400 докладов. Академия наук СССР направила на конгресс делегацию известных ученых. Почти все члены советской делегации выступали с докладами на разных секциях конгресса. Среди докладчиков числится и зоолог Шмидт П.Ю. [6, с. 128].

V Тихоокеанский научный конгресс прошел в Ванкувере и Виктории (Британская Колумбия, Канада). Перед V конгрессом советский Тихоокеанский комитет, возглавляемый академиком В.Л. Комаровым, представил расширенную программу научных исследований по океанографии, геодезии и геофизике, геологии, биологии, ихтиологии, антропологии в Тихоокеанском регионе.

20 октября 1931 г. ученый секретарь Тихоокеанского комитета АН СССР профессор П.Ю. Шмидт сделал доклад на совещании Комитета по заведованию учеными и учебными учреждениями при ЦИК СССР об участии научных учреждений СССР в V Тихоокеанском научном конгрессе. Он заявил о необходимости добиваться предоставления второго места в Тихоокеанском научном совете, стоящем во главе Тихоокеанской научной ассоциации, для представителя научных учреждений РСФСР ввиду того, что другие государства имеют особых представителей от своих доминионов (например, Англия дополнительно имела три места – от Канады, Австралии и Новой Зеландии) [6, с. 130].

В 1938 г. вместе с группой сотрудников Зоологического музея АН СССР, которые тоже имели нерусские фамилии, П.Ю. Шмидт был арестован, потом выпущен на свободу и смог продолжить свою научную и преподавательскую деятельность [2].

С 1896 г. Петр Юльевич был женат на Вере Оттоновне Рейнезер. У них родилось двое детей: сын Георгий (10.9.1897) и дочь Татьяна (1901). О сыне нет никаких сведений, а Татьяна вышла замуж за итальянского ученого и жила в Италии. Жена очень помогла в освобождении Петра Юльевича, но сама не выдержала испытаний и менее чем через год после его освобождения скончалась. Это произошло в сентябре 1940 г. [5].

Во время войны Петр Юльевич был эвакуирован из Ленинграда в сентябре 1941 г. в Акмолинскую область. Скорее всего, его уже не было в составе сотрудников ЛСХИ, так как перед войной во главе зоотехнической лаборатории Пушкинского сельскохозяйственного

института стоял профессор М.И. Дьяков, а большинство преподавателей вуза были эвакуированы в г. Молотов (Пермь) или Барнаул. Можно предположить, что Петр Юльевич отправился в эвакуацию в составе одного из подразделений Академии наук СССР, так как именно в Казахстан было эвакуировано большинство академических учреждений.

После войны ученый активно включился в работу: для Наркомата рыбной промышленности он составил большую сводку о том, что было сделано по изучению промысловых рыб; подготовил 2 тома сборника «Рыбная промышленность СССР на Тихом океане»; разрабатывал планы работ Тихоокеанского Комитета [2].

Скончался П.Ю. Шмидт внезапно 25 ноября 1949 г. на 77-м году жизни. Похоронен на Серафимовском кладбище.

Выводы. П.Ю. Шмидт был известнейшим ученым с мировым именем, научная и педагогическая карьера которого сформировалась еще в дореволюционные годы. Его труды по ихтиологии составляют гордость мировой и отечественной науки. СПбГАУ может гордиться тем, что такие ученые принимали участие в его создании и стояли у истоков формирования образовательной среды.

В честь П.Ю. Шмидта названы несколько видов рыб северной части Тихого океана:

- носатый голец *Salvelinus schmidt*,
- дальневосточная серебрянка *Euroglossus schmidt*,
- слизеголов Шмидта *Lycogrammoides schmidt*,
- большеголовый лепидион *Lepidion schmidt*,
- мелкошипый круглопер *Eumicrotremus schmidt* X [2].

Список источников литературы

1. Гефнер, О.В. Сибирский геодезист генерал-лейтенант Юлий Александрович Шмидт (1844–1910): научная и общественная деятельность // Сибирская деревня: история, современное состояние, перспективы развития. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2004. – С. 182–185.
2. Шмидт Пётр Юльевич (биография) // Камчатский край : краевед. сайт. – URL: <http://www.kamchatsky-krai.ru/biography/shmidt.htm> (дата обращения: 16.09.2023).
3. Шмидт, П.Ю. Корея и корейцы / П. Ю. Шмидт. – СПб.: Типография Акц. общ. Брокгауз-Ефрон, 1900. – 64 с.
4. Первый съезд агрономов, закончивших ЛСХИ. /Детское село. 15–21.01. 1926/. Справочник для членов съезда. – Ленинград. (Государственная типография Ш. Н. Шейнера), 1926. – 130 с.
5. Краткая биография П.Ю. Шмидта. – URL: <https://www.livelib.ru/author/558843-pjotr-shmidt> (дата обращения: 16.09.2023).
6. Сергиенко, В.И., Штец, М.Б. 100 лет Тихоокеанской научной ассоциации // Вестник ДВО РАН. – 2020. – № 6. – С. 124–146.
7. Пути становления аграрного образования: 1904–2014 гг. (Петербургскому аграрному университету – 110 лет) / Е. Р. Ольховский и др.; под ред. М. А. Арефьева и др. – СПб.: Культурно-просветительское товарищество, 2014. – 400 с.

References

1. Gefner, O.V. Sibirskii geodezist general-leitenant Iulii Aleksandrovich Shmidt (1844–1910): nauchnaia i obshchestvennaia deiatel'nost' // Sibirskaiia derevnia: istoriia, sovremennoe sostoianie, perspektivy razvitiia. – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2004, pp. 182–185.
2. Shmidt Petr Iul'evich (biografiia) // Kamchatskii krai: kraeved. sait. URL: <http://www.kamchatsky-krai.ru/biography/shmidt.htm> (data obrashcheniia: 16.09.2023).

3. Shmidt P. IU. Koreia i koreitsy / P. IU. SHmidt. Sankt-Peterburg: Tipografiia Akts. obshch. Brokgauz-Efron, 1900. 64 p.
4. Pervyi sezd agronomov, zakonchivshikh LSKHI. /Detskoe selo. 15–21.01.1926 /. Spravochnik dlia chlenov sezda. Leningrad. (Gosudarstvennaia tipografiia Sh. N. Sheinera), 1926. 130 p.
5. Kratkaia biografiia P.IU. Shmidta // livelib URL: <https://www.livelib.ru/author/558843-pjotr-shmidt> (data obrashcheniia: 16.09.2023).
6. Sergienko, V.I., Shtets, M.B. 100 let Tikhookeanskoi nauchnoi assotsiatsii.// Vestnik DVO RAN. 2020. no 6. pp. 124–146.
7. Puti stanovleniia agrarnogo obrazovaniia: 1904-2014 gg. (Peterburgskomu agrarnomu universitetu – 110 let) / Ol'khovskii E. R. at el.; Pod red. M. A. Aref'eva, at el. Sankt-Peterburg: Kul'turno-prosvetitel'skoe tovarishchestvo, 2014. – 400 p.

Сведения об авторе

Емельянова Татьяна Викторовна, кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры философии и социально-гуманитарных наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, SPIN-код: 7828-8731; <https://orcid.org/0009-0000-2212-0175>; t_krasovska@mail.ru.

Information about the author

Tatyana V. Yemelyanova, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Philosophy and Social Sciences and Humanities, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University, SPIN-code: 7828-8731; <https://orcid.org/0009-0000-2212-0175>; t_krasovska@mail.ru.

**Требования к научным статьям, публикуемым в журнале
«Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета»**

Уважаемые коллеги!

Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом издается журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета». С 2007 г. журнал включен в утвержденный ВАК Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, где публикуются основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, а также в базу данных международной информационной системы AGRIS, в библиографическую базу данных – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на официальном сайте ФГБОУ ВО СПбГАУ. Подписной индекс – ВН 017771. Статьям присваивается DOI (цифровой идентификатор объекта). В журнале публикуются статьи по следующим группам специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство; 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология; 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений; 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры;
- 4.2. Зоотехния и ветеринария: 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства; 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса; 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Основные требования к статьям, предоставляемым для публикации в журнале:

1. Статья должна соответствовать основным научным направлениям журнала, а также содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными на современном этапе научного развития.
2. Размер текста статьи должен составлять 7-10 страниц на листах А4, шрифт Times New Roman, шрифт 14, межстрочный интервал – 1,5.
3. В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:

- **текст статьи** на русском языке в бумажной версии (для сторонних авторов — в электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту izvestiya@spbgau.ru) согласно требованиям к структуре и содержанию статьи с обязательным указанием контактных телефонов авторов;
- **реферат (200–250 слов)** на русском и английском языках; **ключевые слова (не более 7 слов)** на русском и английском языках; **информацию об авторе** (авторах) статьи на русском и английском языках (электронная почта, место работы, адрес места работы).

Правила оформления статьи:

- номер УДК (12 шрифт светлый);
- ученая степень, (шрифт 12 строчный), **и.о. фамилия** (шрифт 12 жирный строчный);
- место работы (шрифт 12 строчный), e-mail (шрифт 12 строчный);
- **название статьи** (шрифт 14 жирный прописной);
- основной текст (шрифт 14 строчный);
- список источников литературы, **References** (шрифт 12 строчный жирный, разреженный).

Текст статьи необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: **введение; цель исследования; материалы, методы и объекты исследования; результаты исследования; выводы** (отмечать подзаголовки жирным шрифтом), список источников литературы.

Список литературы: не менее 10 источников, включая иностранные. Приводится на русском и английском языках – **References, стандарт «Harvard»**. Литература должна быть оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018. Список составляется в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (в порядке цитирования). Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например [1].

4. Поступившие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования в программе «Антиплагиат».

Редакция оставляет за собой право на воспроизведение поданных авторами материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража экземпляров.

Подробная информация о журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» на сайте <http://spbgau.ru/izvestiya>.

Научное издание

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Рецензируемый научный журнал
4 номера в год
№ 2 (76)

Литературная редакция Ереминой М.А., Раззак М.Ю.
Верстка Ереминой М.А.
Переводчик: Н.Г. Коваленко

Подписано к печати 20.06.2024.
Формат 60×84 1/8. П.л. 6,4. Тираж 1000. Заказ.
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов в
Издательско-полиграфическом комплексе
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета
г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2