

ISSN 2078–1318

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4 (78)

IZVESTIYA  
OF SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2024

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рецензируемый научный журнал  
4 номера в год  
№ 4 (78)

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 OF STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

Peer-reviewed scientific journal  
4 issues per year  
№ 4 (78)

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  
№ 4 (78)

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 зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства 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, заведующая 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, директор Инженерно-технологического института 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 Юрия 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

№ 4 (78)

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;

**Bryukhanov Alexander Yuryevich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production-branch of the Federal State Budgetary Scientific institution "Federal Scientific Agroengineering Center "VIM";

**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 – MTAА;

**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 Vasilievna**, 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;

**Epimakhova Elena Edugartovna**, 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»;

**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, SPbGUVM

**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»;

**Chesnokov Yuri Valentinovich**, Doctor of Biological Sciences, Director of the GNU API;

**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

<b>Бевз С.Я.</b> Изменение химического состава корма в зависимости от срока скашивания бобово-злаковых травостоев .....	9
<b>Ефремова М.А., Пинаева А.С., Панькова У.И.</b> Накопление меди и марганца расторопшей пятнистой и пажитником сены из дерново-подзолистой почвы при увеличении дозы фосфорного удобрения.....	18
<b>Иванова М.В.</b> Применение Акварина и Гумата калия при выращивании бархатцев прямостоячих.....	29
<b>Камова А.И.</b> Формирование смешанных и одновидовых фитоценозов с люцерной изменчивой ( <i>Medicago Varia Mart.</i> ) в Республике Карелии.....	37
<b>Кононенко О.В.</b> Климатические изменения температурных факторов продуктивности, роста и развития зерновых культур на территории Российской Федерации.....	47
<b>Никулин А.Б., Матвеев В.А.</b> Козлятник восточный сорта Юбиляр как ценная кормовая культура.....	59
<b>Ожередова А.Ю., Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Письменная Е.В., Середняк Ю.Н.</b> Реализация потенциальной продуктивности озимой пшеницы за счет оптимизации минерального питания в динамических условиях внешней среды в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья.....	68
<b>Степанова Т.В., Погодина А.Ю., Кокорина А.Л.</b> Сравнительная оценка устойчивости и декоративности различных видов злаковых трав на газонах в условиях Санкт-Петербурга.....	78

### ЗООТЕХНИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И ГЕНЕТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

<b>Абдельманова А.С., Шахин А.В., Романов М.Н., Коршунова Л.Г., Емануйлова Ж.В.</b> Оценка генетической дифференциации линий кур породы белый корниш, используемых при создании мясных кроссов.....	87
<b>Васильева Л.Т., Бычаев А.Г.</b> Влияние возраста кур на результаты инкубации и откорма цыплят-бройлеров кросса ROSS 308.....	96
<b>Ивершина А.В., Позднякова Т.Э., Дементьева Н.В.</b> Полиморфизм гена ABCB1(MDR1), ассоциированного с лекарственной чувствительностью у собак породы восточноевропейская овчарка.....	105

### ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

<b>Воронов Е.В.</b> Установка с источниками электромагнитных излучений для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных.....	116
--	-----

## CONTENTS

### AGRONOMY

<b>Bevz S.Ya.</b> Changes in the chemical composition of the feed depending on the mowing period of legume and cereal stands.....	9
<b>Efremova M.A., Pinaeva A.S., Pankova U.I.</b> Copper and manganese accumulation by milk thistle and common fenugreek from sod-podzolic soil with increasing dose of phosphate fertilizer.....	18
<b>Ivanova M.V.</b> The use of Aquarine and potassium Humate in the cultivation of <i>Tagetes erecta</i> .....	29
<b>Kamova A.I.</b> Formation of mixed and single-species phytocenoses with alfalfa variegated ( <i>Medicago varia Mart</i> ) in the Republic of Karelia.....	37
<b>Kononenko O.V.</b> Climatic changes in temperature factors of productivity, growth and development of grain crops on the territory of the Russian Federation.....	47
<b>Nikulin A.B., Matveyev V.A.</b> Eastern goat's rue of the Yubiljar variety as a valuable forage crops.....	59
<b>Ozheredova A.Yu., Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Pismennaya E.V., Serednyak Yu.N.</b> Realization of potential productivity of winter wheat due to optimization of mineral nutrition in dynamic environmental conditions in soil-climatic zones of the Central Ciscaucasia.....	68
<b>Stepanova T.V., Pogodina A.Yu. Kokorina A.L.</b> Comparative assessment of sustainability and ornamental value of different grass species on lawns in Saint Petersburg.....	78

### ANIMAL SCIENCE, GENETICS AND BREEDING OF FARM ANIMALS

<b>Abdelmanova, A.S., Shakhin, A.V., Romanov, M.N., Korshunova L.G., Emanuilova Zh.V.</b> Evaluation of genetic differentiation of chicken lines used for breeding meat crosses.....	87
<b>Vasilyeva L.T., Bychaev A.G.</b> Effect of chicken age on the results of incubation and fattening of broiler chickens of the cross ROSS 308.....	96
<b>Ivershina A.A., Pozdnyakova T.E., Dementieva N.V.</b> Polymorphism of the <i>ABCBI(MDR1)</i> gene associated with drug sensitivity in Eastern European Shepherd dogs.....	105

### ENERGY SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

<b>Voronov E.V.</b> Installation with electromagnetic radiation sources for heat treatment of mucous by-products of ruminants.....	116
--	-----

---

**Научная статья/Original article**

УДК 633.2.031

Код ВАК 4.1.1

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-9-17

**ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОРМА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СКАШИВАНИЯ  
БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ****С.Я. Бевз**  

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

 svetlana.bevz@novsu.ru

**Реферат.** В большинстве хозяйств Новгородской области основную массу объемистых кормов заготавливают с многолетних луговых травостоев. Бобово-злаковые агрофитоценозы выгодно отличаются от других экономически эффективных и рациональных травостоев. Однако зачастую корма, заготовленные с данных фитоценозов, относятся к 3 классу или являются неклассными. Основная причина низкого качества кормов – недостаточное содержание в них протеина и избыточное содержание клетчатки, что связано в основном с несвоевременной уборкой луговых агрофитоценозов. Проведенные исследования на клеверо-злаковых травостоях, убранных в разные фазы развития бобового компонента, подтвердили, что срок скашивания луговых травостоев оказывает существенное влияние на химический состав корма. По мере прохождения фенологических фаз развития клевера содержание протеина в корме снижалось, а клетчатки – увеличивалось. Уборка агрофитоценозов до начала цветения клевера обеспечила получение кормов, относящихся к 1 классу. Содержание сырого протеина превысило 14%. Наиболее высокобелковый корм обеспечил травостой с двуукосным клевером луговым сорта Кармин. В 1 кг сухого вещества содержалось до 18% сырого протеина. Содержание клетчатки в данной фазе клевера не превысило 21,9%, что также привело к получению высококлассного корма. Поздняя уборка бобово-злаковых травостоев привела к существенному изменению его химического состава. Содержание сырого протеина снизилось на 20–22% по сравнению с предыдущей фазой и не превысило 11%. Содержание клетчатки, наоборот, увеличилось и составило более 32%. Такое содержание сырого протеина и клетчатки соответствовало лишь 3 классу. С целью увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных необходимо повысить классность скармливаемых кормов, для чего важно отрегулировать сроки скашивания луговых травостоев.

**Ключевые слова:** корма, сырой протеин, сырая клетчатка, фаза развития, бобово-злаковый травостой, клевер луговой, клевер гибридный, химический состав

**Для цитирования:** Бевз С.Я. Изменение химического состава корма в зависимости от срока скашивания бобово-злаковых травостоев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 9–17. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-9-17.

CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE FEED  
DEPENDING ON THE MOWING PERIOD OF LEGUME AND CEREAL STANDSS.Ya. Bevz  

Yaroslav the Wise Novgorod State University

 Svetlana.Bevz@novsu.ru

**Abstract.** In most farms of the Novgorod region, the main mass of bulky forages is harvested from perennial meadow grasslands. Legume-cereal agrophytocenoses favorably differ in a number of economically efficient and rational herbage. However, often the feeds harvested from these phytocenoses belong to class 3 or are not classed. The main reason for the poor quality of feed is the insufficient content of protein and excessive fiber in them, which is mainly due to the untimely harvesting of meadow agrophytocenoses. The conducted studies on clover-grass stands harvested in different phases of the development of the legume component confirmed that the mowing period of meadow grass stands has a significant effect on the chemical composition of the feed. As the phenological phases of clover development progressed, the protein content in the feed decreased, and the fiber content increased. Harvesting of agrophytocenoses before the beginning of clover flowering ensured that feed belonging to the 1st class was obtained from it. The crude protein content exceeded 14%. The most high-protein feed was provided by a grass stand with a two-cornered meadow clover of the Carmine variety. 1 kg of dry matter contained up to 18% of crude protein. The fiber content in this phase of clover did not exceed 21.9%, which also led to the production of high-quality feed. The delay in harvesting legume and cereal stands has led to a significant change in its chemical composition. The crude protein content decreased by 20–22% compared to the previous phase and did not exceed 11%. The fiber content, on the contrary, increased and amounted to more than 32%. Such a content of crude protein and fiber corresponded only to the 3rd class. To increase the productivity of farm animals, it is necessary to increase the class of the feed being fed, for which it is important to adjust the timing of mowing meadow grasses.

**Keywords:** feed, crude protein, crude fiber, development phase, legume-cereal and herbage, meadow clover, hybrid clover, chemical composition

**For citation:** Bevz, S.Ya. (2024), “Changes in the chemical composition of the feed depending on the mowing period of legume and cereal stands”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 9–17. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-9-17.

**Введение.** Научные исследования и опыт работы ведущих сельскохозяйственных предприятий Новгородской области показывают, что важными составляющими эффективного производства являются ресурсосберегающие технологии [1–4]. Для осуществления ресурсосбережения в кормопроизводстве необходимо широко использовать наименее затратные кормовые культуры, такие как многолетние луговые травы [5]. В условиях Новгородской области использование луговых агрофитоценозов позволяет продлить сроки заготовки разнообразных видов качественных кормов, улучшить фитосанитарное состояние почв, способствует значительному накоплению гумуса в почве, что улучшает ее свойства.

Особый интерес представляют собой бобово-злаковые травостой. Они являются ресурсосберегающим элементом в луговом кормопроизводстве. За счет бобового компонента значительно уменьшаются затраты на закупку минеральных азотных удобрений, а корм, приготовленный с использованием данных травостоев, сбалансирован по сахаро-протеиновому соотношению [6, 7]. Бобово-злаковые агрофитоценозы следует отметить особо в ряду других экономически эффективных и рациональных травостоев [8, 9].

В большинстве хозяйств Новгородской области основную массу объемистых кормов заготавливают с использованием многолетних луговых травостоев. Анализ качества кормов,

произведенных в регионе, показал, что зачастую корма относятся к 3 классу или являются неклассными. Основными причинами низкого качества кормов являются низкое содержание протеина и высокое содержание клетчатки [10]. С целью повышения качества кормов в хозяйствах необходимо в первую очередь отрегулировать сроки скашивания травостоев.

**Цель исследования** – изучение влияния срока скашивания на химический состав бобово-злаковых травостоев различного состава.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были проведены в период с 2022 по 2024 г. Для получения более достоверных данных начиная с 2021 г. было проведено 3 закладки опыта. Опыты были заложены в начале июня беспокровным способом на территории землепользования КФХ Павлюка Д.П., расположенного в 12 км от г. Великого Новгорода. Исследования проводились на почвах, типичных для Новгородской области.

Опыты закладывались с использованием метода рендомизированного размещения вариантов с четырехкратной повторностью. Площадь опытной делянки составила 2 м<sup>2</sup>.

Схема опыта включала в себя следующие варианты:

1. Овсяница луговая + тимopheевка луговая + кострец безостый (злаки).
2. Злаки + клевер луговой одноукосный.
3. Злаки + клевер луговой двуукосный.
4. Злаки + клевер гибридный.

На фоне злакового травостоя изучали различные виды клеверов. В состав травостоев были включены традиционные бобовые растения для скашиваемого использования – клевер луговой одноукосного и двуукосного типов и клевер гибридный. В луговых агроценозах исследовали овсяницу луговую сорта Суйдинская, тимopheевку луговую сорта Ленинградская 86, кострец безостый сорта Дракон, клевер луговой одноукосный сорта Седум, двуукосный – сорта Кармин, клевер гибридный сорта Лужанин.

На бобово-злаковых травостоях второго года жизни изучали следующие 4 фактора: скашивание в фазе начала бутонизации, в фазе полной бутонизации – начала цветения, в фазе полного цветения и в фазе начала плодоношения клевера. Исследования проводились на фоне внесения фосфорных и калийных минеральных удобрений в дозах 40 кг и 60 кг действующего вещества на 1 га соответственно. Окультуренность почвы средняя. Химический состав сена был определен согласно ОСТам на основании протоколов испытаний, проведенных в испытательной лаборатории ФГБУ «САС «Новгородская».

Погодные условия годов исследований по влагообеспеченности и температурному режиму были засушливыми. В 2022 и 2024 гг. высокие температуры воздуха сочетались с недостаточным количеством влаги в почве. Гидротермический коэффициент находился на уровне 0,8–0,88 и характеризовал условия роста и развития культур как засушливые. Распределение осадков по месяцам вегетационного периода 2023 г. было неравномерным. В начале лета 2023 г. остро ощущался недостаток влаги. В конце июля количество выпавших осадков перекрыло месячную норму в 1,3 раза. Гидротермический коэффициент в целом за вегетационный период составил 1,12, что указывало на слабо засушливые условия произрастания луговых трав.

**Результаты исследования.** Изучение влияния состава бобово-злаковых травостоев и срока их скашивания на урожайность показало, что во второй год жизни варианты опыта сформировали от 3,5 до 5,6 т сухой массы с 1 га. Наибольшей урожайностью отличился агроценоз с участием клевера лугового двуукосного типа (таблица 1).

Доказано, что на сбор сухой массы с 1 га луговых травостоев существенное влияние оказывает срок их уборки. При уборке в фазе полной бутонизации – начала цветения клевера травостои обеспечили существенную прибавку урожая (около 20%) по сравнению с предыдущей фазой. При последующем переходе к фазам полного цветения и начала

плодоношения прибавка урожая была несущественной, не превысила наименьшую существенную разницу.

Таблица 1. Изменение урожайности бобово-злаковых травостоев по срокам их скашивания, в среднем за 2022–2024 гг.

Table 1. Changes in the yield of legume and cereal herbage by the time of their mowing, on average for 2022–2024

Травостой	Фаза развития клевера	Урожайность, т сухой массы с 1 га	+/- к контролю, т сухой массы с 1 га
Злаки + клевер луговой одноукосный	Начало бутонизации	3,5	–
	Полная бутонизация – начало цветения	4,6	+1,1
	Полное цветение	4,7	+1,2
	Начало плодоношения	4,7	+1,2
НСР <sub>05</sub>		0,6	
Злаки + клевер луговой двуукосный	Начало бутонизации	4,4	–
	Полная бутонизация – начало цветения	5,5	+1,1
	Полное цветение	5,6	+1,2
	Начало плодоношения	5,6	+1,2
НСР <sub>05</sub>		0,5	
Злаки + клевер гибридный	Начало бутонизации	3,0	–
	Полная бутонизация – начало цветения	3,6	+0,6
	Полное цветение	3,7	+0,7
	Начало плодоношения	3,7	+0,7
НСР <sub>05</sub>		0,5	

Срок скашивания бобово-злаковых луговых травостоев и долевое участие бобового компонента оказали значительное влияние на химический состав корма. Содержание клевера в травостоях второго года жизни было наибольшим и изменялось от 38% до 68% от общей массы урожая (рисунок). Наибольшим участием бобового компонента характеризовался агроценоз, включавший в себя клевер луговой двуукосного типа.

Благодаря высокому долевному участию клевера варианты опыта характеризовались высоким содержанием протеина в корме (от 16% до 17% в фазу начала бутонизации) (таблица 2). Содержание сырого протеина является одним из важных показателей питательности корма [11–16]. Усвоению организмом других питательных веществ способствует клетчатка, она необходима в определенных количествах.

Подтверждено, что по мере прохождения растениями фенологических фаз развития содержание протеина в корме из них снижается, а клетчатки – увеличивается. Уборка агрофитоценозов до начала цветения клевера лугового обеспечила получение кормов, относящихся к первому классу. Содержание сырого протеина превысило 14%. Наиболее высокобелковый корм обеспечил травостой с двуукосным клевером луговым. В 1 кг сухого

вещества содержалось до 17% сырого протеина. Содержание клетчатки в данной фазе клевера не превысило 22,9%, что также обусловило получение высококлассного корма.

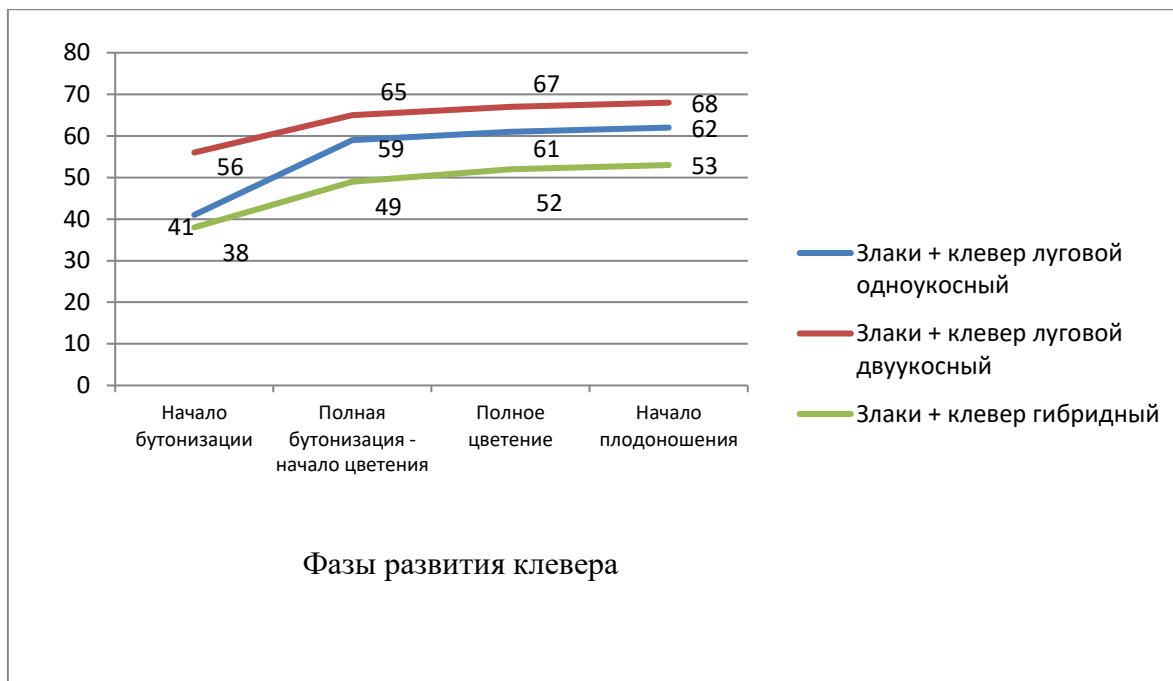


Рисунок. Содержание бобового компонента по фазам развития клевера, %, среднее за 2022–2024 гг.

Рисунок. Content of the bean component by phases of clover development, %, average for 2022–2024

Введение в агрофитоценоз клевера гибридного способствовало получению в фазе начала цветения корма, относящегося по содержанию протеина только ко 2 классу.

При уборке луговых травостоев в фазе полного цветения клевера содержание сырого протеина сократилось на 17–20% по сравнению с предыдущей фазой и изменялось по вариантам опыта от 11,1% до 13% в 1 кг сухого вещества корма. По данному показателю все исследуемые бобово-злаковые травостои обеспечили заготовку корма 2 класса.

Содержание клетчатки увеличилось на 10–18%, но не превысило 24,1%. Поздняя уборка бобово-злаковых травостоев привела к существенному изменению его химического состава. Содержание сырого протеина снизилось на 20–22% по сравнению с предыдущей фазой и не превысило 10%. Содержание клетчатки, наоборот, увеличилось и составило более 33%. То есть по содержанию протеина корм соответствовал второму классу, а по содержанию клетчатки – только третьему.

Содержание сырого жира по фазам развития клевера изменялось от 3,0% до 4,2%, что соответствует зоотехнической норме. Установлено, что растения в более ранних фазах развития содержат больше жира, чем в более поздних. В фазе полного цветения клевера содержание жира сократилось на 24–27% по сравнению с фазой начала бутонизации. В фазе начала плодоношения за счет формирования семян содержание жира увеличилось, но не существенно.

Все безазотистые соединения, кроме жира и сырой клетчатки, входят в безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ). Содержание БЭВ во всех исследуемых вариантах изменялось от 54,4% до 59,5%, то есть удовлетворяло зоотехническим требованиям. Исследованиями подтверждено, что в более поздние фазы развития в клевере БЭВ содержится больше, чем в более ранние. Так, при скашивании бобово-злаковых травостоев в фазе полного цветения клевера содержание БЭВ на 5–6% было больше, чем при уборке в фазе начала бутонизации.

Таблица 2. Изменение химического состав корма по срокам скашивания бобово-злаковых травостоев, среднее за 2022–2024 гг.

Table 2. Change in the chemical composition of the feed by the timing of mowing of legume and cereal stands, average 2022–2024

Травостой	Содержание в 1 кг сухой массы			
	СП, %	СКЛ, %	СЖ, %	БЭВ, %
Начало бутонизации				
Злаки + клевер луговой одноукосный	16,0	16,2	4,1	55,1
Злаки + клевер луговой двуукосный	17,0	17,0	4,2	54,4
Злаки + клевер гибридный	16,1	19,5	4,0	56,3
Полная бутонизация – начало цветения				
Злаки + клевер луговой одноукосный	14,8	20,1	3,5	56,0
Злаки + клевер луговой двуукосный	15,9	21,5	3,7	55,2
Злаки + клевер гибридный	13,5	22,9	3,4	57,3
Полное цветение				
Злаки + клевер луговой одноукосный	11,5	23,1	3,1	58,1
Злаки + клевер луговой двуукосный	13,0	24,7	3,2	57,4
Злаки + клевер гибридный	11,1	24,1	3,0	59,1
Начало плодоношения				
Злаки + клевер луговой одноукосный	9,1	33,5	3,2	59,3
Злаки + клевер луговой двуукосный	9,9	33,7	3,3	58,5
Злаки + клевер гибридный	8,7	34,0	3,2	59,5

**Выводы.** Таким образом, для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных необходимо повысить классность скармливаемых кормов, для чего важно отрегулировать сроки скашивания бобово-злаковых луговых травостоев. В результате их химической оценки по фазам вегетации клевера выяснено, что в сухой массе корма, приготовленного с данных агрофитоценозов, при уборке в фазе начала цветения бобового компонента содержалось достаточное количество питательных веществ для полноценного кормления сельскохозяйственных животных.

Проведенные исследования показали, что запаздывание с уборкой привело к снижению сырого протеина на 20–22% по сравнению с предыдущей фазой; его содержание не превысило 10%. Содержание клетчатки, наоборот, увеличилось и составило более 33%. То есть такое содержание сырого протеина и клетчатки способствует получению корма низкого качества, что не может привести к повышению продуктивности сельскохозяйственных животных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bevz, S.Ya. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Assessment of Grain Crop State / S. Ya. Bevz, A. M. Kozina, T. V. Voblikova // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 108. – P. 09003. – DOI: 10.1051/bioconf/202410809003. – EDN ALWFLV.
2. Современное состояние и условия устойчивого развития сферы молочного скотоводства в России / А. В. Котарев, А. О. Котарева, И. Н. Василенко, Д. В. Шайкин

- // Аграрный вестник Урала. – 2022. – Спецвыпуск «Экономика». – С. 31-41. – DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41. – EDN ZHEFPS.
3. Эффективность кормопроизводства и пути его повышения / Р. А. Раджабов, Ш. Ш. Омариев, Х. Д. Мустафаева [и др.] // Известия Дагестанского ГАУ. – 2024. – № 1 (21). – С. 151–156. – DOI: 10.52671/26867591\_2024\_1\_151. – EDN ННТЕО.
  4. Оборин, М.С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве / М. С. Оборин // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 5 (220). – С. 82–92. – DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92. – EDN MVGSXW.
  5. Bevz, S.Y. The state and direction of development of forage production in the Novgorod region of the North-West of Russia / S. Y. Bevz, E. A. Toshkina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 22 октября 2020 года. – Veliky Novgorod, 2020. – P. 012015. – DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012015.
  6. Abdushaeva, Ya.M. Features of the structure and spread of the root system of wild species of legumes and their reaction to the level of groundwater / Ya. M. Abdushaeva, O. V. Shtro // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 22 октября 2020 года. – Veliky Novgorod, 2020. – P. 012001. – DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012001. – EDN FKOQFQ.
  7. Abdushaeva, Ya. M. Medicago falcata L. Population State and Prospects for Use in North-Western Region / Ya. M. Abdushaeva // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 108. – P. 06007. – DOI: 10.1051/bioconf/202410806007. – EDN ADFTKJ.
  8. Bevz, S.Ya. Cultivation of legume-grain agrocenoses for the purpose of resource saving in forage production / S. Ya. Bevz, E. A. Toshkina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17–18 октября 2019 года. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012034. – DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012034. – EDN ALTFYS.
  9. Абдушаева, Я.М. Эколого-биологическая оценка люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.) в естественных сообществах Новгородской области / Я. М. Абдушаева // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 4 (113). – С. 50–58. – DOI: 10.24412/2713-2641-2022-4113-50-57. – EDNFSBJSF.
  10. Бевз, С.Я. Структура посевных площадей в системе ресурсосберегающего сырьевого конвейера / С. Я. Бевз, Е. А. Тошкина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (69). – С. 122–130. – DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-122-130. – EDN YKFRDX.
  11. Abdushaeva, Ya.M. The problem of vegetable protein and its solutions / Ya. M. Abdushaeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 22 октября 2020 года. – Veliky Novgorod, 2020. – P. 012003. – DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012003. – EDN YZFTPQ.
  12. Гаганов, А.П. К оценке качества объемистых кормов / А. П. Гаганов // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 68–101. – DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-68-101. – EDN ASWMEI.
  13. Фоменко, П.А. Питательная ценность исходного сырья как основа доброкачественного корма / П. А. Фоменко, Е. В. Богатырева // АгроЗооТехника. – 2022. – Т. 5, № 1. – DOI: 10.15838/alt.2022.5.1.4. – EDN EBYJLV.
  14. Demydas, H.I., Galushko, I.V., Butenko, A.O., Karbivska, U.M., Asanishvili, N.M. 2021 Fodder productivity of different meadow clover varieties depending on the elements of growing technology. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 51(03), 1801–1811. <https://www.shin-norinco.com/volume/AMA/51/03/fodder-productivity-of-different-meadow-clover-varieties-depending-on-the-elements-of-growing-technology-612e77db8cd72.pdf> (in Ukrainian).
  15. Karbivska, U.M., Kurgakm, V.G., Kaminskyi, V.F., Butenko, A.O., Davydenko, G.A., Viunenko, O.B., Vyhaniailo, S.M., Khomenko, S.V. 2020 Economic and Energy Efficiency

- of Forming and Using Le-gume-Cereal Grass Stands Depending on Fertiliz-ers. Ukrainian Journal of Ecology, 10 (2), 284–288. DOI: 10.15421/2020\_98 (in Ukrainian).
16. Demydas, H.I., Galushko, I.V., Butenko, A.O., Karbivska, U.M., Asanishvili, N.M. 2021 Fodder productivity of different meadow clover varieties depending on the elements of growing technology. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 51(03), 1801–1811. [https:// www.shin-norinco.com/volume/AMA/51/03/ fodder-productivity-of-different-meadow-clover-varieties-depending-on-the-elements-of-growing-technology-612e77db8cd72.pdf](https://www.shin-norinco.com/volume/AMA/51/03/fodder-productivity-of-different-meadow-clover-varieties-depending-on-the-elements-of-growing-technology-612e77db8cd72.pdf) (in Ukrainian).

## REFERENCES

1. Bevz, S.Ya. Kozina, A.M., Voblikova, T.V (2024), «Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Assessment of Grain Crop State», *BIO Web of Conferences*, vol. 108, p. 09003, DOI 10.1051/bioconf/202410809003, EDN ALWFVL. (In Russ.).
2. Kotarev, A.V., Kotareva, A.O. Vasilenko, I.N., Shaikin, D.V. (2022), ‘The current state and conditions of sustainable development of dairy cattle breeding in Russia’, *Agrarian Bulletin of the Urals*, no. S13, pp. 31–41, DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41, EDN ZHEFPS. (In Russ.).
3. Rajabov, R.A., Omariev Sh. Sh. and Mustafaeva H. D. (2024), «The effectiveness of feed production and ways to improve it», *Izvestiya Dagestanskogo GAU*, no. 1 (21), pp. 151–156, DOI: 10.52671/26867591\_2024\_1\_151, EDN HHTIEO. (In Russ.).
4. Oborin, M.S. (2022), «Digital innovative technologies in agriculture», *Agrarian Bulletin of the Urals*, no 5 (220), pp. 82–92, DOI 10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92, EDN MVGSXW. (In Russ.).
5. Bevz, S.Y., Toshkina, E.A. (2020), «The state and direction of development of forage production in the Novgorod region of the North-West of Russia», *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 IOP Conf., Ser.: Earth Environ, Sci.* 613 012015, DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012015. (In Russ.).
6. Abdushaeva, Ya.M., Shtro, O.V (2020), «Features of the structure and spread of the root system of wild species of legumes and their reaction to the level of groundwater», *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, p. 012001, DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012001, EDN FKOQFQ. (In Russ.).
7. Abdushaeva, Ya.M. (2024), “Medicago falcata L. Population State and Prospects for Use in North-Western Region”, *BIO Web of Conferences*, vol. 108, p. 06007, DOI: 10.1051/bioconf/202410806007, EDN ADFTKJ. (In Russ.).
8. Bevz, S.Ya., Toshkina, E.A. (2020), «Cultivation of legume-grain agrocenoses for the purpose of resource saving in forage production», *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming.*, vol. 422, p. 012034, DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012034, EDN ALTFYS. (In Russ.).
9. Abdushaeva, Ya.M. (2022), “Ecological and biological assessment of sickle alfalfa (*Medicago falcata* L ) in natural communities of the Novgorod region”, *Agroecoengineering*, no 4 (113), pp. 50–58, DOI: 10.24412/2713-2641-2022-4113-50-57, EDNFSBJSF. (In Russ.).
10. Bevz, S.Ya., Toshkina, E.A. (2022), “The structure of acreage in the system of resource-saving raw material conveyor”, *Proceedings of the Saint-Petersburg State Agrarian University*, no 4 (69), pp. 122–130, DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-122-130, EDN YKFRDX. (In Russ.).
11. Abdushaeva, Ya.M. (2020), «The problem of vegetable protein and its solutions», *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, p. 012003, DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012003, EDN YZFTPQ. (In Russ.).
12. Gaganov, A.P. (2020), “To assess the quality of bulky feeds”, *Adaptive feed production*, no. 2, pp. 68–101, DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-68-101, EDN ASWMEI. (In Russ.).

13. Fomenko, P.A., Bogatyreva E.V., (2022), “The nutritional value of raw materials as the basis of a good-quality feed”, A. Fomenko, *Agrozootechnika*, vol. 5, no. 1, DOI: 10.15838/alt.2022.5.1.4, EDN EBYJLV. (In Russ.).
14. Demydas, H.I., Galushko, I.V., Butenko, A.O., Karbivska, U.M., Asanishvili, N.M. 2021 Fodder productivity of different meadow clover varieties depending on the elements of growing technology. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 51(03), 1801–1811. <https://www.shin-norinco.com/volume/AMA/51/03/fodder-productivity-of-different-meadow-clover-varieties-depending-on-the-elements-of-growing-technology-612e77db8cd72.pdf> (in Ukrainian).
15. Karbivska, U.M., Kurgakm, V.G., Kaminskyi, V.F., Butenko, A.O., Davydenko, G.A., Viunenko, O.B., Vyhaniailo, S.M., Khomenko, S.V. 2020 Economic and Energy Efficiency of Forming and Using Le-gume-Cereal Grass Stands Depending on Fertilizers. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (2), 284–288, DOI: 10.15421/2020\_98 (in Ukrainian).
16. Demydas, H.I., Galushko, I.V., Butenko, A.O., Karbivska, U.M., Asanishvili, N.M. 2021 Fodder productivity of different meadow clover varieties depending on the elements of growing technology. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 51(03), 1801–1811. <https://www.shin-norinco.com/volume/AMA/51/03/fodder-productivity-of-different-meadow-clover-varieties-depending-on-the-elements-of-growing-technology-612e77db8cd72.pdf> (in Ukrainian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Светлана Яковлевна Бевз**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-3528-1055>, SPIN-код: 2655-5728, Scopus author ID: 57214684860, Researcher ID: AAL-8039-2021; e-mail: Svetlana.Bevz@novsu.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Svetlana Ya. Bevz**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Production and processing of agricultural products IBHI, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslav the Wise Novgorod State University", Veliky Novgorod, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-3528-1055>, SPIN-code: 2655-5728, Scopus author ID: 57214684860, Researcher ID: AAL-8039-2021; e-mail: Svetlana.Bevz@novsu.ru.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов	The author declares no conflicts of interests
--	---

Поступила в редакцию / Received 14.10.2024  
 Поступила после рецензирования / Revised 27.11.2024  
 Принята к публикации / Accepted 29.11.2024






Научная статья/Original article

УДК 631.416.8

Код ВАК 4.1.3

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-18-28

## НАКОПЛЕНИЕ МЕДИ И МАРГАНЦА РАСТОРОПШЕЙ ПЯТНИСТОЙ И ПАЖИТНИКОМ СЕННЫМ ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ДОЗЫ ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ

М.А. Ефремова , А.С. Пинаева  , У.И. Панькова   
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
 pinaeva95@inbox.ru

**Реферат.** В настоящей работе изучено накопление пажитником сены (*Trigonella foenum-graecum* L.) и расторопшей пятнистой (*Silybum marianum* L.) меди и марганца из слабокислой среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы при увеличении дозы фосфорного удобрения в условиях вегетационного опыта. Схема опыта включала изменение дозы фосфоритной муки на фоне внесения аммиачной селитры и сульфата калия в почву. Эксперимент был поставлен в соответствии с общепринятыми агрохимическими методиками. Увеличение дозы фосфорного удобрения не привело к повышению урожайности лекарственных растений, более того, биомасса расторопши существенно снижалась при возрастании дозы удобрения. Причина этого явления – химический стресс растений, связанный с избыточным количеством в почве марганца. Содержание Mn в дерново-подзолистой почве превышало установленные значения ПДК в 3 раза, его содержание в почве возрастало при увеличении дозы фосфоритной муки. Содержание марганца в пажитнике сеном находилось на уровне критической минимальной концентрации этого элемента в зрелых листьях растений. Содержание этого металла в расторопше и его коэффициенты накопления были в 2 раза больше, чем в пажитнике. По-видимому, пажитник сеной является более устойчивой к химическому стрессу культурой, чем расторопша пятнистая, при произрастании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. При общем дефиците меди в лекарственных растениях концентрация этого металла в пажитнике тесно коррелировала с его содержанием в почве. В вариантах с расторопшей эта связь не отмечена.

**Ключевые слова:** дерново-подзолистая почва, пажитник сеной, расторопша пятнистая, медь, марганец, химический стресс

**Для цитирования:** Ефремова М.А., Пинаева А.С., Панькова У.И. Накопление меди и марганца расторопшей пятнистой и пажитником сены из дерново-подзолистой почвы при увеличении дозы фосфорного удобрения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 18–28. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-18-28.

## COPPER AND MANGANESE ACCUMULATION BY MILK THISTLE AND COMMON FENUGREEK FROM SOD-PODZOLIC SOIL WITH INCREASING DOSE OF PHOSPHATE FERTILISER

M.A. Efremova , A.S. Pinaeva ✉, U.I. Pankova <sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University

✉ pinaeva95@inbox.ru

**Abstract.** In the present work, the accumulation of copper and manganese from weakly acid medium loamy sod-podzolic soil by common fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and milk thistle (*Silybum marianum* L.) was studied under increasing dosage of phosphorus fertiliser in the conditions of vegetation experiment. The experiment scheme included changes in the dose of phosphate meal against the background of ammonium nitrate and potassium sulfate application to the soil. The experiment was set in accordance with generally accepted agrochemical methods. Increasing the dose of phosphorus fertiliser did not lead to an increase in the yield of medicinal plants, moreover, thistle biomass significantly decreased with increasing fertiliser dose. The reason for this phenomenon is the chemical stress of plants associated with an excessive amount of manganese in the soil. Mn content in sod-podzolic soil exceeded the established MPC values 3 times, its content in soil increased with increasing dosage of phosphorite meal. Manganese content in common fenugreek was at the level of critical minimum concentration of this element in mature leaves of plants. Apparently, common fenugreek is more resistant to chemical stress than milk thistle when growing on sod-podzolic medium loamy soil. With a general deficiency of copper in medicinal plants, the concentration of this metal in fenugreek closely correlated with its content in the soil. In variants with thistle, this relationship was not observed.

**Keywords:** sod-podzolic soil, common fenugreek, milk thistle, copper, manganese, chemical stress

**For citation:** Efremova M.A., Pinaeva A.S., Pankova U.I. (2024), “Copper and manganese accumulation by milk thistle and common fenugreek from sod-podzolic soil with increasing dose of phosphate fertilizer”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 4, no 78, pp. 18–28. (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-18-28.

**Введение.** В современной агрономии большое внимание уделяется выращиванию лекарственных растений [1–3]. Разработка методов их выращивания способствует предотвращению полного уничтожения популяций лекарственных растений в местах их естественного произрастания.

Широко известны лекарственные свойства расторопши пятнистой (*Silybum marianum* L.) семейства Астровые (*Asteraceae*). Препараты, приготовленные на её основе, обладают антиоксидантным, противовоспалительным, противоаллергическим и другими эффектами. Возделывают расторопшу пятнистую в основном для получения плодов, но лечебными свойствами обладают все её части. В земледелии Российской Федерации расторопша пятнистая используется недавно, поэтому общей технологии выращивания культуры пока не выработано, однако значительное количество исследований показывают высокую адаптивность культуры к агроклиматическим условиям различных природных зон, а также зависимость урожайности расторопши и качества её продукции от дозы минеральных и органических удобрений [4–7]. В научных работах акцентируется необходимость использования микроэлементов при выращивании лекарственной культуры [2]. Наиболее ценными биологически активными веществами в составе расторопши являются флаволигнаны (силимарин), витамины А, В, D, Е, F, К и ряд других органических веществ [8–10].

С целью получения семян расторопши пятнистую можно выращивать в районах, где безморозный период составляет не менее 150 суток. В Ленинградской области на этот период приходится от 90 до 125 дней. Значительной холодостойкостью обладает другое лекарственное растение, которое больше известно в земледелии как пряно-ароматическая культура, – пажитник сенной (*Trigonella foenum-graecum L.*), представитель семейства Бобовые (*Fabáceae*, или *Leguminósae*). В Нечерноземной зоне России пажитник выращивается повсеместно, хотя в природе произрастает на Кавказе, в горных районах Турции, Ирака, Ирана и Средней Азии. Период его вегетации – 100–108 суток. В кулинарии для изготовления пряности заготавливают семена и верхушки соцветий пажитника сенного.

Пажитник сенной, в отличие от расторопши пятнистой, не входит в Государственную фармакопею Российской Федерации, и официальной медициной не используется. Однако он представлен в фармакопее и традиционной медицине других стран (китайской, индийской, западноевропейской) [11–13]. Как лекарственное растение пажитник обладает широким спектром действия: оказывает общеукрепляющее, противовоспалительное, спазмолитическое действие, обладает антисклеротическим эффектом.

Повышение содержания биологически активных веществ в лекарственных растениях является главной целью их возделывания в агробиоценозе, однако для получения высокого урожая лекарственных трав необходима адаптированная к их физиологическим потребностям технология выращивания [1, 4, 14]. Биохимический состав растений зависит не только от их генетических свойств, но и от достаточного и сбалансированного поступления необходимых для жизнедеятельности макро- и микроэлементов питания, и от свойств почвы и природно-климатических условий, к которым вынуждена приспосабливаться лекарственная культура в выделенном ей человеком местообитании.

Химический состав пажитника сенного достаточно подробно изучен. Известно, что в 100 г этого растения содержится 186% железа, 56% меди и 61% марганца от суточной их нормы в рационе человека [11]. Плоды расторопши пятнистой также характеризуются высоким содержанием микроэлементов [4, 8]. Очевидно, что при обеспечении сбалансированного минерального питания расторопши и пажитника в искусственных условиях произрастания необходимо следить за величиной пула микроэлементов в почве и их доступностью для растений.

**Целью исследований** явилось изучение накопления пажитником санным (*Trigonella foenum-graecum L.*) и расторопшей пятнистой (*Silybum marianum L.*) меди и марганца из дерново-подзолистой почвы при увеличении дозы фосфорного удобрения.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Пажитник и расторопша выращивались в пластиковых сосудах, вмещающих 5 кг почвы, в вегетационном домике. Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва характеризовалась невысоким содержанием органического вещества ( $C_{орг} = 1,38\%$ ), слабокислой реакцией среды ( $pH_{KCl} 5,4$ ), высокой степенью насыщенности почв основаниями (91%), повышенным содержанием подвижных форм калия (150 мг  $K_2O$ /кг почвы) и фосфора (150 мг  $P_2O_5$ /кг почвы). Содержание меди и марганца в почве до внесения удобрений составляло 10,5 мг/кг, 5494,5 мг/кг, соответственно.

Схема опыта включала 7 вариантов: 1) контроль; 2)  $N_{0,15}K_{0,10}$  – фон; 3) фон +  $P_{0,025}$ ; 4) фон +  $P_{0,05}$ ; 5) фон +  $P_{0,10}$ ; 6) фон +  $P_{0,125}$ ; 7) фон +  $P_{0,15}$  (дозы удобрений приведены в граммах действующего вещества на 1 кг почвы). Таким образом, доза фосфора по вариантам увеличивалась в 6 раз, при этом её максимальное значение, а также дозы азотного и калийного удобрений оставались на уровне величины, рекомендованной для внесения под зерновые культуры в вегетационном опыте [15]. Опыт был поставлен в трехкратной повторности. Используемые удобрения: аммиачная селитра (33% N), сульфат калия (50%  $K_2O$ ), фосфоритная мука (30%  $P_2O_5$ ). Применение фосфоритной муки стало возможным в связи со слабокислой реакцией почвы. Аммиачная селитра содержала в своем составе медь (0,15%) и марганец (0,16%), в связи с этим микроэлементы были внесены в почву всех сосудов одновременно с макроудобрениями при подготовке опыта к посеву лекарственных трав. Посев

трав проводился непророщенными семенами по 30 штук в каждый вегетационный сосуд. После того как растения достигли высоты 5–8 см провели прореживание посевов, оставив в сосудах по 20 растений. Пажитник и расторопшу выращивали в вегетационном домике в течение 2 месяцев, в этот период полив растений проводился до 70% от полной полевой влагоемкости почвы. Травы были убраны до начала репродуктивной фазы развития.

После высушивания растений было определено содержание в них микроэлементов (меди и марганца), содержание в почве кислоторастворимых форм этих элементов, а также подвижного фосфора.

Агрохимические показатели почв определялись по методикам ГОСТ. При анализе содержания подвижной формы фосфора в почве использовали метод Труога-Мейера. Для определения содержания кислоторастворимых форм меди и марганца в почве металлы экстрагировались из почвы 5 М азотной кислотой (соотношение почва-кислота – 1:4) при трехчасовом кипячении. Для подготовки растений к химическому анализу использовали метод мокрого озоления, сжигания растительного материала в смеси концентрированных кислот (соотношение азотной и хлорной кислот 5:1). Содержание микроэлементов в почве и растениях определялось атомно-абсорбционным методом. Статистическая обработка результатов эксперимента проводилась методами дисперсионного и корреляционного анализов.

**Результаты исследования.** Применение фосфоритной муки привело к возрастанию содержания подвижного фосфора в почве под пажитником и расторопшей (рисунок 1), что указывает на растворимость фосфоритной муки в слабокислой дерново-подзолистой почве. Доза удобрения и концентрация подвижного фосфора связаны прямолинейной регрессионной зависимостью с высокими коэффициентами корреляции: 0,923 (пажитник); 0,865 (расторопша).

В этих условиях пажитник сеной не проявил чувствительности к увеличению дозы фосфоритной муки в дерново-подзолистой почве (рисунок 2). Статистическая обработка показала отсутствие существенных различий по массе этой культуры в разных вариантах опыта ( $HCp_{05} = 2,72$  г/сосуд).

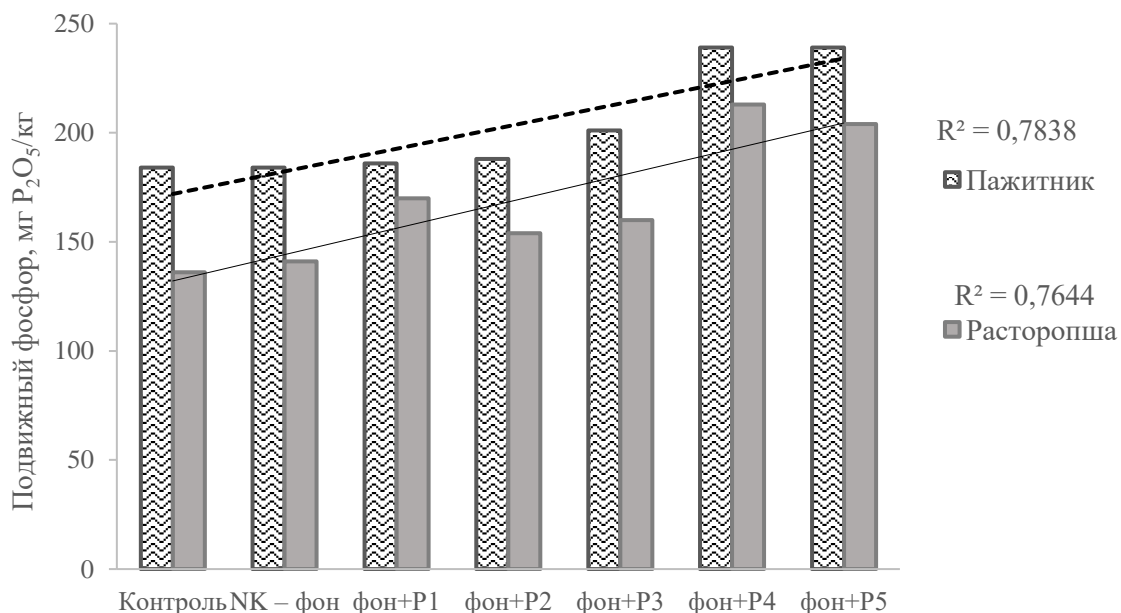


Рисунок 1. Зависимость содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве от дозы фосфорного удобрения

Figure 1. Dependence of mobile phosphorus content in sod-podzolic soil on the dose of phosphorus fertiliser

Масса расторопши достоверно возросла при внесении аммиачной селитры и сульфата калия по отношению к контролю ( $НСР_{05} = 3,51$  г/сосуд). На рисунке 2 заметно снижение массы этого растения при увеличении дозы фосфоритной муки. Статистическая обработка подтвердила существенное уменьшение массы расторопши при увеличении содержания фосфора в почве по отношению к фоновому варианту (НК – фон). Несмотря на угнетающее действие фосфоритной муки, масса расторопши оставалась выше, чем в контрольном варианте, где минеральные удобрения не применялись.

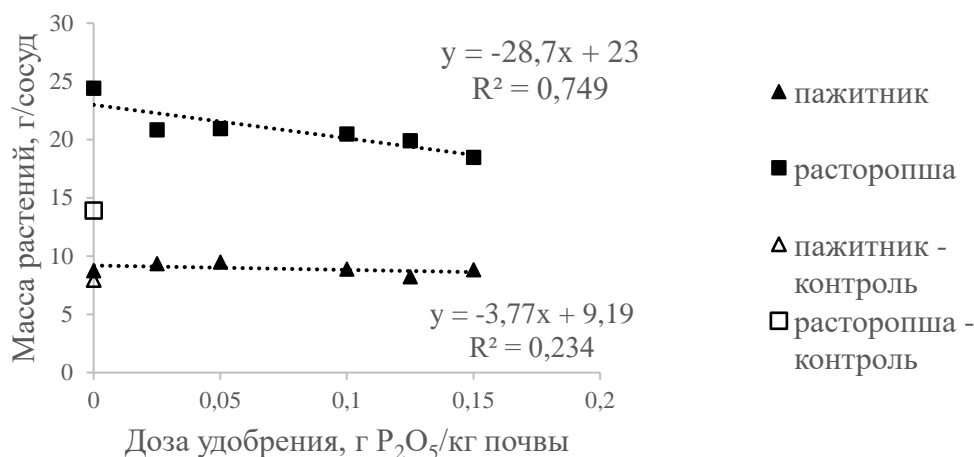


Рисунок. 2. Зависимость воздушно-сухой массы растений от дозы фосфорного удобрения  
Figure 2. Dependence of the air-dry mass of plants on the dose of phosphorus fertilizer

Внесение меди и марганца в почву в составе аммиачной селитры практически не изменило содержание кислоторастворимой формы этих элементов в почве по отношению к контрольному варианту (таблицы 1, 2), т. е. аммиачная селитра не оказала влияния на потенциальные запасы микроэлементов в дерново-подзолистой почве.

Следует отметить, что содержание марганца в почве всех вариантов опыта было более чем в три раза выше установленной предельно допустимой концентрации элемента (ГН 2.1.72041-06). Концентрация марганца в почве возрастала при увеличении дозы фосфоритной муки, что указывает на значительное содержание этой примеси в удобрении.

Концентрация меди в почве была значительно ниже ориентировочно допустимого содержания этого химического элемента (ГН 2.1.7.2511-09) и не зависела от дозы фосфорного удобрения.

Таблица 1. Содержание Cu в дерново-подзолистой почве и лекарственных растениях  
Table 1. Cu content in sod-podzolic soil and medicinal plant

Варианты	Почва, мг/кг		Растения, мг/кг		КН	
	Пажитник	Расторопша	Пажитник	Расторопша	Пажитник	Расторопша
Контроль	9,4	11,6	2,87	2,54	0,30	0,22
НК-фон	10,7	12,3	2,87	4,78	0,27	0,39
НК+P <sub>1</sub>	10,5	13,0	2,55	5,01	0,24	0,38
НК+P <sub>2</sub>	9,0	11,1	2,82	4,38	0,31	0,39
НК+P <sub>3</sub>	10,6	9,2	2,51	3,42	0,24	0,37

Продолжение таблицы 1

NK+P <sub>4</sub>	8,3	9,2	2,59	3,67	0,31	0,40
NK+P <sub>5</sub>	13,1	9,0	5,39	6,49	0,41	0,72
X <sub>ср</sub> ±σ*	10,2±1,6	10,8±1,6	3,09±1,03	4,33±1,28	0,30±0,06	0,41±0,15

\*X<sub>ср</sub> ± σ\* – среднее значение ± стандартное отклонение.

Таблица 2. Содержание Mn в дерново-подзолистой почве и лекарственных растениях  
Table 2. Mn content in sod-podzolic soil and medicinal plant

Варианты	Почва, мг/кг		Растения, мг/кг		КН*, n·10 <sup>-3</sup>	
	пажитник	расторопша	пажитник	расторопша	пажитник	расторопша
Контроль	5116	5873	12,7	30,5	2,2	6,0
NK-фон	4691	4691	13,3	29,4	2,8	6,3
NK+P <sub>1</sub>	4796	4796	8,3	25,6	1,7	5,3
NK+P <sub>2</sub>	4962	4962	19,1	19,9	3,9	4,0
NK+P <sub>3</sub>	5828	5828	14,1	26,8	2,4	4,6
NK+P <sub>4</sub>	5532	5532	-	27,9	-	5,1
NK+P <sub>5</sub>	6018	6018	12,6	27,8	2,1	4,6
X <sub>ср</sub> ±σ*	5278±519	5386±557	13,4±3,5	26,8±3,5	2,2±0,8	5,1±0,8

\*КН – коэффициент накопления элемента в растениях.

Между содержанием меди в пажитнике и расторопше достоверные различия не найдены. Средние по вариантам концентрации меди в растениях сопоставимы и близки к критическому уровню дефицита этого элемента в вегетативных частях растений [16]. При недостатке меди снижается активность ферментов, участвующих в процессах фотосинтеза и дыхания. У растений семейства Бобовые подавляется фиксация азота. Можно было бы предположить, что низкое содержание меди в растениях является тем фактором, который, находясь в минимуме, ограничивал увеличение массы зеленых частей растений, однако сколько-нибудь значимой корреляционной связи между массой растений и содержанием Cu в растениях пажитника и расторопши не обнаружено. Коэффициенты корреляции равны 0,258 и 0,083 соответственно.

В вариантах с внесением минеральных удобрений содержание Cu в вегетативной массе пажитника и расторопши находилось на уровне контроля, кроме последнего варианта с максимальной дозой фосфоритной муки, где содержание меди в пажитнике существенно увеличилось (таблица 1). В целом корреляционная связь между дозой фосфорного удобрения и концентрацией меди в пажитнике и расторопше несущественная (таблица 3).

Концентрация этого микроэлемента в пажитнике прямолинейно зависела от его содержания в почве, причем корреляционная связь существенна на уровне вероятности 0,95 при n = 5 [17]. Таким образом, можно отметить высокую чувствительность пажитника к содержанию в почве меди в условиях её недостаточного содержания в растительных тканях и среднего содержания в почве. Концентрация микроэлемента в расторопше не зависела от его содержания в почве. Место происхождения расторопши пятнистой – Средиземноморье [9], то есть в естественных условиях расторопша пятнистая произрастает на коричневых почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, которая ограничивает подвижность многих металлов (в том числе меди) в системе почва-растение. По-видимому, расторопша генетически приспособлена к невысокому эффективному запасу меди в почве.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между содержанием микроэлементов в растениях и показателями системы почва-растение  
Table 3. Correlation coefficients between the content of microelements in plants and indicators of the soil-plant system

Варианты	Пажитник	Рапоропша
Cu		
Масса растений	0,016	0,404
Доза фосфорного удобрения*	0,553	0,114
Подвижный фосфор в почве	0,562	0,443
Содержание микроэлемента в почве	0,792	-0,049
Mn		
Масса растений	0,193	-0,308
Доза фосфорного удобрения*	0,088	0,169
Подвижный фосфор в почве	-0,042	-0,015
Содержание микроэлемента в почве	0,011	0,153

\* коэффициент корреляции в этом случае рассчитан без учета контрольного варианта.

Согласно литературным данным [16], критическая минимальная концентрация марганца в зрелых листьях варьирует от 10 до 20 мг/кг сухой массы листьев. Содержание марганца в вегетативной массе пажитника, произрастающего на почве, обогащенной этим металлом, составило в среднем  $13,4 \pm 3,5$  мг/кг, что соответствует диапазону критического минимума и демонстрирует высокую устойчивость растения к загрязнению почвы этим химическим элементом.

Среднее по опыту значение концентрации марганца в рапоропше было в 2 раза выше, чем в пажитнике (таблица 2) и несколько выше критического минимума. Согласно литературным данным [18], содержание Mn в семенах рапоропши, произрастающей в Астраханской области, составляло 6,3 мг/кг. В вегетативной массе рапоропши, выращенной в условиях нашего эксперимента, оно было в 4 раза больше, что позволяет предположить влияние загрязнения дерново-подзолистой почвы марганцем на состояние растений. Упомянутое выше снижение биомассы рапоропши при применении фосфоритной муки может быть откликом растения на возрастающую токсичность почвы в связи с увеличением содержания в ней марганца.

Таким образом, пажитник сенной и рапоропша пятнистая росли на дерново-подзолистой почве в стрессовых условиях химического загрязнения.

Коэффициенты накопления (КН) марганца в растениях, рассчитанные как отношение содержания элемента в сухой массе растений к его содержанию в почве (кислоторастворимая форма), были значительно ниже, чем КН меди: в опыте с пажитником – в 136 раз, в опыте с рапоропшей – в 80 раз.

Сравнительный анализ показал отсутствие существенных различий между рапоропшей и пажитником по величине коэффициента накопления Cu. Коэффициенты накопления Mn в вегетативной массе пажитника сенного в среднем были в 2 раза ниже, чем в рапоропше пятнистой, т. е. пажитник сенной показал большую резистентность к химическому загрязнению почвы.

**Выводы.** Пажитник сенной и рапоропша пятнистая произрастали в условиях химического стресса: содержание марганца в дерново-подзолистой почве превышало установленные значения ПДК в 3 раза. Установлено, что применяемая в опыте фосфоритная

мука также содержала марганец в качестве примеси. В сложившейся обстановке увеличение дозы фосфорного удобрения не привело к повышению урожайности лекарственных растений, более того, биомасса расторопши существенно снижалась при возрастании дозы удобрения.

Содержание марганца в пажитнике сеном находилось на уровне критической минимальной концентрации этого элемента в зрелых листьях растений. Содержание марганца в расторопше и его коэффициенты накопления были в 2 раза больше, чем в пажитнике. Принимая во внимание все обстоятельства, можно утверждать, что пажитник сеной при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве является более устойчивой культурой к химическому стрессу, чем расторопша пятнистая.

При общем дефиците меди в лекарственных растениях концентрация этого металла в пажитнике тесно коррелировала с его содержанием в почве, в вариантах с расторопшей эта связь не отмечена.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедов, Э.Т. Технология выращивания лекарственных растений в специализированном лесном хозяйстве // *Life Sciences and Agriculture*. – 2020. – № 3–2. – С. 1–6. – DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10125.
2. Сетин, В.Н. Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность расторопши пятнистой в условиях Среднего Поволжья / В. Н. Сетин, А. Н. Загорянский, Е. Х. Нечаева // *Высокие технологии и инновации в науке*. – 2020. – С. 81–85.
3. Тимошкин, О.А. Интродукция расторопши пятнистой (*Silybum marianum*) в условиях Средневолжского Региона / О. А. Тимошкин, Т. Я. Прахова // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2023. – № 3. – С. 261–264. – DOI: 10.55186/25876740\_2023\_66\_3\_261.
4. Кшникаткин, С.А. Экологически безопасная технология возделывания расторопши пятнистой / С. А. Кшникаткин, П. Г. Аленин, И. А. Воронова и др. // *Нива Поволжья*. – 2021. – № 3 (60). – С. 60–66.
5. Николайченко, Н.В. Влияние режима питания, стимуляторов роста и средств защиты на продуктивность расторопши пятнистой в степной зоне Поволжья / Н. В. Николайченко, Н. И. Стрижков, С. Н. Стрижков и др. // *Аграрный научный журнал*. – 2023. – № 5. – С. 24–32. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp24-32>.
6. Geneva, M. Effect of soil fertilizer, foliar fertilizer, and growth regulator application on milk thistle development, seed yield, and silymarin content / M. Geneva, G. Zehirov, I. Stancheva [et al.] // *Communications in soil science and plant analysis*. – 2007. – Vol. 39, no. 1–2. – С. 17–24. – DOI: 10.1080/00103620701758873.
7. Georgiev, G. Regulation of milk thistle (*Silybum marianum* L.) growth, seed yield and silymarin content with fertilization and thidiazuron application / G. Georgiev // *European Journal of Plant Science and Biotechnology*. – 2008. – Vol. 2, no. 1. – Pp. 94–98.
8. Балаева, Ш.А. Определение водорастворимых витаминов в плодах расторопши пятнистой, произрастающей в естественных условиях в Республике Дагестан / Ш. А. Балаева, А. Ш. Рамазанов // *Химия растительного сырья*. – 2023. – № 3. – С. 229–236. – DOI: 10.14258/jcprm.20230311868.
9. Habán, M. Production and quality of Milk thistle (*Silybum marianum*/L./P. Gaertn.) cultivated in cultural conditions of warm agri-climatic microregion / M. Habán, P. Отепка // *Research Journal of Agricultural Science*. – 2007. – Vol. 39, no. 1. – Pp. 89–92.
10. Papadimou, S.G. Dual role of the hyperaccumulator *Silybum marianum* (L.) Gaertn. in circular economy: Production of silymarin, a valuable secondary metabolite, and remediation of heavy metal contaminated soils / S. G. Papadimou, E. E. Golia, N. Barbayiannis [et al.] // *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. – 2024. – Vol. 38. – P. 101. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101454>.

11. Куш, Т.А. Биологические особенности и химический состав пажитника сенного (*Trigonella foenum-graecum*) / Т. А. Куш, З. М. Хасанова, Л. А. Хасанова // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2019. – № 1 (49). – С. 48–52.
12. Syed, Q.A. Nutritional and therapeutic properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): a review / Q. A. Syed, Z. Rashid, M. H. Ahmad [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2020. – Vol. 23, no. 1. – Pp. 1777–1779. – DOI: 10.1080/10942912.2020.1825482.
13. Visuvanathan, T. Revisiting *Trigonella foenum-graecum* L.: pharmacology and therapeutic potentialities / T. Visuvanathan, L. T. L. Than, J. Stanslas [et al.] // Plants. – 2022. – Vol. 11, no. 11. – P. 1450. – DOI: 10.3390/plants11111450.
14. Босак, В.Н. Влияние минеральных удобрений на накопление нитратов и урожайность пряно-ароматических и зеленых культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Овощеводство. – 2022. – Т. 27. – С. 18–24.
15. Царенко, В.П. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии. – СПб.: Лань, 2023. – 192 с.
16. Битюцкий, Н.П. Минеральное питание растений. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2014. – 540 с.
17. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд. стереотип. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
18. Рыбашлыкова, Л.П. Макро-и микроэлементы в лекарственных растениях, культивируемых в Астраханской области / Л. П. Рыбашлыкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2017. – Т. 20, № 5. – С. 33–35.

## REFERENCES

1. Ahmedov, E.T. (2020), 'Technology of growing medicinal plants in specialized forestry', *Life Sciences and Agriculture*, no. 3–2, pp. 1–6. (In Russ.). DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10125.
2. Setin, V.N., Zagoryanskij, A.N., Nechaeva, E.H. (2020), 'The influence of growth regulators and microfertilizers on the yield of milk thistle in the conditions of the Middle Volga region', *Vysokie tekhnologii i innovacii v nauke*, pp. 81–85. (In Russ.).
3. Timoshkin, O.A., Prahova, T.Ya. (2023), 'Introduction of milk thistle (*Silybum marianum*) in the conditions of the Middle Volga Region', *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*, no 3, pp. 261–264. (In Russ.). DOI: 10.55186/25876740\_2023\_66\_3\_261.
4. Kshnikatkin, S.A., Alenin, P.G., Voronova, I.A. (2021), 'Environmentally friendly technology for cultivating milk thistle', *Niva Povolzh'ya*, no. 3 (60), pp. 60–66. (In Russ.).
5. Nikolajchenko, N.V., Strizhkov, N.I., Strizhkov, S.N. (2023), 'The influence of nutrition, growth stimulants and protective agents on the productivity of milk thistle in the steppe zone of the Volga region', *Agrarnyj nauchnyj zhurnal* no. 5, pp. 24–32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp24-32>.
6. Geneva, M., Zehirov, G., Stancheva, I. (2007), 'Effect of soil fertilizer, foliar fertilizer, and growth regulator application on milk thistle development, seed yield, and silymarin content', *Communications in soil science and plant analysis*, vol. 39, no. 1–2, pp. 17–24. DOI: 10.1080/00103620701758873.
7. Georgiev, G. (2008), 'Regulation of milk thistle (*Silybum marianum* L.) growth, seed yield and silymarin content with fertilization and thidiazuron application', *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, vol. 2, no. 1, pp. 94–98.
8. Balaeva, Sh.A., Ramazanov, Sh.A. (2023), 'Determination of water-soluble vitamins in the fruits of milk thistle growing naturally in the Republic of Dagestan', *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, no. 3, pp. 229–236. (In Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230311868.

9. Habán, M., Otepka, R. (2007), 'Production and quality of Milk thistle (*Silybum marianum*/L./P. Gaertn.) cultivated in cultural conditions of warm agri-climatic microregion', *Research Journal of Agricultural Science*, vol. 39, no. 1, pp. 89–92.
10. Papadimou, S.G., Golia, E.E., Barbayiannis, N. (2024), 'Dual role of the hyperaccumulator *Silybum marianum* (L.) Gaertn. in circular economy: Production of silymarin, a valuable secondary metabolite, and remediation of heavy metal contaminated soils', *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 38, pp. 101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101454>.
11. Kushch, T.A., Hasanova, Z.M., Hasanova, L.A. (2019), 'Biological features and chemical composition of fenugreek (*Trigonella foenum-graegum*l.)', *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. M. Akmully*, no. 1 (49), pp. 48–52. (In Russ.).
12. Syed, Q.A. Rashid Z., Ahmad M.H. (2020), 'Nutritional and therapeutic properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): a review', *International Journal of Food Properties*, vol. 23, no. 1, pp. 1777–1791. DOI: 10.1080/10942912.2020.1825482.
13. Visuvanathan, T., Than, L.T.L., Stanslas, J. (2022), 'Revisiting *Trigonella foenum-graecum* L.: pharmacology and therapeutic potentialities', *Plants*, vol. 11, no. 11, p. 1450. DOI: 10.3390/plants11111450.
14. Bosak, V.N., Sachivko, T.V., Akulich, M.P. (2022), 'The influence of mineral fertilizers on the accumulation of nitrates and the yield of aromatic and green crops', *Ovoshchevodstvo*, no 27, pp. 18–24. (In Russ.).
15. Tsarenko, V.P. (2023), 'Field and vegetation research in agrochemistry and phytophysiology', St.-Petersburg: Lan, 192 p.
16. Bityuckij, N.P.(2014), 'Mineral nutrition of plants', St.-Petersburg: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 540 p.
17. Dospekhov, B.A. (2011), 'Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)', 6th ed., stereotype. Moscow. ID Alyans, 352 p.
18. Rybashlykova, L.P. (2017), 'Macro- and microelements in medicinal plants cultivated in the Astrakhan region', *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii*, vol. 20, no. 5, pp. 33–35.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Марина Анатольевна Ефремова**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и агрохимии Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1428-2750>; SPIN-код: 5018-1583; Author ID: 89623; Scopus author ID: 6603265696; e-mail: [marina\\_efremova@mail.ru](mailto:marina_efremova@mail.ru).

**Анна Сергеевна Пинаева**, научный сотрудник лаборатории Экологического контроля объектов окружающей среды, соискатель кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-6421-1999>, SPIN-код: 7230-1429; Scopus author ID: 57221461546; Researcher ID: AGA-8652-2022; e-mail: [pinaeva95@inbox.ru](mailto:pinaeva95@inbox.ru).

**Панькова Ульяна Игоревна**, магистрант кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0009-0005-0038-9612>; e-mail: [u.i.pankova@yandex.ru](mailto:u.i.pankova@yandex.ru).

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Marina A. Efremova**, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint- Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0000-0003-1428-2750>, SPIN-code: 5018-1583, Author ID: 89623, Scopus author ID: 6603265696; e-mail: marina\_efremova@mail.ru.

**Anna S. Pinaeva**, junior researcher, postgraduate student of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0000-0001-6421-1999>, SPIN-code: 7230-1429, Scopus author ID: 57221461546, Researcher ID: AGA-8652-2022; e-mail: pinaeva95@inbox.ru.

**Ulyana I. Pankova**, Master's student of Soil Science and Agrochemistry Department named after L.N. Alexandrova, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0009-0005-0038-9612>; e-mail: u.i.pankova@yandex.ru.

<p><b>Авторский вклад.</b> Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант</p>	<p><b>Author's contribution.</b> 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</p>
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p>The authors declare no conflict of interest</p>

**Поступила в редакцию / Received 03.10.2024**

**Поступила после рецензирования / Revised 30.10.2024**

**Принята к публикации / Accepted 15.11.2024**

Научная статья/Original article

УДК 635.922:631.81

Код ВАК 4.1.3

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-29-36

## ПРИМЕНЕНИЕ АКВАРИНА И ГУМАТА КАЛИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БАРХАТЦЕВ ПРЯМОСТОЯЧИХ

М.В. Иванова 

Костромская государственная сельскохозяйственная академия

 lamarishkin@mail.ru


**Реферат.** Цветоводство занимает значительную часть декоративного садоводства. Благоустройство городов, организация ландшафтного оформления пространства основываются на применении большого количества цветочных культур. Однолетние цветочные растения чаще всего для этих целей выращивают рассадным способом. Выращивание собственной рассады значительно снижает затраты на озеленение, позволяет получить высокодекоративные растения к определенному сроку. Большой выбор современных удобрений позволяет оптимизировать питание растений и управлять сроками цветения. Большую роль в ассортименте летников играет род Бархатцы (*Tagetes*). Эти растения отличаются неприхотливостью, успешным выращиванием с помощью рассады, высокой адаптивностью и устойчивостью. Вид Бархатцы прямостоячие (*T. erecta L.*) получил широкое распространение в цветоводстве. Целью наших исследований, проведенных в 2020–2022 гг., являлась оценка декоративных качеств бархатцев прямостоячих сорта Taishan yellow F1 при использовании удобрений Акварин и Гумат «Плодородие». Опыт был проведен на кафедре агрохимии, биологии и защиты растений Костромской ГСХА. Объектом исследований была рассада Тагетеса прямостоячего сорта Taishan yellow F1. Результаты исследований показали, что удобрения Акварин 5 (применяемое как корневая подкормка в фазу бутонизации) и Акварин 14 (в фазу цветения) положительно повлияли на продукционный процесс. Они существенно ускорили развитие рассады – бархатцы зацвели на 10–15 дней раньше контроля. Растения, выращенные с удобрениями, были более декоративны и отличались большей густотой куста. На этих вариантах наблюдалось достоверное увеличение количества цветков на 53%, при этом диаметр цветка был больше на 45% по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** бархатцы прямостоячие, удобрения, Акварин, Гумат, декоративные качества, рассада однолетних цветочных культур

**Для цитирования:** Иванова М.В. Применение Акварина и Гумата калия при выращивании бархатцев прямостоячих // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 29–36. DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-29-36.

THE USE OF AQUARIN AND POTASSIUM HUMATE IN THE CULTIVATION  
OF TAGETES ERECTAM.V. Ivanova  

Kostroma State Agricultural Academy

 lamarishkin@mail.ru

**Abstract.** Floriculture occupies a significant part of ornamental horticulture. Improvement of cities, organisation of landscape design of space are based on the use of a large number of flower crops. Annual flowering plants are most often grown by seedling method for these purposes. Growing your own seedlings significantly reduces the cost of landscaping, allows you to get highly decorative plants by a certain date. A wide range of modern fertilisers allows you to optimise plant nutrition and control flowering times. The genus *Tagetes* plays a major role in the range of summer plants. These plants are characterised by their unpretentiousness, successful cultivation with seedlings, high adaptability and stability. The species *Tagetes erecta* (*T. erecta* L.) is widespread in floriculture. The purpose of our research, conducted in 2020-2022, was to evaluate the decorative qualities of erect Taishan yellow F1 variety of *Tagetes* when using fertilisers Aquarin and Humate 'Fertility'. The experiment was conducted at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection of the Kostroma State Agricultural Academy. The object of the research was the seedlings of *Tagetes erecta* Taishan yellow F1. The research results showed that fertilizers Aquarin 5 used as root dressing in the budding phase and Aquarin 14 in the flowering phase had a positive effect on the production process. They influenced the development of seedlings, bloomed 10–15 days earlier than the control. Plants grown with fertilizers were more decorative and had a higher density of the bush. These variants showed a reliable increase in the number of flowers by 53%, while the flower diameter was larger by 45% compared to the control.

**Keywords:** *Tagetes erecta*, fertilizers, Aquarine, Gumat, decorative qualities, seedlings of annual flower crops

**For citation:** Ivanova M.V. (2023), "The use of Aquarine and potassium Humate in the cultivation of *Tagetes erecta*", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4 pp. 29–36. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-29-36.

**Введение.** Важным и практически значимым вопросом в настоящее время является озеленение городов и ландшафтное благоустройство территорий. Значительную часть проектов по озеленению населенных пунктов составляет использование цветочных декоративных культур. Использование готовой рассады цветов составляет большую часть бюджета на озеленение [1, 2]. Производство качественной собственной цветочной рассады значительно уменьшит эти затраты. При этом выбор растений в значительной мере определяет успех выращивания [3, 4]. Род Бархатцы характеризуется неприхотливостью, успешным выращиванием с помощью рассады, высокой адаптивностью и устойчивостью [5, 6, 7]. Бархатцы прямостоячие получили широкое распространение в цветоводстве. Они отличаются от других видов крупными махровыми одиночными соцветиями [8, 9]. Разработанный ассортимент регуляторов роста и удобрений для цветочных культур позволяет направленно влиять на производственный процесс, получая высокодекоративные растения с ранними сроками цветения [10, 11].

**Цель исследования** – оценка декоративных качеств бархатцев прямостоячих сорта Taishan yellow F1 при использовании удобрений Акварин и Гумат «Плодородие».

**Материалы, методы и объекты исследования.** Посев бархатцев прямостоячих сорта Taishan yellow проводился 10–12 марта на глубину 1,0–1,5 см в рассадные ящики. В фазе 2–3 настоящих листьев рассада бархатцев пикировалась, растения высаживались в кассеты.

Бархатцы Taishan yellow F1 (рисунок 1) – это серия бархатцев, которая образует компактные кустики с крупными (до 10–15 см в диаметре) махровыми цветками насыщенного лимонного цвета. Отличается ранним и продолжительным периодом цветения и устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям. Растения низкорослые, высота 25–30 см.



Рисунок 1. Бархатцы прямостоячие, сорт Taishan yellow F1  
Figure 1. *Tagetes erecta*, Taishan yellow F1

Схема опыта, который проводился на кафедре агрохимии, биологии и защиты растений ФГБОУ ВО Костромская ГСХА состояла из 4 вариантов, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта (2020–2022 гг.)  
Table 1. Scheme of experience (2020–2022)

№	Варианты	Доза	Фаза развития
1	Контроль (без удобрений)	-	-
2	Акварин 5	1г/1л	Бутонизация
3	Акварин 5 + Акварин 14	1г/1л + 1г/1л	Бутонизация + Цветение
4	Акварин 5 + Акварин 14 + Гумат	1г/1л + 1г/1л + 10 мл/л	Бутонизация + Цветение

Для выращивания рассады использовали грунт «Агробалт-С». Он представляет собой верховой торф с добавлением известковой муки и комплексного минерального удобрения. Агрохимические показатели грунта: кислотность – 5,5–6,2; влажность – не более 65%; питательные элементы: азот – 150 мг/л; фосфор – 150 мг/л; калий – 250 мг/л; магний – 30 мг/л. Содержание органического вещества не менее 80%.

Повторность опыта 4-кратная, каждая повторность состояла из кассеты, в которой было 64 растения. Рассаду выращивали без досвечивания, влажность грунта до пикировки регулировали опрыскиванием, после – ежедневным поливом в одинаковом объеме на каждый опытный вариант.

Дозы удобрений при приготовлении растворов представлены в таблице 1. Все удобрения в опыте применяли как корневые подкормки в объеме 2 л раствора на кассету. В фазу начала бутонизации на втором, третьем и четвертом варианте применяли Акварин 5. В фазу начала цветения на третьем варианте применяли Акварин 14. В четвертом опытном варианте в фазу начала цветения вносили смесь Акварина 14 и Гумата калия.

**Результаты исследования.** Динамика развития растений бархатцев представлена в таблице 2.

Таблица 2. Продолжительность фенологических фаз развития бархатцев, количество дней от посева до фазы развития, среднее 2020–2022 гг.

Table 2. Duration of the phenological phases of tagetes, days from sowing to phase, 2020–2022

Варианты/ фазы развития	1. Контроль	2. Акварин 5	3. Акварин 5 + Акварин 14	4. Акварин 5 + Акварин 14+ Гумат
Всходы	5	5	5	5
1–2 наст. лист	14	14	14	14
4–5 наст. лист	18	18	18	18
Бутонизация	60	50	50	50
Цветение	80	70	65	65

Состояние растений после пикировки (3–4 настоящих листа) представлено на рисунке 2.



Рисунок 2. Бархатцы прямостоячие Taishan yellow F1 после пикировки  
Figure 2. *Tagetes erecta*, Taishan yellow F1 planting plants

Формирование бутонов бархатцев представлено на рисунке 3.



Рисунок 3. Бархатцы прямостоячие Taishan yellow F1, бутонизация  
Figure 3. *Tagetes erecta*, Taishan yellow F1, budding

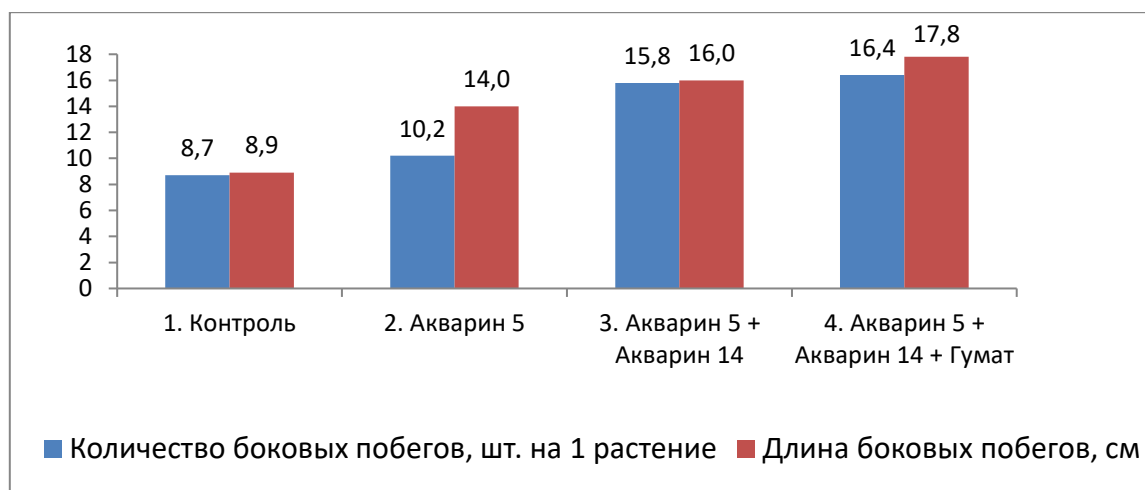
В сортовой характеристике бархатцев прямостоячих Тайшан указан срок зацветания рассады 75–80 дней. Исследования, проведенные в течение трех вегетационных периодов, подтверждают эти сроки на контрольном варианте.

Акварин 5 и 14, применяемые в опыте, достоверно ускорили развитие растений. Фаза полной бутонизации на этих вариантах наступала на 10 дней раньше, чем на контроле. К фазе цветения отставание в развитии контрольных растений стало еще больше. Применение двух марок Акварина и Гумата позволяет ускорить цветение растений на 18,7%.

Проведенные исследования подтвердили существенное влияние удобрений на морфологические признаки бархатцев, отражающие их декоративность.

На рисунке 4 представлено количество боковых побегов на растении и их средняя длина. Большое количество боковых побегов цветочных растений обеспечивает их высокую устойчивость, адаптивность, лучшую приживаемость. Густые растения лучше выглядят на клумбах. Проведение корневых подкормок в наших условиях увеличило побегообразовательную способность бархатцев на 17,2–88,5%. Разница с контрольным вариантом на третьем и четвертом варианте была существенна и составила 7,1–7,7 шт./растение при  $НСР_{05} = 5,30$ .

Вариант с подкормкой Акварином 5 был на уровне контроля как по длине боковых побегов, так и по их количеству. Добавление гумата калия в четвертом варианте незначительно увеличивало эти показатели по сравнению с третьим вариантом, разница составила 3,8% по количеству боковых побегов и 11,3% – по их длине.

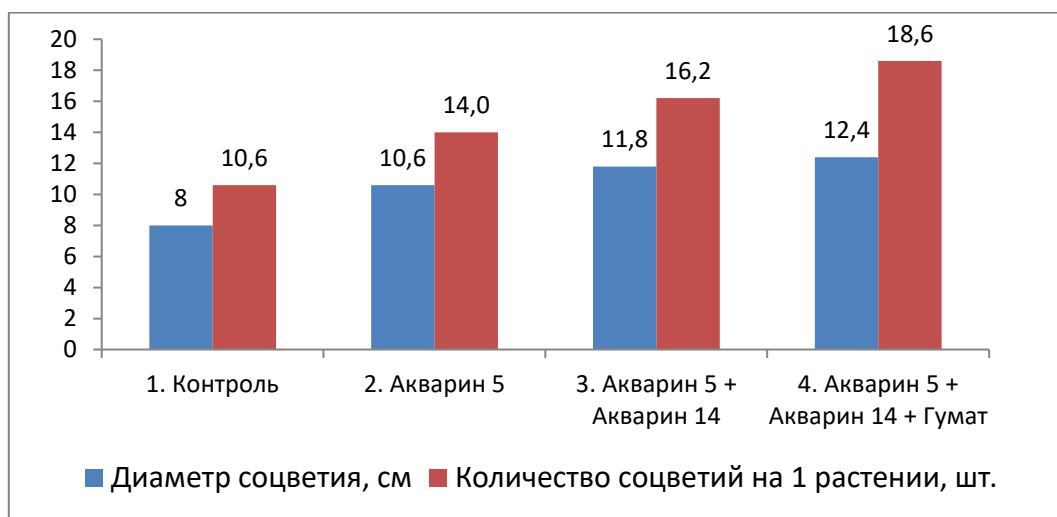


$НСР_{05} = 5,30$  (количество боковых побегов, шт./растение)

$НСР_{05} = 4,68$  (длина боковых побегов, см)

Рисунок 4. Морфологические признаки бархатцев  
Figure 4. Morphological characteristics of Tagetes

Применение Акварина 5 и Акварина 14 на третьем и четвертом варианте достоверно увеличивало диаметр соцветий на 3,8–4,4 см и их количество на растении на 5,6–8,0 шт. по сравнению с контролем (рисунок 5). Применение в технологии только Акварина 5 в начале бутонизации увеличивало диаметр соцветия на 2,6 см, а количество соцветий на 3,4 шт. Однако эта разница с контролем не была существенной. По сравнению с третьим вариантом применение дополнительно гумата калия в четвертом варианте существенно не повлияло на эти декоративные показатели.



$HCp_{05} = 2,64$  (диаметр соцветия, см)

$HCp_{05} = 4,95$  (количество соцветий, шт./растение)

Рисунок 5. Морфологические признаки соцветий бархатцев  
Figure 5. Morphological characteristics of *Tagetes* flowers

Растения исследуемых вариантов к моменту высадки на клумбу сильно отличались (рисунок 6). Контрольные бархатцы были менее густыми, имели меньше соцветий и боковых побегов.



Вариант № 1  
Variety № 1



Вариант № 4  
Variety № 4

Рисунок 6. Бархатцы прямостоячие, сорт Taishan yellow F1, высаженные на клумбу  
Figure 6. *Tagetes erecta*, Taishan yellow F1 is in the flowerbed

**Выводы.** Применение удобрений при выращивании бархатцев Taishan yellow значительно улучшило декоративные показатели рассады. Применение Акварина 5 в фазу начала бутонизации и Акварина 14 в фазу начала цветения в виде корневой подкормки положительно повлияло на развитие растений, их густоту, количество и диаметр соцветий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mir, R.A., Ahanger, M.A., Agarwal, R.M. (2019), "Marigold: From mandap to medicine and from ornamentation to remediation", *American Journal of Plant Science*, vol. 10, pp. 309–338, DOI: 10.4236/ajps.2019.102024.
2. Святковская, Е.А., Салтан, Н.В., Рыбалка, Е.П., Заводских, М.С. Особенности выращивания новых сортов однолетних цветочных растений в условиях Кольской Субарктики // Вестник РУДН. Серия: Агронимия и животноводство. – 2023. – № 3. – С. 334–349. – DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-334-349.

3. Ельшаева, И.В., Воропаева, Е.В., Пинаева, А.С. Использование грунта, обогащенного осадком сточных вод, при выращивании декоративных растений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1 (70). – С. 59–68. – DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-59–68.
4. Волгин, В.В., Потапова, Н.В., Смолин, Н.В. Декоративные качества и семенная продуктивность *Tagetes patula* (L.) в зависимости от применения минеральных удобрений и регуляторов роста // Вестник АГАУ. – 2020. – № 8 (190). – С. 43–50.
5. Ahmadi, M., Sedagathoor, S., Kalatehjari, S., Hashemabadi, D. (2018), “The physiological and growth response of *Petunia hybrida*, *Tagetes erecta*, and *Calendula officinalis* to plant and human steroids”, *AIMS Agriculture and Food*, vol. 3 (2), pp. 85–96. DOI: 10.3934/agrfood.2018.2.85.
6. Якомаскин, С.С., Каргин, В.И., Зубарев, А.А. Минеральное питание как основа физиологических процессов, происходящих в растениях // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2023. – № 2 (62). – С. 36–41. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-2-36-42.
7. Дубровина, О.А., Зубкова, Т.В., Гогмачадзе, Г.Д. Экологическая оценка бархатцев (*Tagetes erecta*) в качестве фиторемедиантов // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 2. DOI: <https://doi.org/10.51419/202122226>.
8. Иванова, М.В. Влияние удобрений на формирование рассады цветочных культур // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 44–48.
9. Козлова, Е.А. Влияние состава субстратов и регуляторов роста на прорастание семян и динамику изменения высоты однолетних цветочных культур // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 1. – DOI: 10.51419/202131117.
10. Adhikari, P., Mishra, K., Marasini, S., Neupane, R., Shrestha, A., Shrestha, J., Subedi, S. (2020), "Effect of nitrogen doses on growth and yield of marigold (*Tagetes erecta* L.) in subtropical climate of Nepal”, *Fundamental and Applied Agriculture*, vol. 5 (3), pp. 414–420. DOI: 10.5455/faa.108327.
11. Joshi, D., Awasthi, P., Rizal, G. (2022), “Impact of pinching on growth and yield of Marigold (*Tagetes erecta* L.)”, *Environment & Ecosystem science*, vol. 6. № 1. pp. 34–38. DOI: 10.26480/ees.01.2022.34.38

## REFERENCES

1. Mir, R.A., Ahanger, M. A., Agarwal, R.M. (2019), “Marigold: From mandap to medicine and from ornamentation to remediation”, *American Journal of Plant Science*, vol.10, pp. 309–338. DOI: 10.4236/ajps.2019.102024.
2. Svyatkovskaya, E.A., Saltan, N.V., Rybalka, E.P., Zavodskikh, M.S. (2023.), "Peculiarities of growing new varieties of annual flowering plants in the conditions of the Kola Subarctic", *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, vol. 3. (In Russ.). DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-334-349.
3. Elshaeva, I.V., Voropaeva, E.V., Pinaeva, A.S. (2023), “The use of soil enriched with sewage sludge in the cultivation of ornamental plants”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1 (70), pp. 59–68. (In Russ.). DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-59–68.
4. Volgin, V.V., Potapova, N.V., Smolin, N.V. (2020), “Decorative qualities and seed productivity of *Tagetes patula* (L.) depending on the use of mineral fertilizers and growth regulators”, *Bulletin of Altai State Agricultural University*, vol. 8 (190). (In Russ.).
5. Ahmadi, M., Sedagathoor, S., Kalatehjari, S., Hashemabadi, D. (2018), “The physiological and growth response of *Petunia hybrida*, *Tagetes erecta*, and *Calendula officinalis* to plant and human steroids”, *AIMS Agriculture and Food*, vol. 3(2), pp. 85–96. DOI: 10.3934/agrfood.2018.2.85.

6. Yakomaskin, S.S., Kargin, V.I., Zubarev, A.A. (2023), “Mineral nutrition as the basis of physiological processes occurring in plants”, *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, vol. 2 (62), pp. 36–41. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2023-2-36-42.
7. Dubrovina, O.A., Zubkova, T.V., Gogmachadze, G.D. (2022), “Ecological assessment of marigolds (*Tagetes erecta*) as phytoremediants”, *AgroEcoInfo*. vol. 2, pp. 1–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51419/202122226>.
8. Ivanova, M.V. (2021), “The influence of fertilizers on the formation of seedlings of flower crops”, *In the collection: Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution*, St. Petersburg, pp. 44–48. (In Russ.).
9. Kozlova, E.A. (2023), “The influence of the composition of substrates and growth regulators on seed germination and the dynamics of height changes in annual flower crops”, *AgroEcoInfo*, vol. 1, pp. 1–10. (In Russ.). DOI: 10.51419/202131117
10. Adhikari, P., Mishra, K., Marasini, S., Neupane, R., Shrestha, A., Shrestha, J., Subedi, S. (2020), “Effect of nitrogen doses on growth and yield of marigold (*Tagetes erecta* L.) in subtropical climate of Nepal”, *Fundamental and Applied Agriculture*, vol. 5 (3), pp. 414–420. DOI: 10.5455/faa.108327.
11. Joshi, D., Awasthi, P., Rizal, G. (2022), “Impact of pinching on growth and yield of Marigold (*Tagetes erecta* L.)”, *Environment & Ecosystem science*, vol. 6, № 1, pp. 34–38. DOI: 10.26480/ees.01.2022.34.38

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Марина Валерьевна Иванова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», п. Караваяево, Костромской р-н., Костромская обл., Россия; <https://orcid.org/0009-0000-8880-9960>, SPIN-код: 1696-1794; e-mail: [lamarishkin@mail.ru](mailto:lamarishkin@mail.ru).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Marina V. Ivanova**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of the agrochemistry, biology and plant protection department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», Karavaevo village, Kostroma region, Kostroma Region, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-8880-9960>, SPIN-code: 1696-1794; e-mail: [lamarishkin@mail.ru](mailto:lamarishkin@mail.ru).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов	The author declares no conflicts of interests
---	---

Статья поступила в редакцию / Received 02.07.2024  
Поступила после рецензирования / Revised 01.11.2024  
Принята к публикации / Accepted 15.11.2024

Научная статья/Original article

УДК 633.31: 631.559.2

Код ВАК 4.1.1

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-37-46

**ФОРМИРОВАНИЕ СМЕШАННЫХ И ОДНОВИДОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ  
С ЛЮЦЕРНОЙ ИЗМЕНЧИВОЙ (*MEDICAGO VARIA MART.*)  
В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ**

**А.И. Камова** 

Карельский научный центр Российской Академии Наук,  
лаборатория агротехнологий «Вилга»


 avelesikkamova@yandex.ru

**Реферат.** В настоящее время в производстве объемистых кормов важная роль отводится увеличению производства белка за счет увеличения площадей под бобовыми культурами. Люцерна изменчивая является долголетней многоукосной культурой, способной обеспечивать хорошее качество получаемых кормов и снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции, однако за счет высокой буферной ёмкости и низкого содержания сахара она относится к группе несилосующихся культур. Включение злакового компонента в травостой улучшает сахаропротеиновое отношение, способствующее развитию молочнокислых бактерий и получению силоса надлежащего качества. В статье представлены результаты изучения люцерны изменчивой 6 сортов: Вега 87, Селена, Пастбищная 88, Таисия, Агния, Луговая 67 в одновидовых посевах и в травосмесях с тимофеевкой луговой сорта Олонецкая местная в условиях Республики Карелия в период 2020–2024 гг. Закладка опыта, учёт урожая и химические анализы проводились в соответствии с общепринятыми методиками. Люцерна изменчивая проявила высокую конкурентоспособность, ее долевое содержание в одновидовом посеве варьировало в пределах от 59,1% (Вега 87) до 70,83 % (Агния) и в травосмесях от 46,26% (Пастбищная 88) до 59,42% (Агния). Двухкомпонентные травостои с включением таких сортов, как Луговая 67, Селена и Таисия, не имели несеянных видов в своем составе. В среднем за 5 лет исследования подтвердили возможность выращивания люцерны изменчивой как долголетней культуры в условиях Карелии в одновидовом посеве и в смеси со злаками. Среди изученных сортов наиболее продуктивным оказался сорт Агния – и в одновидовом посеве (8,83 т/га), и в смеси с тимофеевкой луговой (7,45 т/га).

**Ключевые слова:** люцерна изменчивая, тимофеевка луговая, одновидовой посев, травосмесь, урожайность, сорта

**Для цитирования:** Камова А.И. Формирование смешанных и одновидовых фитоценозов с люцерной изменчивой (*Medicago varia Mart.*) в Республике Карелия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 37–46. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-37-46.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках научной темы Государственного задания FMEN-2022-0013. Рег. № НИОКР 122031000202-1.

FORMATION OF MIXED AND SINGLE-SPECIES PHYTOCENOSSES WITH ALFALFA  
VARIEGATED (*MEDICAGO VARIA MART.*) IN THE REPUBLIC OF KARELIAA.I. Kamova Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
Laboratory of Agrotechnologies "Vilga",  
 avelesikkamova@yandex.ru

**Abstract.** Currently, an important role in the production of bulk feed is given to increasing protein production by increasing the area under leguminous crops. Alfalfa variegated is a long-lived perennial crop capable of providing good quality forage and reducing the cost of agricultural production, but due to its high buffer capacity and low sugar content, it belongs to the group of non-silage crops. Inclusion of a cereal component in the grass stand improves the sugar-to-protein ratio, which promotes the development of lactic acid bacteria and the production of high-quality silage. The article presents the results of the study of alfalfa variegated 6 varieties: Vega 87, Selena, Pasture 88, Taisia, Agnia, Lugovaya 67 in single-species crops and in grass mixtures with timothy meadow grass Olonetskaya local in the conditions of the Republic of Karelia in the period 2020-2024. The experiment setup, yield measurement and chemical analyses were carried out in accordance with generally accepted methods. Variable alfalfa showed high competitiveness, its share content in single-species crops varied from 59.1% (Vega 87) to 70.83% (Agnia) and in grass mixtures from 46.26% (Pasture 88) to 59.42% (Agnia). Two-component grass stands, including varieties such as Lugovaya 67, Selena, and Taisia, did not contain seeded species in their composition. On average over five years, the research confirmed the possibility of growing alfalfa variegated as a long-term crop in Karelia in single-species sowing and in a mixture with cereals. Among the studied varieties, the most productive was Agnia variety – both in single-species sowing (8.83 t/ha) and in mixture with meadow timothy (7.45 t/ha).

**Keywords:** variegated alfalfa, meadow timothy, single-species sowing, grass mixture, yield, varieties

**For citation:** Kamova A.I. (2024), “Formation of mixed and single-species phytocenoses with alfalfa variegated (*Medicago varia Mart*) in the Republic of Karelia”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 37–46. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-37-46.

**Financial support.** The work was carried out within the framework of the State assignment of the scientific topic FMEN-2022-0013 R&D Reg. No. 122031000202-1.

**Введение.** При формировании фитоценозов необходимо подбирать видовой и сортовой состав, учитывая особенности культур и их взаимоотношения, основываясь на принципе комплиментарности, т. е. способности различных видов и сортов избегать конкуренции и взаимодополнять друг друга, что в дальнейшем будет способствовать процессу симбиотической фиксации атмосферного азота и, следовательно, снижению затрат на минеральные азотные удобрения [1-4].

Подбор сортов должен базироваться на адаптивности и пластичности сорта в конкретных природно-климатических условиях, наиболее ценятся сорта, способные не реагировать на внешние стрессовые условия [5, 6].

В кормопроизводстве не все высокопродуктивные культуры формируют корма надлежащего качества в чистом виде. Люцерна изменчивая является долголетней, многоукосной культурой, способной обеспечивать хорошее качество получаемых кормов и снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции [7, 8]. Однако за счет высокой буферной ёмкости и низкого содержания сахара она относится к группе несилосующихся

культур. Включение злакового компонента в травостой улучшает сахаропротеиновое отношение, способствующее развитию молочнокислых бактерий, а следовательно, становится возможным получение силоса надлежащего качества [9].

В настоящее время в производстве объемистых кормов важная роль отводится увеличению производства белка за счет увеличения площадей под бобовыми культурами в одновидовых посевах и в смеси со злаковыми видами [10]. В условиях Республики Карелии люцерну изменчивую не возделывают, основным бобовым видом в травосмесях является клевер луговой, который отличается небольшим долголетием [11, 12]. За последние годы (2014–2024 гг.) в лаборатории агротехнологий «Вилга» КарНЦ РАН нами был проведен ряд исследований, направленных на изучение новых сортов люцерны изменчивой, включая Агния, Таисия и Селена [13–15]. Результаты включены в работы ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» [16]. Особое внимание этим сортам уделили в связи с тем, что они отличаются высокой устойчивостью к кислотности. Кроме того, необходимо отметить и потепление климата, которое фиксируется и в Республике Карелия, что способствует интродукции данной культуры [17, 18]. При этом стоит отметить, что метеорологические и почвенные условия региона значительно разнятся с соседними, что сказывается на итоговых показателях [19].

В настоящее время ученые имеют разные мнения о преимуществах одновидовых и смешанных посевов люцерны. В своей работе Ю.К. Новоселов (2008) указывает, что люцерна в одновидовом посеве превосходит смеси кострцово-тимофеечные и клеверо-кострцово-тимофеечные по урожайности, достигая в условиях сильной засухи до 6,48 т/га сухой массы [20]. В то же время О.А. Тимошкин (2020) обращает внимание на то, что смешанные посевы обладают большей экологической устойчивостью и эффективностью в использовании солнечной энергии, в результате чего они обеспечивают более высокую энергетическую эффективность и экологическую надежность работы агроэкосистем [10, 21, 22].

**Цель исследования** – изучение сортов люцерны изменчивой с учетом их особенностей роста и развития в условиях Республики Карелия и определение наиболее продуктивных и адаптивных сортов для выращивания в смешанных фитоценозах и в одновидовом посеве в северном регионе.

**Задача исследования** – сравнить сорта и подобрать наиболее подходящие для региона в качестве долголетнего использования при выращивании в одновидовом посеве и в смеси с тимофеевкой луговой.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектом исследования являются 6 сортов люцерны изменчивой: сорта Вега 87, Луговая 67, Пастбищная 88, Селена, Агния, Таисия и их двухкомпонентные травосмеси с тимофеевкой луговой сорт Олонецкая местная. Норма высева люцерны изменчивой в одновидовом посеве 15 кг/га и в травосмеси 10 кг/га, тимофеевки луговой – 8 кг/га. Семена бобового вида инокулировали специализированными штаммами ризоторфина перед посевом [23].

Площадь учётной делянки 3 кв. м, повторность 3-кратная, размещение вариантов – рендомизированное. Учёт урожайности сплошной со всей делянки в фазу начала бутонизации.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, по кислотности слабокислая,  $pH_{\text{сол}}$  5,9, содержание подвижного фосфора  $P_2O_5$  – очень высокое, 85,9 мг/100 г; обменного калия  $K_2O$  – высокое, 41,2 мг/100 г почвы.

Исследования формирования одновидовых и смешанных фитоценозов с люцерной изменчивой проводили с использованием методических указаний ВНИИМЗ (1984), методики ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (1997) и «Методики полевого опыта» Б.А. Доспехова (1985). Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием пакетов программ Microsoft Excel, Statgraphic Plus.

Полевые сезоны 2020–2024 гг. были крайне неоднородны по метеорологическим показаниям (рисунок 1).

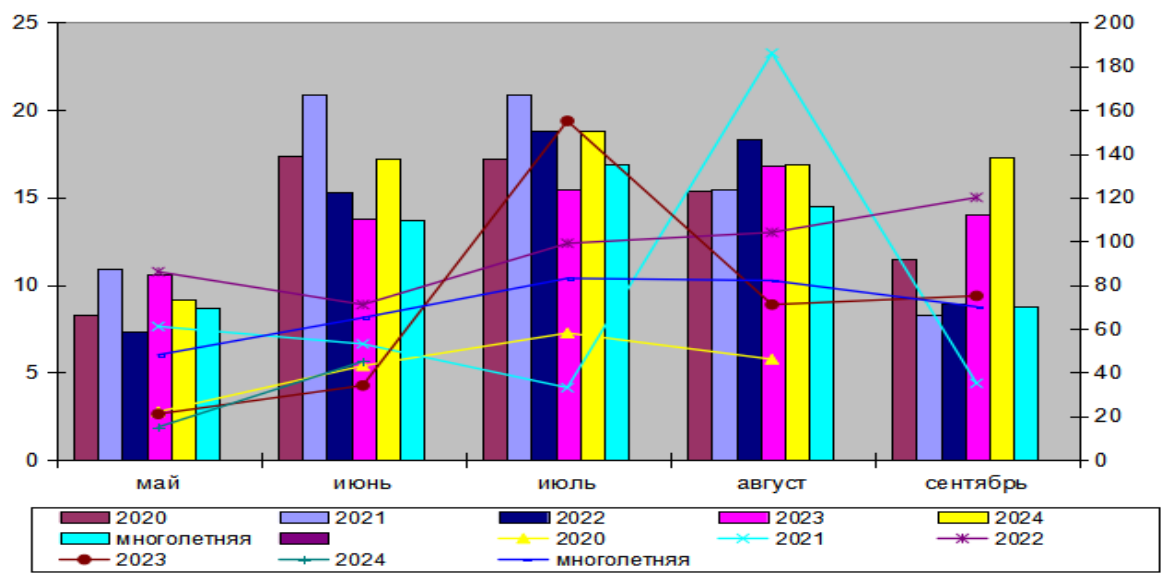


Рисунок 1. Метеорологические данные 2020–2024 гг.

Figure 1. Meteorological data for 2020–2024

2020 г. характеризовался как дефицитный по тепло- и влагообеспеченности, что привело к недобору зеленой массы. 2021 г. отмечен резким дефицитом влаги в июне и июле (на 12 и 55 мм меньше среднегодовой нормы) на фоне повышенной теплообеспеченности. 2022 г. был теплообеспеченный (с небольшим превышением среднегодовых показателей) и избыточно увлажненным. 2023 г. оказался нестабилен по данным показателям, с засухой на начальном этапе формирования травостоев и избыточным увлажнением в июле. 2024 г. отмечен как засушливый и избыточно теплообеспеченный.

**Результаты исследования.** На темпы роста и развития трав влияние оказывают не только метеорологические условия, но и состав травостоя, и сортовые особенности культур. В среднем за 4 года наблюдалась тенденция к увеличению ростовых показателей изучаемых вариантов. Наиболее стабильно это проявлялось у сорта Агния с 51,8 см в 2020 г. до 107,1 см в 2024 г. Независимо от сортов двухкомпонентные травосмеси уступают одновидовым посевам. Наименьшими показателями отмечены двухкомпонентные травостои с сортами Вега 87 и Пастбищная: 88, 40,4–61,3 см и 28,3–90,1 см соответственно (рисунок 2).

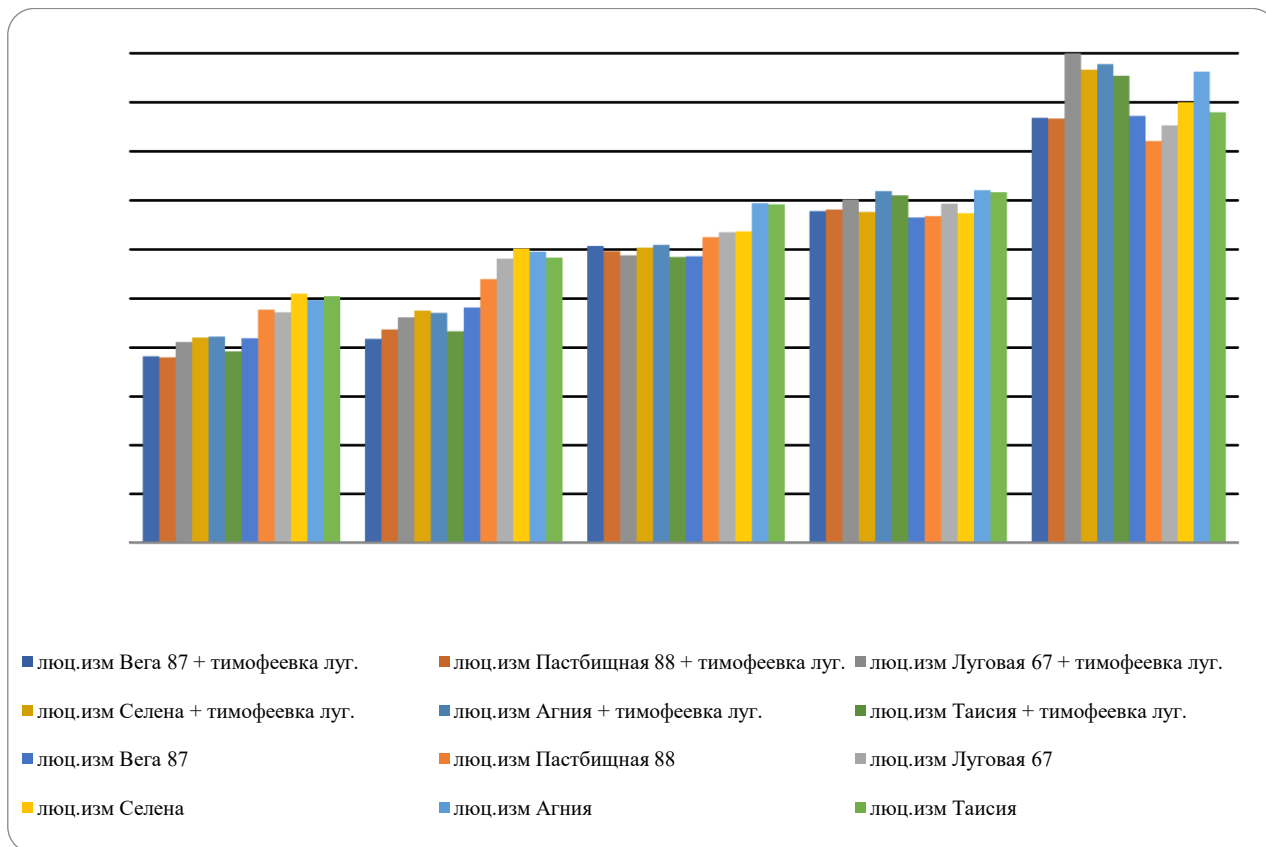


Рисунок 2. Высота одновидовых и смешанных травостоев различных сортов люцерны изменчивой, см (2020–2024 гг.)

Figure 2. Height of single-species and mixed herb stands of different varieties of alfalfa variegated, cm (2020–2024)

Анализ видового состава травостоев отражает устойчивость и конкурентоспособность сорта в сложных экологических условиях для люцерны изменчивой в условиях Республики Карелия (рисунок 3). В среднем за 5 лет использования травостоев содержание ботанико-хозяйственных групп в одновидовых посевах варьировало в пределах от 59,1% (Вега 87) до 70,83% (Агния) люцерны и 29,17–40,9% разнотравья соответственно. Наиболее высокие показатели доли люцерны отмечены у сортов Агния, Селена и Таисия: 70,83%, 69,15% и 65,22% соответственно. Двухкомпонентные травостои отмечены меньшим процентом примеси – в среднем 3,5% – за счет включения злакового компонента, доля которого варьировала в зависимости от сорта люцерны от 40,58% до 54,65%, процентное содержание люцерны составило от 46,26% (Пастбищная 88) до 59,42% (Агния). Травостои с включением таких сортов, как Луговая 67, Селена и Таисия, не имели насеянных видов в своем составе.

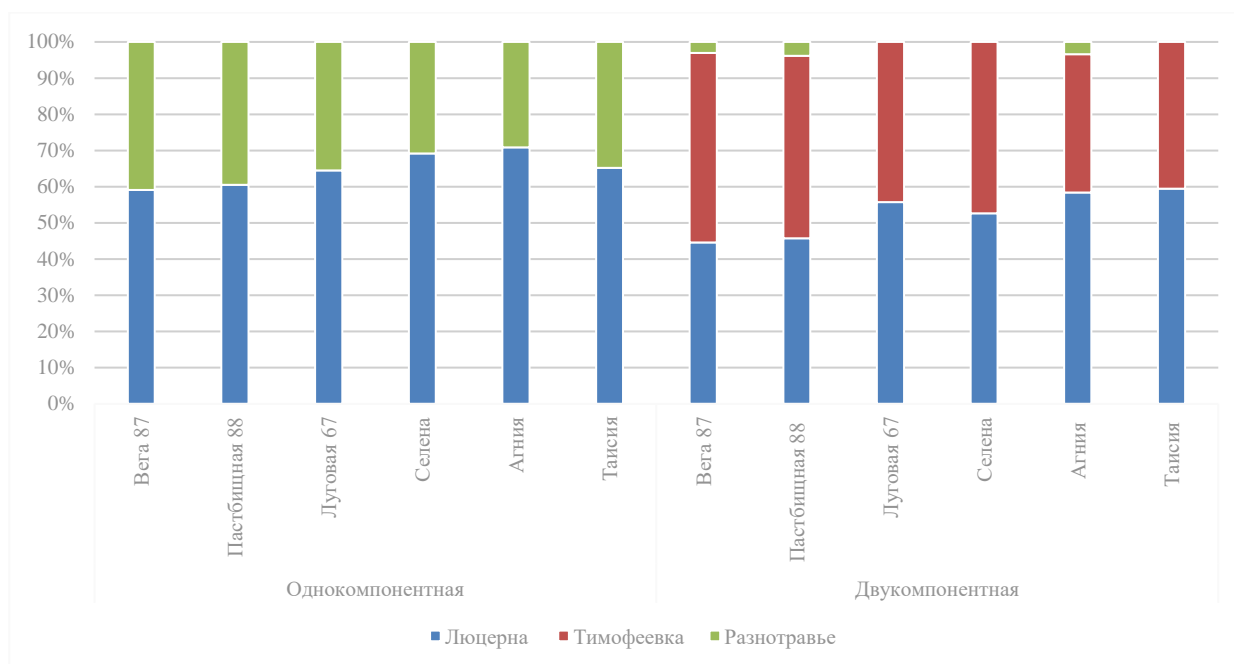


Рисунок 3. Ботанический состав одновидовых и смешанных фитоценозов, %  
(в среднем 2020–2024 гг.)

Figure 3. Botanical composition of single-species and mixed grass stands, % (2020–2024)

Урожайность травостоев является важным показателем продуктивности. Она зависит как от метеорологических факторов, так и от сортовых и видовых особенностей травостоев.

Таблица 1. Урожайность травостоев люцерны изменчивой т/га сухой массы  
(2020–2024 гг.)

Table 1. Yield of alfalfa variegated grass stands, t/ha of dry weight (2020–2024)

Варианты		2020	2021	2022	2023	2024	Средняя 2020–2024
Однокомпонентный	Вега 87	5,50	6,07	8,12	6,90	8,81	7,08
	Пастбищная 88	6,87	7,23	7,55	7,63	9,29	7,71
	Луговая 67	5,90	6,39	7,38	9,10	7,47	7,25
	Селена	7,10	7,94	7,20	7,51	8,49	7,65
	Агния	8,90	8,65	8,14	8,86	9,60	8,83
	Таисия	7,10	7,16	7,36	7,87	8,04	7,51
Двухкомпонентный	Вега 87	5,70	4,92	6,47	8,84	6,39	6,47
	Пастбищная 88	4,40	4,61	6,83	7,29	7,99	6,22
	Луговая 67	5,60	5,09	7,61	9,04	9,71	7,41
	Селена	5,30	6,41	6,34	8,36	7,52	6,79
	Агния	5,10	5,72	8,08	8,23	10,12	7,45
	Таисия	4,70	4,19	8,40	8,47	8,52	6,86
НСР		1,42	1,95	1,27	2,72	2,23	1,20

В одновидовых посевах в зависимости от сорта показатель урожайности варьировал в пределах от 7,08 (Вега 87) до 8,83 (Агния) т/га сухой массы, у двухкомпонентных травостоев данный показатель варьировал от 6,22 т/га (Пастбищная 88) до 7,45 (Агния) т/га сухой массы. Стоит отметить, что урожайность сорта Агния в чистом виде в 1,2 раза выше урожайности её

травосмеси. В среднем за годы исследования под влиянием метеорологических факторов одновидовые фитоценозы обеспечили большую урожайность, чем смешанные травостой, это подтверждают данные Ю.К. Новоселова [20]. Среди сортов наибольший показатель сухой массы у сорта Агния, превышающий контроль на 1,75 т/га в чистом виде и на 0,98 т/га в двухкомпонентном соответственно.

**Выводы.** Анализируя динамику роста и развития люцерны изменчивой по годам, выявили увеличение высоты растений перед укосом с возрастом травостоя. При этом в двухкомпонентных травосмесях люцерны изменчивая отличалась меньшей высотой по сравнению с однокомпонентными. Однако двухкомпонентные травосмеси были более устойчивыми к внедрению насаженных видов. Сорта Селена и Таисия проявили лучшую конкурентоспособность в одновидовых посевах и травосмесях по сравнению с другими сортами.

Одновидовые фитоценозы обеспечили большую урожайность сухой массы, чем смешанные травостой. Среди сортов наиболее продуктивным оказался сорт Агния – как в одновидовом посеве (8,83 т/га), так и в смеси с тимофеевкой луговой (7,45 т/га).

Таким образом, в результате пятилетних исследований подтверждена возможность долголетнего использования люцерны изменчивой с достаточно высоким уровнем урожайности сухой массы – до 7,5–8,8 т/га.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жученко, А.А. Основы адаптивного использования природных, биологических и техногенных ресурсов // *Зернофураж в России*. – М., 2009. – С. 10–32.
2. Кошеваров, Н.И., Сапрыкин, В.С., Данилов, В.П. Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка // *Кормопроизводство*. – 2013. – № 1. – С. 3–7.
3. Кошеваров Н.И., Садохин Т.А., Бакшаев Д.Ю. и др. Урожайность и качество зернофуража из одновидовых и смешанных посевов в условиях Сибири и Северного Казахстана // *Кормопроизводство*. – 2017. – № 1. – С. 22–26.
4. Новиков, М.Н. Биологические приемы эффективного использования азота почвы, удобрений, симбиотической азотфиксации в полевых агроценозах // *Агрохимия*. – 2020. – № 8. – С. 60–69. – DOI: 10.31857/S0002188120080086.
5. Филиппов, Е.Г., Брагин, Р.Н., Донцов, Д.П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2022. – № 4 (32). – С. 221–230.
6. Kozyreva, M. Yu., Basieva, L.Zh., Naghm Majeed Hameed Al-A., Chibirova, A.Kh., Khetagurov Kh., M. 2020. Growth and development of Alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition. // *International scientific conference "Plants and microbes: the future of biotechnology" (PLAMIC2020)*, № 23.
7. Донских, Н.А. Ашим, Д. Кормовая ценность бобовых видов при посеве их в чистом виде и в смеси со злаками // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2011. – № 24. – С. 14–16.
8. Баринов, В.Н., Новиков, М.Н. Биологические приемы оптимизации минерального питания и развития козлятника восточного на легких почвах нечерноземной зоны // *Агрохимия*. – 2021. – № 9. – С. 45–49.
9. Варакин, А.Т., Шевелёва, С.Н., Щекутьева, Н.А., Старковский, Б.Н., Симонов, Г.А. Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона России для приготовления кормов. // *Известия НВ АУК*. – 2022. – № 4 (68). – С. 207–213. – DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-24.

10. Лукашов, В.Н., Короткова, Т.Н., Исаков, А.Н. Эффективность выращивания многолетних бобовозлаковых травосмесей на серых лесных почвах Калужской области // Владимирский земледелец. – 2018. – № 4. – С. 43-47. – DOI: 10.24411/2225-2584-2018-10040.
11. Евсева, Г.В. Многолетние травы – основа кормопроизводства Карелии / Г. В. Евсева, С. Н. Смирнов. – Петрозаводск, 2016. – 80 с.
12. Уманец, М.С., Донских, Н.А. Отечественные и зарубежные сорта клевера лугового (*Trifolium pretense* L.) при выращивании на семенные цели // Труды Кольского научного центра РАН. – 2021. – Т.12, № 6 (9). – С. 227–231.
13. Смирнов, С.Н. Возделывание люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в составе бобово-злаковых травосмесей в условиях Европейского Севера / С. Н. Смирнов., Л. П. Евстратова, Г. В. Евсева // Кормопроизводство – 2018. – № 11. – С. 23–26.
14. Евстратова, Л.П., Николаева, Е.В., Евсева, Г.В. Формирование урожая кормовой массы и адаптивность многолетних бобово-злаковых травостоев с участием *Medicago varia* Mart. // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 6. – С. 40–44.
15. Kamova, A.I. Stepanova, T.V., Orlova, A.G., Stepanova, G.V., Rummyantseva, M.L. 2023.Methods of increasing the productivity of various varieties and hybrids of variegated alfalfa in the conditions of arable farming biologization. *BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific and Practical Conference “AGRARIAN SCIENCE – 2023”* (AgriScience2023). EDP Sciences, p. 11001.
16. Степанова Г.В. Сорта люцерны для северных регионов возделывания / Г. В. Степанова, А. А. Ионов, Н. М. Барсуков, А. В. Пьянков // Кормопроизводство. – 2023. – № 11. – С. 32–36.
17. Благовещенский, Г.В. Кормопроизводство Нечернозёмной зоны в изменяющемся климате / Г. В. Благовещенский // Кормопроизводство. – 2008. – № 10. – С. 6–8.
18. Лазарев, Н.Н., Пятинский, Д.В. Продуктивное долголетие новых сортов люцерны (*Medicago sativa* L.) при интенсивном скашивании // Известия ТСХА. – Вып. 5, 2016.
19. Камова, А.И., Степанова, Т.В., Орлова, А.Г. Сравнительная оценка сортов и сортообразцов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного федерального округа // Кормопроизводство. – 2023. – № 10. – С. 35–37. – URL: <https://doi.org/10.25685/KRM.2023.10.2023.005>.
20. Новоселов, Ю.К., Воловик, В.Т., Рудома, В.В. Стратегия совершенствования сырьевой базы для производства растительного масла и высокобелковых кормов. // Кормопроизводство – 2008. – № 10. – С. 2–5.
21. Тимошкин, О.А., Сёмина, С.А, Тимошкина, О.Ю. Формирование смешанных агрофитоценозов люцерны и костреца в первый год жизни // Нива Поволжья. – 2020. – № 2 (55) – С. 58–64. – DOI: 10.36461/NP.2020.2.55.010.
22. Лукашов, В.Н., Исаков, А.Н. Продуктивность, питательная и энергетическая ценность травосмесей фестулолиума с бобовыми при разных способах посева в условиях Калужской области // Кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 13–17.
23. Камова, А.И. Инокуляция люцерны изменчивой различными штаммами *Sinorhizobium meliloti* в условиях Республики Карелия // Актуальные проблемы науки и практики в исследованиях молодых ученых: сборник I Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос». – 2024. – С. 458–459.

REFERENCES

1. Zhuchenko, A.A. (2009) Fundamentals of adaptive use of natural, biological, and technogenic resources. *Grain Feed in Russia*, Moscow, pp. 10–32.
2. Koshevarov, N.I., Saprykin, V.S., Danilov, V.P. (2013) Multi-component silage mixtures in solving the problem of feed plant protein deficiency. *Forage Production*, no. 1, pp. 3–7.
3. Koshevarov, N.I., Sadokhin, T.A., Bakshaev, D.Y. et al. (2017) Yield and quality of grain forage from pure and mixed stands under Siberian and Northern Kazakhstan conditions. *Forage Production*, no. 1, pp. 22–26.
4. Novikov, M.N. (2020) Biological methods for effective use of soil nitrogen, fertilizers, and symbiotic nitrogen fixation in field agrocenoses. *Agrochemistry*, no. 8, pp. 60–69, DOI: 10.31857/S0002188120080086.
5. Filippov, E.G., Bragin, R.N., Dontsov, D.P. (2022) Analysis of adaptability indicators of varieties and lines of spring barley in ecological variety testing. *Taurida Bulletin of Agricultural Science*, no. 4 (32), pp. 221–230.
6. Kozyreva, M.Yu., Basieva, L.Zh., Nagham Majeed Hameed Al-A., Chibirova, A. Kh. , Khetagurov, Kh. M. (2020) Growth and development of Alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition. *II International scientific conference “Plants and microbes: the future of biotechnology” (PLAMIC2020)*, vol. 23.
7. Donskikh, N.A., Ashim, D. (2011) Feed value of leguminous species when sown in pure form and in mixture with cereals. *Proceedings of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 24, pp. 14–16.
8. Barinov, V.N., Novikov, M.N. (2021) Biological methods for optimizing mineral nutrition and development of Eastern goat's rue on light soils of the non-black soil zone. *Agrochemistry*, no. 9, pp. 45–49.
9. Varakin, A.T., Sheveleva, S.N., Shchekutyova, N.A., Starkovskiy, B.N., Simonov, G.A. (2022) Effectiveness of cultivating pure and mixed stands of variable alfalfa in the North-West region of Russia for feed preparation. *Proceedings of NV AUK*, no. 4 (68), pp. 207–213, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-24.
10. Lukashov, V.N., Korotkova, T.N., Isakov, A.N. (2018) Effectiveness of growing perennial leguminous-grass mixtures on gray forest soils of the Kaluga region. *Vladimir Farmer*, no. 4, pp. 43–47, DOI: 10.24411/2225-2584-2018-10040.
11. Evseeva, G.V., Smirnov, S.N. (2016) Perennial herbs are the basis of forage production in Karelia. *Petrozavodsk*, 80 p.
12. Umanets, M.S., Donskikh, N.A. (2021) Domestic and foreign varieties of meadow clover (*Trifolium pratense* L.) when grown for seed purposes. *Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 12, № 6 (9), pp. 227–231.
13. Smirnov, S.N., Evstratova, L.P., Evseeva, G.V. (2018) Cultivation of variable alfalfa (*Medicago varia* Mart.) as part of legume-cereal grass mixtures in the conditions of the European North. *Feed production*, no. 11, pp. 23–26.
14. Evstratova, L.P., Nikolaeva, E.V., Evseeva, G.V. (2020) Formation of the forage mass yield and adaptability of perennial legume-cereal herbage with the participation of *Medicago varia* Mart. *Bulletin of the Russian agricultural science*. no. 6, pp. 40–44.
15. Kamova, A.I., Stepanova, T.V., Orlova, A.G., Stepanova, G.V., Rumyantseva, M.L. (2023) Methods of increasing the productivity of various varieties and hybrids of variated alfalfa in the conditions of arable farming biologization. *In the collection: Bio of conferences. International Scientific and Practical Conference “AGRARIAN SCIENCE – 2023” (AgriScience2023)*. *EDP Sciences*, p. 11001.
16. Stepanova, G.V., Ionov, A.A., Barsukov, N.M., Pyankov, A.V. (2023) Alfalfa varieties for northern cultivation regions. *Feed production*, no. 11, pp. 32–36.

17. Blagoveshchenskiy, G.V. (2008) Forage production of the Non-Chernozem zone in a changing climate. *Forage production*, no. 10, pp. 6–8.
18. Lazarev, N.N., Pyatinsky, D.V. (2016) Productive longevity of new varieties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) with intensive mowing. *Izvestiya TLCA*, issue 5.
19. Kamova, A.I., Stepanova, T.V., Orlova, A.G. (2023) Comparative assessment of varieties and varietal types of alfalfa in the conditions of the North-Western Federal District. *Feed production*, no. 10, pp. 35–37.
20. Novoselov, Yu.K., Volovik, V.T., Rudoma, V.V. (2008) Strategy for improving the raw material base for the production of vegetable oil and high-protein feeds. *Forage Production*, no. 10, pp. 2–5.
21. Timoshkin, O.A., Syomina, S.A., Timoshkina, O.Y. (2020) Formation of mixed agrophytocenoses of alfalfa and fescue in the first year of life. *Niva of the Volga Region*, no. 2 (55), pp. 58–64, DOI: 10.36461/NP.2020.2.55.010.
22. Lukashov, V.N., Isakov, A.N. (2020) Productivity, nutritional and energetic value of forage mixtures of festulolium with legumes under different sowing methods in the conditions of the Kaluga region. *Forage Production*, no. 2, pp. 13–17.
23. Kamova, A.I. (2024) Inoculation of variable alfalfa with various strains of *Sinorhizobium meliloti* in the conditions of the Republic of Karelia // *Current Problems of Science and Practice in Research of Young Scientists: Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference*. Novosibirsk: IC NGAU "Golden Ear", pp. 458–459.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Александра Игоревна Камова**, младший научный сотрудник, лаборатория агротехнологий «Вилга», Карельский научный центр Российской Академии Наук, п. Новая Вилга, Прионежский р-н, республика Карелия; <https://orcid.org/0009-0006-9113-1031>; e-mail: [avelesikkamova@yandex.ru](mailto:avelesikkamova@yandex.ru).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Alexandra I. Kamova**, Junior Researcher, Laboratory of Agricultural Technologies "Vilga", Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Novaya Vilga village, Prionezhsky district, Republic of Karelia; <https://orcid.org/0009-0006-9113-1031>; e-mail: [avelesikkamova@yandex.ru](mailto:avelesikkamova@yandex.ru).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов	The author declares no conflicts of interests
--	---

Поступила в редакцию / Received 24.10.2024  
 Поступила после рецензирования / Revised 23.11.2024  
 Принята к публикации / Accepted 25.11.2024

**Научная статья/Original article**

УДК 551.524.37; 632.111.51; 632.111.52

Код ВАК 4.1.1

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-47-58

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ  
ПРОДУКТИВНОСТИ, РОСТА И РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****О.В. Кононенко**  

Агрофизический научно-исследовательский институт


 okveda@mail.ru

**Реферат.** В данной статье отражены результаты исследования изменений климатических норм средней суточной и максимальной температур воздуха в 19 регионах с максимальным валовым сбором зерна. Приводятся расчеты для 2 летних месяцев, июня и июля, на которые приходятся основные критические фазы развития зерновых культур. Сравнение охватывает 60 лет и включает 2 непересекающихся периода в 30 лет: 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг. Согласно полученным результатам, значительные изменения температуры воздуха наблюдаются во все исследованные месяцы. В июне средняя месячная температура воздуха возросла во всех исследованных регионах, при этом для большинства повышение составило около 1 °С. Самое значимое увеличение средней суточной температуры приходится на июль, на многих метеостанциях в это время зафиксирован рост от 1 °С до 1,8 °С. Максимальные суточные температуры также показывают устойчивый рост в большинстве исследованных регионов. Наибольшее повышение приходится на июль, местами оно составляет 2 °С и более. Также в это время выявлено увеличение количества дней с максимальной температурой воздуха 30–40 °С. В июле на метеостанциях 9 регионов зафиксировано от 25% до 60% дней с максимальной температурой выше 30 °С, что для зерновых культур может быть критичным в фазе цветения и налива зерна и приводить к уменьшению количества зерен в колосе и снижению их массы. Данная информация может быть полезна при выборе культур и сортов, а также для оптимизации агротехнических приемов и мероприятий в разных регионах РФ с целью минимизации негативных последствий в различные фазы онтогенеза зерновых культур.

**Ключевые слова:** изменения климата, климатическая норма, температура воздуха, зерновые культуры, факторы продуктивности

**Для цитирования:** Кононенко О.В. Климатические изменения температурных факторов продуктивности, роста и развития зерновых культур на территории Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 47–58. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-47-58.

**CLIMATIC CHANGES IN TEMPERATURE FACTORS  
OF PRODUCTIVITY, GROWTH AND DEVELOPMENT OF GRAIN CROPS  
ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**O.V. Kononenko** ✉   
Agrophysical Research Institute  
✉ okveda@mail.ru

**Abstract.** This article reflects the results of the study of changes in climatic norms of average daily and maximum air temperatures in 20 regions with maximum gross grain harvest. Calculations are given for 2 summer months, June and July, which are the main critical phases of grain crops development. The comparison covers 60 years and includes 2 non-intersecting periods of 30 years: 1961–1990 and 1991–2020. According to the results obtained, significant changes in air temperature were observed in all months studied. In June, the mean monthly air temperature increased in all studied regions, with most of them increasing by about 1 °C. The most significant increase in mean daily temperature was in July, with many meteorological stations recording an increase from 1 °C to 1.8 °C. The maximum daily temperatures also show a steady increase in most of the studied regions. The largest increase is in July, in some places it is 2 °C and more. Also at this time, an increase in the number of days with the maximum air temperature of 30–40 °C was detected. In July, meteorological stations in 9 regions recorded from 25% to 60% of days with maximum temperatures above 30 °C, which for cereals can be critical during the flowering and grain filling phases and lead to a decrease in the number of grains in the ear and their weight. This information may be useful in the selection of crops and varieties, as well as for the optimisation of agronomic practices and measures in different regions of the Russian Federation in order to minimise negative effects in different phases of grain crop ontogenesis.

**Keywords:** climate change, climatic norm, air temperature, grain crops, productivity factors

**For citation:** Kononenko, O.V. (2024), “Climatic changes in temperature factors of productivity, growth and development of grain crops on the territory of the Russian Federation”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 47–58. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-47-58.

**Введение.** Наблюдаемые и прогнозируемые изменения климата диктуют необходимость более детального изучения основных климатических параметров. Долгопериодные изменения значений метеорологических элементов вносят существенные коррективы в температурные и влажностные условия отдельных месяцев и даже декад месяца, приходящихся на определенные критические фазы онтогенеза сельскохозяйственных культур. Например, для зерновых это фазы трубкования-колошения, цветения и налива зерна [1].

К основным факторам, влияющим на продуктивность зерновых культур, относятся среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха и осадки в критические фазы развития. Динамика фаз онтогенеза, определяющая рост и развитие зерновых, зависит от текущих погодных условий. Временной интервал фаз онтогенеза довольно велик – в зависимости от региона всходы появляются в апреле-мае, колошение и цветение зерновых приходится на июнь-июль, созревание наступает в июле-августе. Для озимых и яровых зерновых культур наступление фаз также различно [2]. Влияние минимальных температур воздуха на рост и развитие полевых культур и на распределение их статистических характеристик было изучено нами ранее [3], в данной работе приводятся результаты для средних суточных и максимальных температур воздуха.

Продуктивность растения у зерновых колосовых культур складывается из числа колосоносных стеблей, среднего числа зерен в одном колосе и массы 1000 зерен. Эти показатели сильно зависят от температурных и влажностных факторов в определенные

критические фазы развития растений [4, 5, 6]. Например, у пшеницы в фазе цветения при температурах воздуха выше 30–35 °С наблюдается череззерница, при 39–40 °С образуется пустой колос, в фазе налива и созревания при температурах выше 30 °С фиксируется уменьшение массы зерен. Уменьшение осадков и атмосферные засухи также негативно влияют на количество колосоносных стеблей, количество и массу зерен [7, 8, 9] (таблица 1).

Таблица 1. Влияние температуры воздуха на зерновые культуры  
Table 1. Effect of air temperature on cereal crops

Культура	Активная вегетация, °С	Верхний предел роста, °С	Повреждение
Пшеница	10–23	36–38	Т > 30 °С – уменьшение массы зерен; Т > 30–35 °С – череззерница; Т > 39–40 °С – образуется пустой колос При Т > 38–40 °С и сухость воздуха – паралич устьиц наступает через 10–15 ч.
Ячмень	10–23	34–38	Т > 25 °С – фиксируется щуплость зерна
Овес	10–23	34–38	Т > 25–30 °С – преждевременная спелость, усыхание, фиксируется невыполненность зерна; Т > 38–40 °С и сухость воздуха – паралич устьиц наступает через 4–5 ч.

Зависимость продуктивности зерновых от изменения климата отмечена во многих работах последних лет [10, 11]. Сравнительный анализ проводится в основном для средней суточной температуры воздуха, суммы температур за период и осадков для различных временных интервалов. Также отмечаются значительные изменения климатических норм этих метеорологических параметров по всей территории России [12, 13].

**Целью исследования** является анализ пространственно-временных изменений средней суточной и максимальной температур воздуха как лимитирующих факторов продуктивности зерновых в критические фазы онтогенеза.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для анализа климатических изменений температурных факторов продуктивности зерновых культур использованы данные наблюдений штатной метеорологической сети за средней и максимальной суточной температурой воздуха в период июнь–июль с 1961 по 2020 г. (60 лет), опубликованные Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (ВНИИГМИ-МЦД). Исследование проводилось по 19 реперным гидрометеостанциям (ГМС) штатной метеорологической сети для регионов РФ с максимальным валовым сбором зерна в 2020 г. по данным Росстата (рисунок 1, таблица 2).



Рисунок 1. Схема расположения ГМС  
Picture 1. Layout of hydrometeorological stations

Таблица 2. Валовые сборы зерна в хозяйствах всех категорий, Росстат, 2020 год  
Table 2. Gross grain yields in farms of all categories, Rosstat, 2020

Субъект РФ	Валовые сборы зерна в 2020 г., тыс. тонн
Краснодарский край	12106,5
Ростовская обл.	12470,1
Ставропольский край	5764,1
Алтайский край	3949,8
Курская обл.	5847,0
Воронежская обл.	6163,2
Волгоградская обл.	5112,4
Орловская обл.	4283,0
Саратовская обл.	5302,5
Тамбовская обл.	4917,8
Новосибирская обл.	2517,6
Белгородская обл.	3905,6
Липецкая обл.	4276,7
Омская обл.	3032,7
Красноярский край	2669,1
Татарстан	5205,3
Рязанская обл.	2795,3
Пензенская обл.	3223,7
Тульская обл.	2579,0
Башкортостан	3842,7

<sup>1</sup>ВМО № 1203. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. 2017.

<sup>1</sup>World Meteorological Organization (2017), WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, no. 1203. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Для анализа возможных изменений агроклиматических факторов за период июнь–июль использовались прогнозные значения температуры воздуха и количества осадков на 2030 г. по 23 моделям МГЭИК.

Согласно Техническому регламенту Всемирной Метеорологической Организации (ВМО), оценка изменения климатических параметров проводится на основе климатических стандартных норм за 30-летние периоды. Эти нормы применяют для мониторинга изменений климата и оценки аномальности погодных условий. В сельском хозяйстве они учитываются при выборе культур и сортов, наиболее подходящих для региона выращивания в соответствии с их агрометеорологическими потребностями. В данной работе для дальнейшей оценки агроклиматических параметров рассчитаны стандартная базовая (историческая) климатическая норма за период 1961–1990 гг. и оперативная норма за период 1991–2020 гг., а также их разности.

**Результаты исследования.** По сравнению со стандартной климатической нормой 1961–1990 гг. среднемесячные температуры июня за период 1991–2020 гг. увеличились на большинстве рассматриваемых метеостанций. Более чем на 1°C температура повысилась на ГМС Краснодар, Курск, Волгоград, Красноярск и Казань; на 0,9 °C – на ГМС Ставрополь, Воронеж и Пенза; на 0,7–0,8 °C – на ГМС Бийск-Зональная, Поньри, Богородицкое-Фенино, Конь-Колодезь и Уфа, т. е. на большинстве исследуемых метеостанций наблюдается очень значительный рост средней суточной температуры. Стандартное отклонение увеличилось на большинстве метеостанций (таблица 3).

Таблица 3. Статистические характеристики температуры воздуха, июнь  
Table 3. Statistical characteristics of air temperature, June

Субъект РФ	№ ГМС	ГМС	1961–1990 гг.		1991–2020 гг.	
			Среднее	Стандартное отклонение	Среднее	Стандартное отклонение
Краснодарский край	34927	Краснодар	20,9	1,3	22,2	1,6
Ростовская обл.	34730	Ростов-на-Дону	21,1	1,8	21,6	1,9
Ставропольский край	34949	Ставрополь	19,0	1,5	19,9	1,8
Алтайский край	29939	Бийск-Зональная	17,4	1,4	18,2	1,7
Курская обл.	34009	Курск	17,2	1,9	18,4	2,1
Воронежская обл.	34123	Воронеж	18,1	1,9	19,1	2,0
Волгоградская обл.	34561	Волгоград	21,1	1,9	22,4	2,2
Орловская обл.	34003	Поныри	16,8	1,9	17,5	1,9
Саратовская обл.	34172	Саратов	19,8	2,0	20,4	1,8
Тамбовская обл.	27947	Тамбов	18,1	2,1	18,5	2,0
Белгородская обл.	34110	Богородицкое-Фенино	17,6	1,9	18,3	1,9
Липецкая обл.	34026	Конь-Колодезь	18,1	2,0	18,8	2,0
Омская обл.	28698	Омск	17,7	1,7	18,0	2,1
Красноярский край	29570	Красноярск, оп.п.	15,8	1,5	16,9	2,0
Татарстан	27595	Казань	17,2	2,2	18,3	2,1
Рязанская обл.	27730	Рязань	17,0	2,1	17,4	2,0
Пензенская обл.	27962	Пенза	17,7	2,1	18,6	2,1
Тульская обл.	27814	Плавск	17,0	1,4	17,3	1,9
Башкортостан	28722	Уфа	17,3	1,8	17,9	2,0

Наибольший рост средней суточной температуры в июле наблюдался на ГМС Курск (+1,8 °С) и на ГМС Краснодар (+1,6 °С), Воронеж (+1,6 °С), Конь-Колодезь (+1,5 °С) и Поныри (+1,5 °С). На ГМС Ставрополь, Волгоград, Тамбов, Богородицкое-Фенино, Казань, Рязань и Пенза увеличение составило от 1,1 до 1,3 °С. Следует отметить, что на ГМС Омск среднесуточная температура июля за период 1991–2020 гг. снизилась на 0,3 °С. Стандартное отклонение возросло на большинстве метеостанций. Наибольшие колебания наблюдаются на ГМС Ростов-на-Дону (+0,5 °С) и Плавск (+0,7 °С) (таблица 4).

Таблица 4. Статистические характеристики температуры воздуха, июль  
Table 4. Statistical characteristics of air temperature, July

№ГМС	ГМС	1961–1990 гг.		1991–2020 гг.	
		Среднее	Стандартное отклонение	Среднее	Стандартное отклонение
34927	Краснодар	23,3	1,2	24,9	1,6

Продолжение таблицы 4

34730	Ростов-на-Дону	23,0	1,3	24,0	1,8
34949	Ставрополь	21,8	1,4	22,9	1,5
29939	Бийск-Зональная	19,6	1,2	20,0	1,4
34009	Курск	18,5	1,5	20,3	1,9
34123	Воронеж	19,6	1,5	21,1	1,9
34561	Волгоград	23,5	1,6	24,8	2,0
34003	Поныри	18,0	1,5	19,5	1,8
34172	Саратов	21,9	1,7	22,6	1,3
27947	Тамбов	19,4	1,7	20,7	1,9
34110	Богородицкое-Фенино	18,9	1,5	20,2	1,7
34026	Конь-Колодезь	19,5	1,6	20,9	1,9
28698	Омск	19,7	1,7	19,4	1,7
29570	Красноярск, оп.п.	18,4	1,3	19,1	1,2
27595	Казань	19,4	1,8	20,5	2,0
27730	Рязань	18,5	1,6	19,6	2,1
27962	Пенза	19,4	1,7	20,7	1,9
27814	Плавск	18,5	1,2	19,3	2,0
28722	Уфа	19,3	1,6	19,8	1,8

Усреднённая по десятилетиям среднесуточная температура июня за десятилетие 2011–2020 гг. по сравнению с 2001–2010 гг. показала существенный рост – более чем на 1 °С во всех исследованных регионах. При этом прогнозируемая на 2030 г. динамика температуры – разнонаправленная: примерно на половине станций прогнозируется рост, на остальных – снижение температуры (рисунок 2).

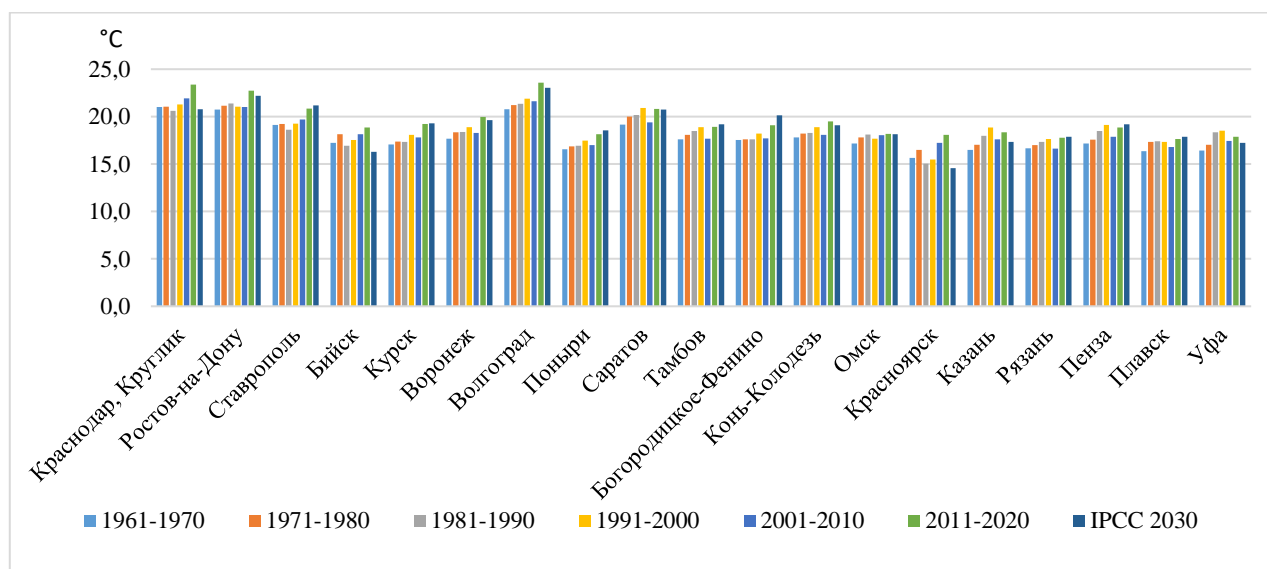


Рисунок 2. Среднесуточная температура воздуха, усредненная по десятилетиям и по прогнозным значениям ИПСС, июнь  
Picture 2. Average daily air temperature averaged over decades and according to IPCC forecast values, June

В июле за последнее десятилетие 2011–2021 гг. температура воздуха показывает как рост, так и снижение в пределах от  $-0,5$  °C до  $+0,5$  °C. Однако в 2030 г. прогнозируется существенный рост температур в большинстве регионов, за исключением Краснодара, Красноярска и Казани (рисунок 4).

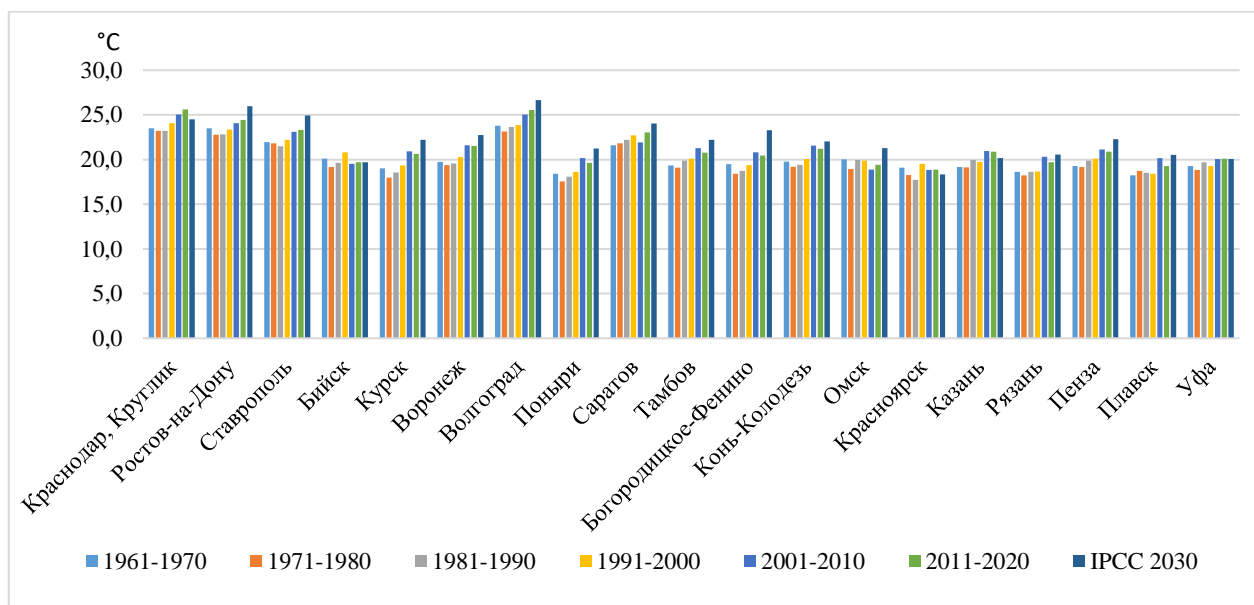


Рисунок 3. Среднесуточная температура воздуха, усредненная по десятилетиям и по прогнозным значениям IPCC, июль

Picture 3. Average daily air temperature averaged over decades and according to IPCC forecast values, July

Максимальная суточная температура воздуха в июне–июле за период 1991–2020 гг. повысилась на всех метеостанциях, и только на ГМС Омск зафиксировано небольшое снижение. В некоторых регионах средняя максимальная температура июня превышает  $25$  °C, а в Краснодаре и Волгограде составляет  $28,1$  °C. Более чем на  $1$  °C средняя максимальная температура повысилась в 8 регионах, значительное повышение отмечено на ГМС Пенза ( $+1,7$  °C) (таблица 5). В июле практически во всех исследованных регионах средняя максимальная температура воздуха превысила  $25$  °C. На ГМС Краснодар, Ставрополь, Ростов-на-Дону, Волгоград средние максимальные показатели превысили  $30$  °C, что является критическим для определенных фаз многих зерновых культур (таблица 1). В период с 1991 по 2020 г. на 14 метеостанциях средние максимальные температуры повысились более чем на  $1$  °C. В Ставрополе, Воронеже, Поньрях, Тамбове, Конь-Колодезе и Пензе рост средней максимальной температуры составил от  $1,9$  °C до  $2,4$  °C, и это очень серьезное повышение для такого короткого периода.

Таблица 5. Средняя максимальная суточная температура воздуха, °С  
Table 5. Average maximum daily air temperature, °C

№ ГМС	Регион	Июнь			Июль		
		1961– 1990 гг.	1991– 2020 гг.	Разность	1961– 1990 гг.	1991– 2020 гг.	Разность
34927	Краснодар	26,9	<b>28,1</b>	<b>1,2</b>	29,5	<b>31,0</b>	<b>1,5</b>
34730	Ростов-на-Дону	26,9	<b>27,5</b>	0,6	29,2	<b>30,1</b>	0,9
34949	Ставрополь	24,5	<b>25,7</b>	<b>1,2</b>	27,6	<b>30,0</b>	<b>2,4</b>
29939	Бийск	24,6	<b>25,1</b>	<b>0,5</b>	26,5	<b>26,6</b>	<b>0,1</b>
34009	Курск	22,5	<b>23,5</b>	<b>0,9</b>	23,7	<b>25,5</b>	<b>1,7</b>
34123	Воронеж	24,0	<b>25,1</b>	<b>1,0</b>	25,4	<b>27,3</b>	<b>1,9</b>
34561	Волгоград	26,8	<b>28,1</b>	<b>1,3</b>	29,2	<b>30,7</b>	<b>1,4</b>
34003	Поныри	22,3	<b>23,3</b>	<b>1,0</b>	23,5	<b>25,4</b>	<b>1,9</b>
34172	Саратов	25,7	<b>26,8</b>	<b>1,1</b>	27,8	<b>28,9</b>	<b>1,1</b>
27947	Тамбов	23,9	<b>24,7</b>	<b>0,8</b>	25,1	<b>27,1</b>	<b>2,0</b>
34110	Богородицкое-Фенино	23,3	<b>24,2</b>	<b>0,9</b>	24,6	<b>26,3</b>	<b>1,7</b>
34026	Конь-Колодезь	24,2	<b>25,1</b>	<b>0,9</b>	25,4	<b>27,4</b>	<b>2,0</b>
28698	Омск	24,0	<b>23,8</b>	<b>-0,2</b>	25,5	<b>25,0</b>	<b>-0,5</b>
29570	Красноярск	22,4	<b>23,5</b>	<b>1,1</b>	23,5	<b>25,2</b>	<b>0,7</b>
27595	Казань	22,7	<b>23,6</b>	<b>0,8</b>	24,8	<b>25,8</b>	<b>1,0</b>
27730	Рязань	22,7	<b>23,4</b>	<b>0,7</b>	24,1	<b>25,6</b>	<b>1,5</b>
27962	Пенза	23,2	<b>24,9</b>	<b>1,7</b>	25,0	<b>27,0</b>	<b>2,0</b>
27814	Плавск	22,4	<b>22,7</b>	<b>0,3</b>	23,7	<b>24,9</b>	<b>1,2</b>
28722	Уфа	23,8	<b>24,3</b>	<b>0,5</b>	25,5	<b>26,0</b>	<b>0,5</b>

Абсолютные значения максимальных суточных температур воздуха интересны с точки зрения воздействия аномально высоких температур воздуха на различные фазы онтогенеза зерновых культур. Например, температуры свыше 30 °С во время их цветения могут приводить к череззернице. Колошение и цветение зерновых культур в большинстве регионов приходится на июнь. В большинстве исследованных регионов за период 1991–2020 гг. максимальные температуры были в диапазоне 20–30 °С, что не является критическим для роста и развития указанных культур. Однако стоит отметить, что в 4 регионах отмечено более 25% дней с максимальной дневной температурой выше 30 °С: в Волгограде (36%), Краснодаре

(30%), Ростове-на-Дону (29%) и Саратове (25%). Более 15% дней с такой же температурой наблюдалось в Пензе (17%), Рязани (16%), Тамбове (16%), Конь-Колодезе (16%) (таблица 6), что в зависимости от продолжительности температурного воздействия может давать негативный эффект на конечную продуктивность.

Таблица 6. Количество дней (в %) с максимальной температурой воздуха по температурным диапазонам за период 1991–2020 гг., июнь

Table 6. Number of days (in %) with maximum air temperature by range for the period 1991–2020, June

№ ГМС	Регион	5,1– 15,0 °С	15,1– 20,0 °С	20,1– 25,0 °С	25,1– 30,0 °С	30,1– 35,0 °С	35,1– 40,0 °С
34927	Краснодар	0	2	19	49	<b>27</b>	<b>3</b>
34730	Ростов-на-Дону	0	3	27	41	<b>27</b>	<b>2</b>
34949	Ставрополь	1	9	34	42	15	0
29939	Бийск	2	12	31	42	12	0
34009	Курск	2	21	38	34	5	0
34123	Воронеж	1	14	35	37	14	0
34561	Волгоград	0	4	23	37	<b>30</b>	<b>6</b>
34003	Поныри	3	22	38	32	5	0
34172	Саратов	0	6	31	36	<b>21</b>	<b>4</b>
27947	Тамбов	2	16	35	32	15	1
34110	Богородицкое-Фенино	2	15	39	33	10	0
34026	Конь-Колодезь	1	13	34	36	15	1
28698	Омск	7	18	33	30	12	0
29570	Красноярск	6	20	33	34	7	0
27595	Казань	5	18	37	30	9	1
27730	Рязань	1	8	38	41	15	1
27962	Пенза	2	15	34	32	15	2
27814	Плавск	3	27	38	27	5	0
28722	Уфа	4	15	36	31	13	0

В июле у большинства зерновых культур происходит налив и созревание зерна. Критичными для этого периода являются максимальные температуры выше 30 °С, которые влияют на преждевременную спелость и усыхание зерна.

Согласно проведенному анализу, в июле за период 1991–2020 гг. на большинстве метеостанций максимальная температура воздуха более чем в 40% дней находится в пределах 25–30 °С. При этом большое количество дней с максимальными температурами выше 30 °С зафиксировано на ГМС Краснодар (59%), Волгоград (56%), Ростов-на-Дону (50%), Ставрополь (48%) Саратов (39%), Воронеж (25%), Пенза (25%) и Тамбов (25%) (таблица 7).

Таблица 7. Количество дней (%) с максимальной температурой воздуха по диапазонам за период 1991–2020 гг., июль

Table 7. Number of days (in %) with maximum air temperature by range for the period 1991–2020, July

№ ГМС	Регион	10,1– 15,0 °С	15,1– 20,0 °С	20,1– 25,0 °С	25,1– 30,0 °С	30,1– 35,0 °С	35,1– 40,0 °С
34927	Краснодар	0	0	4	37	<b>46</b>	<b>13</b>
34730	Ростов-на-Дону	0	0	8	42	<b>38</b>	<b>12</b>
34949	Ставрополь	0	2	17	58	<b>43</b>	<b>5</b>
29939	Бийск	0	5	27	49	17	1
34009	Курск	1	8	38	40	13	1
34123	Воронеж	0	4	27	44	<b>22</b>	<b>3</b>
34561	Волгоград	0	0	6	37	<b>42</b>	<b>14</b>
34003	Поныри	1	9	39	39	12	1
34172	Саратов	0	1	16	44	<b>31</b>	<b>8</b>
27947	Тамбов	0	4	28	43	<b>22</b>	<b>3</b>
34110	Богородицкое-Фенино	0	6	34	42	16	2
34026	Конь-Колодезь	0	4	27	43	<b>23</b>	<b>4</b>
28698	Омск	1	13	34	41	10	1
29570	Красноярск	1	9	39	41	10	0
27595	Казань	1	8	33	42	15	1
27730	Рязань	1	8	37	40	14	1
27962	Пенза	0	4	30	41	<b>22</b>	<b>3</b>
27814	Плавск	1	12	40	35	11	1
28722	Уфа	1	9	31	42	17	1

**Выводы.** При сравнении данных стандартной (исторической) климатической нормы 1961–1990 гг. с оперативной нормой 1991–2020 гг. отмечается значительный рост средней месячной температуры воздуха во все исследованные месяцы в подавляющем большинстве регионов более чем на 1 °С.

Максимальные суточные температуры воздуха за последние 30 лет в июне и июле показали устойчивый рост во всех регионах. Наибольший рост приходится на июль, где в 10 регионах максимальная температура повышалась на 1,5 °С и более. При этом в Краснодаре, Ставрополе, Ростове-на-Дону, Волгограде средние максимальные превысили 30 °С.

В июле на метеостанциях Краснодар, Волгоград, Ростов-на-Дону и Ставрополь наблюдалось около 50% дней с максимальной дневной температурой в диапазоне 30–40 °С, что является критическим для зерновых культур в фазе налива зерна.

В целом температурные параметры исследованных регионов по-прежнему благоприятны для выращивания зерновых культур. Однако следует принимать во внимание рост максимальных температур воздуха, которые, как и уменьшение количества осадков, атмосферные засухи, способны нанести большой урон урожаю, и выбирать сорта и культуры, наиболее устойчивые к этим проявлениям погоды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усков, И.Б., Усков, А.О. Основы адаптации земледелия к изменениям климата. – СПб.: Нестор-История, 2014 г. – 385 с.

2. Грингоф, И.Г., Клещенко, А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
3. Кононенко, О.В. Климатическая обусловленность сроков возникновения агробиологических рисков радиационных заморозков в Северо-Западном регионе России // *Агрофизика*. – 2020. – № 4. – С. 40–45.
4. Rodriguez, D., Sadras, V.O. (2007) The limit to wheat water-use efficiency in eastern Australia: I. Gradients in the radiation environment and atmospheric demand. *Aust. J. Agric. Res.*, no. 58, pp. 287–302.
5. Fischer, R. (1985) Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.*, no. 105, pp. 447–461.
6. Eitzinger, J., Thaler, S., Schmid, E., Strauss, F., Ferrise, R., Moriondo, M., Bindi, M., Palosuo, T., Rötter, R., Kersebaum, K.C., Olesen, J. E., Patil, R.H., Aylan, L.S. Çaldag, B., Çaylak, O. (2013) Sensitivities of crop models to extreme weather conditions during flowering period demonstrated for maize and winter wheat in Austria, *Journal of Agricultural Science*, no. 151, pp. 813–835.
7. Barlow, K.M., Christy, B.P., O’Leary, G.J., Riffkin, P.A., Nuttall, J.G. (2015), Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: a review, *Field Crops Res.*, no. 171, pp. 109–119.
8. Stone, P., Nicolas, M. (1994), Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress, *Funct. Plant Biol.*, no. 21, pp. 887–900.
9. Wardlaw, I., Dawson, I., Munibi, P., Fewster, R. (1989), The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth: I. Survey procedures and general response patterns, *Aust. J. Agric. Res.*, no. 40, pp. 1–13.
10. Павлова, В.Н., Карачёноква, А.А., Оценка изменений климатически обусловленной урожайности яровой пшеницы в земледельческой зоне России // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2020. – Том 4. – С. 68–87.
11. Ормели, Е.И. Пряхина, С.И. Цетва, Н.М. Цетва, И.С. Милованов, И.В. Влияние агрометеорологических факторов на продуктивность зерновых культур по муниципальным районам Саратовской области // *Метеорология и гидрология*. – 2023. – № 10. – С. 37–46.
12. Коршунова, Н.Н., Швець, Н.В. Региональные особенности изменения норм основных климатических параметров на территории России // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. – 2023. – № 1 (387). – С. 131–147.
13. Титкова, Т.Б., Золотокрылин, А.Н. Летние климатические изменения на юге Европейской России // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2022. – Том 8, № 1. – С. 107–121.

#### REFERENCES

1. Uskov, I.B., Uskov, A.O. (2014), *Bases for adaptation of agriculture to climate change*, Nestor-Istoriya, St. Petersburg, Russia.
2. Gringof, I.G., Kleshchenko, A.D., (2011), *Osnovy selskoxozyajstvennoj meteorologii. Tom I. Potrebnost selskoxozyajstvennyx kultur v agrometeorologicheskix usloviyax i opasnye dlya selskoxozyajstvennogo proizvodstva pogodnye usloviya*, FGBU «VNIIGMI-MCzD», Obninsk, Russia, 208 p.
3. Kononenko, O.V. (2020), Klimaticheskaja obuslovlennost' srokov voznikovenija agrobiologicheskix riskov radiacionnyh zamorozkov v Severo-Zapadnom regione Rossii [Climatic conditioning of the timing of agrobiological risks of radiation frosts in the North-West region of Russia], *Агрофизика*, no. 4, pp. 40–45. (In Russ.).

4. Rodriguez, D., Sadras, V.O. The limit to wheat water-use efficiency in eastern Australia: I. Gradients in the radiation environment and atmospheric demand. *Aust. J. Agric. Res.*, 58 (2007), pp. 287–302.
5. Fischer, R. (1985) Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.*, no. 105, pp. 447–461.
6. Eitzinger, J., Thaler, S., Schmid, E., Strauss, F., Ferrise, R., Moriondo M., Bindi M., Palosuo T., Rötter R., Kersebaum K.C., Olesen J. E., Patil R.H., Aylan L. S. Çaldag B., Çaylak O. (2013) Sensitivities of crop models to extreme weather conditions during flowering period demonstrated for maize and winter wheat in Austria, *Journal of Agricultural Science*, no. 151, pp. 813–835.
7. Barlow, K.M., Christy, B.P., O’Leary, G.J., Riffkin, P.A., Nuttall, J.G. (2015), Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: a review, *Field Crops Res.*, no. 171, pp. 109–119.
8. Stone, P., Nicolas, M. (1994), Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress, *Funct. Plant Biol.*, no. 21, pp. 887–900.
9. Wardlaw, I., Dawson, I., Munibi, P., Fewster, R. (1989), The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth: I. Survey procedures and general response patterns, *Aust. J. Agric. Res.*, no. 40, pp. 1–13.
10. Pavlova, V.N. Karachenkova, A.A. (2020), Assessment of changes in climate-based productivity of summer wheat in the main regions of its cultivation in Russia, *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 4, pp. 68–87. (In Russ.).
11. Ormeli, E.I. Pryakhina, S.I. Tsetva, N.M. Tsetva, I.S. Milovanov, I.V. (2023), Influence of agrometeorological factors on the productivity of grain crops in the municipal regions of the Saratov oblast, *Meteorology and Hydrology*, no. 10, pp. 37–46. (In Russ.).
12. Korshunova, N.N., Shvets, N.V. (2023), Regional features of changes in the normals of the main climatic parameters in Russia, *Hydrometeorological research and forecasting*, no. 1 (387), pp. 131–147. (In Russ.).
13. Titkova, T.B., Zolotokrylin, A.N. (2022), Summer climate change in the south of European Russia, *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*, Tom 8, no. 1, pp. 131–147. (In Russ.).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Ольга Владимировна Кононенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, лаборатория агроклимата № 150, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3583-5166>, SPIN-код: 3351-7297, AuthorID: 130841; e-mail: okveda@mail.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Olga V. Kononenko**, Cand. Sci. (Agric.), Researcher, Agro-Climate Laboratory No.150, Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", St. Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3583-5166>, SPIN-code: 3351-7297, AuthorID: 130841; e-mail: okveda@mail.ru.

<b>Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов</b>	<b>The author declares no conflicts of interests</b>
---	--

Поступила в редакцию / Received 23.08.2024

Поступила после рецензирования / Revised 11.11.2024

Принята к публикации / Accepted 15.11.2024

Научная статья/Original article

УДК 633.37


Код ВАК 4.1.1

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-59-67

## КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ СОРТА ЮБИЛЯР КАК ЦЕННАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА

А.Б. Никулин  , В.А. Матвеев 

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет





 anatolnikul@yandex.ru

**Реферат.** Молочное животноводство является основной отраслью сельского хозяйства Северо-Запада России, что требует создания устойчивой и продуктивной кормовой базы. В настоящее время перед кормопроизводством стоят актуальные задачи: повышение урожайности кормовых культур и их эффективное использование, а также создание новых луговых агрофитоценозов. Современное кормопроизводство сконцентрировано на использовании бобовых и бобово-злаковых травостоев, из которых преимущественно готовят корма. Однако малое разнообразие кормовых растений затрудняет создание разнообразных агроценозов. В связи с этим козлятник восточный (*Galega orientalis Lam.*) является перспективной бобовой культурой, которая обладает высоким долголетием, мало повреждается болезнями и вредителями, а также имеет высокие кормовые качества. Но из-за недостаточной проработанности технологии возделывания эта культура не популярна в кормопроизводстве и занимает лишь малую часть площадей в регионе. В связи с этим научное обоснование создания долголетних и высокопродуктивных травостоев с козлятником восточным имеет большое практическое значение. Целью работы является научное обоснование создания травостоев с козлятником восточным сорта Юбиляр с пониженной нормой высева. Задачи исследований: анализ ботанического состава травостоев; определение урожайности травостоев; химический анализ кормовой массы. Козлятник восточный сорта Юбиляр высевался с разными нормами высева: 26 кг/га (100%), 19,5 (75%) и 13 кг/га (50%) в смеси с тимофеевкой луговой (*Phleum pratense L.*) сорта Ленинградская 204. За годы исследований урожайность изучаемого сорта Юбиляр варьировала от 40,3 т/га до 71,9 т/га зеленой массы и от 10,8 т/га до 17,9 т/га сухой массы в сумме за два укоса. Уменьшение нормы высева козлятника восточного на 25% и 50% не оказывало влияния на урожайность и ботанический состав травостоев по сравнению с вариантом со 100% нормой высева козлятника восточного.

**Ключевые слова:** луговое кормопроизводство, бобовая культура, козлятник восточный, норма высева, урожайность, химический состав

**Для цитирования:** Никулин А.Б., Матвеев В.А. Козлятник восточный сорта Юбиляр как ценная кормовая культура // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 59–67, DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-59-67.

EASTERN GOAT'S RUE OF THE YUBILJAR VARIETY  
AS A VALUABLE FORAGE CROPS

A.B. Nikulin  , V.A. Matveyev   
Saint-Petersburg State Agrarian University  
 anatolnikul@yandex.ru

**Abstract.** Dairy cattle breeding is the main branch of agriculture in the North-West of Russia, which requires the creation of a sustainable and productive fodder base. Currently, fodder production is facing urgent tasks: increasing the yield of fodder crops and their efficient use, as well as the creation of new meadow agrophytocenoses. Modern fodder production is concentrated on the use of legumes and legume-grasses, from which fodder is mainly prepared. However, the low diversity of fodder plants makes it difficult to create diverse agroecosystems. In this regard, the eastern goat's rue (*Galega orientalis Lam.*) is a promising legume crop, which has a high longevity, little damage from diseases and pests, and has high fodder qualities. However, due to insufficient elaboration of cultivation technology, this crop is not popular in fodder production and occupies only a small part of the area in the region. In this regard, scientific substantiation of creation of long-lasting and high-yielding grass stands with eastern goat's rue is of great practical importance. The aim of the work is to create grass stands with eastern goat's rue of the Jubilee variety with a reduced seeding rate. Research objectives: analysis of botanical composition of grass stands; determination of grass yield; chemical analysis of fodder mass. The eastern goat's rue of the Jubilee variety was sown with different seeding rates: 26 kg/ha (100%), 19,5 (75%) and 13 kg/ha (50%) mixed with timothy (*Phleum pratense L.*) Leningradskaya 204 variety. Over the years of research, the yield of the studied Jubilee variety varied from 40.3 t/ha to 71.9 t/ha of green mass and from 10.8 t/ha to 17.9 t/ha of dry mass in total for two mowing. Reducing the seeding rate of eastern goat's rue by 25% and 50% had no effect on the yield and botanical composition of grass stands compared to the variant with 100% seeding rate of eastern goat's rue.

**Key words:** meadow fodder production, legume crop, eastern goat's-rue, seeding rate, yield, chemical composition

**For citation:** Nikulin A.B., Matveyev V.A. (2024), "Eastern goat's rue of the Yubiljar variety as a valuable fodder crops", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 59–67. (In Russ., DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-59-67).

**Введение.** Получение полноценных и дешевых кормов для животноводства в рамках сегодняшней экономики без работающей системы кормопроизводства невозможно. Для производства высококачественной молочной продукции требуется сбалансированный рацион кормления животных, который состоит преимущественно из растительных кормов. Использование небольшого набора культур приводит к ухудшению питательности и снижению привлекательности корма для животных. Данная проблема может быть решена благодаря внедрению новых культур, таких как козлятник восточный [1, 2].

В настоящее время много внимания уделяется экологической безопасности производства кормов, адаптации кормовых культур к изменяющемуся климату и эффективному использованию земельных ресурсов. Одной из перспективных стратегий развития кормопроизводства является улучшение структуры посевных площадей за счет внедрения многофункциональных бобовых культур. К таким культурам можно отнести козлятник восточный, обладающий уникальными агротехнологическими характеристиками [3, 4].

Козлятник восточный благодаря своей питательности, устойчивости к патогенным организмам, пластичности и способности к самовосстановлению может стать перспективной

культурой для создания устойчивых и высокопродуктивных агроценозов. Внедрение козлятника восточного в кормопроизводство поможет повысить продуктивность сельскохозяйственных животных и устойчивость агроэкосистем [5, 6, 7].

**Цель исследования** – научное обоснование создания высокопродуктивных травостоев с козлятником восточным сорта Юбиляр. Задачи исследований включали анализ ботанического состава травостоев, определение урожайности травостоев, проведение химического анализа кормовой массы.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводились на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. При создании экспериментальных травостоев с козлятником восточным был использован сорт Юбиляр, который был высеян в смешанном посеве с тимофеевкой луговой сорта Ленинградская 204.

Одновидовые посевы козлятника восточного малопродуктивны и подвержены зарастанию инвазионной растительностью в первые годы пользования. Данное обстоятельство дискредитирует козлятник восточный в кормопроизводстве. Для предотвращения внедрения несеянных видов в травостой целесообразно использование тимофеевки луговой. Тимофеевка луговая благодаря своим биологическим особенностям позволяет получать урожай уже в первый год пользования травостоями и уменьшить количество насеянных видов.

Козлятник восточный высевался с разными нормами посева: 13 кг/га (50%), 19,5 кг/га (75%) и 26 кг/га (100%). Предполагалось, что снижение нормы посева козлятника восточного на 50% и 25% в течение нескольких лет не окажет отрицательного влияния на формирование устойчивого долгодетного травостоя и его урожайность. Кроме того, необходимо отметить, что сложность в семеноводстве многолетних трав в настоящее время препятствует их использованию в сельском хозяйстве. Поэтому исследование технологии возделывания козлятника восточного с уменьшенной нормой посева актуально.

Экспериментальные травостои были созданы на дерново-карбонатной почве с близкой к нейтральной реакцией среды, с очень высоким содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия (по Кирсанову). Показатели пахотного горизонта почвы благоприятны для выращивания козлятника восточного.

Исследования на полевом опыте проводились в соответствии с методикой, рекомендованной ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса.<sup>1</sup>

В биохимической лаборатории СПбГАУ в отобранных растительных образцах были определены общий азот<sup>2</sup>, сырой жир<sup>3</sup>, сырая клетчатка<sup>4</sup>, сырая зола<sup>5</sup>.

**Результаты исследований.** Ботанический состав играет важную роль при формировании травостоев. Этот признак отражает не только количественные, но и качественные характеристики кормов, а также говорит о взаимодействии растений друг с другом и окружающей средой. Ботанический состав косвенно влияет на урожайность, устойчивость травостоя к неблагоприятным условиям среды и возможность получать из него полноценные, качественные и питательные корма [8].

Исследования показали, что уменьшение нормы посева козлятника восточного не повлияло на ботанический состав травостоев. Активное вегетативное размножение козлятника восточного является ценной биологической особенностью, которая позволяет

<sup>1</sup> Методические указания по проведению научных исследований на сенокосах и пастбищах / А.А. Кутузова, А.А. Зотов, Л.С. Трофимова и др. – М.: ВНИИК, 1996. – 152 с.

<sup>2</sup> Межгосударственный стандарт ГОСТ 13496.4-2019 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина».

<sup>3</sup> Межгосударственный стандарт ГОСТ 13496.15-2016 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира».

<sup>4</sup> Межгосударственный стандарт ГОСТ 31675-2012 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации».

<sup>5</sup> Межгосударственный стандарт ГОСТ 32933-2014 «Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы».

данному бобовому виду быстро распространяться и занимать новые площади. Так, если в первый год пользования травостоев доля козлятника восточного не превышала 10%, то уже на третий год пользования его доленое участие в травостоях превышало 60%. Смешанный посев с тимофеевкой луговой позволил снизить доленое участие несеянных видов в травостоях, особенно в первый и второй год их использования, когда доленое участие козлятника восточного было низким. С четвертого года пользования тимофеевка луговая выпала из травостоев, и ее место занял козлятник восточный [9].

Анализ ботанического состава изучаемых травостоев с козлятником восточным показал, что на шестой и седьмой года пользования травостоями применение в технологии возделывания приема уменьшения нормы высева козлятника восточного не оказало влияния на доленое участие этого бобового вида в рассматриваемых вариантах. Более того, варианты со сниженной нормой высева не уступали варианту со 100% нормой высева козлятника восточного (таблица 1).

Таблица 1. Ботанический состав изучаемых травостоев  
Table 1. Botanical composition of the studied grass stands

№	Варианты	% по сухой массе			
		1 укос		2 укос	
		сеянный бобовый вид	несеянные виды	сеянный бобовый вид	несеянные виды
2023 год					
1	Норма высева 13 кг/га	85,4	14,6	91,2	8,8
2	Норма высева 19,5 кг/га	91,5	8,5	94,3	5,7
3	Норма высева 26 кг/га	87,6	12,4	92,5	7,5
2024 год					
1	Норма высева 13 кг/га	98,8	1,2	99,4	0,6
2	Норма высева 19,5 кг/га	98,6	1,4	98,9	1,1
3	Норма высева 26 кг/га	97,8	2,2	98,5	1,5

В первый год пользования урожайность сухой массы травостоев с козлятником восточным была обеспечена тимофеевкой луговой и составляла в среднем 8,5 т/га. Начиная со второго года пользования урожайность изучаемых травостоев возросла и составляла более 10 т/га сухой массы. Исследования показали, что прием снижения нормы высева козлятника восточного не повлиял в последующие годы на урожайность травостоев. Так, на шестой год пользования травостоями наибольший урожай сухой массы обеспечили варианты с 75% и 100% нормами высева козлятника восточного – 14,2 и 14,1 т/га соответственно ( $НСР_{0,05} = 0,1$  т/га), а на седьмой год наибольшая урожайность была получена в варианте с нормой высева 75% – 18,8 т/га ( $НСР_{0,05} = 0,5$  т/га) (таблица 2).

Таблица 2. Сбор сухой массы в изучаемых травостоях, т/га  
Table 2. Dry mass yield in the studied grass stands, t/ha

№	Варианты	2023 год	2024 год	Среднее
1	Норма высева 13 кг/га	14,0	15,3	14,6
2	Норма высева 19,5 кг/га	14,2	18,8	16,5
3	Норма высева 26 кг/га	14,1	15,6	15,0
НСР <sub>0,05</sub>		0,1	0,5	0,4

В ходе анализа урожайности было установлено, что уменьшение нормы высева козлятника восточного не оказывает значительного влияния на урожайность травостоев на протяжении нескольких лет. Более того, урожайность вариантов с меньшей нормой высева в некоторые годы была выше, чем у варианта со 100% нормой высева козлятника восточного.

Химический анализ кормов играет ключевую роль в оценке их качества и пищевой ценности для кормления животных. Данные такого анализа необходимы для составления сбалансированного рациона, что помогает снижать заболеваемость и увеличивать продуктивность животных. Кормовая масса козлятника восточного выделяется среди других бобовых культур высоким содержанием легко усвояемых белков, что делает ее хорошим источником аминокислот для животных. Также содержание нейтральной и кислотно-детергентной клетчатки в кормовой массе способствует лучшей переваримости и усвоению питательных веществ у животных [10, 11]. Высокую степень переваримости питательных веществ кормов из козлятника восточного отмечают в ранние фазы вегетации, а именно в период стеблевания – начала бутонизации [12, 13].

Если сравнить козлятник восточный с клевером луговым и люцерной посевной, то можно сказать, что по своей питательной ценности козлятник восточный не только не уступает, но и по некоторым показателям даже превосходит эти культуры. Козлятник восточный богат протеином, витаминами и минеральными веществами, также в нем содержатся флавоноиды и фенольные соединения, по общему содержанию которых он превосходит люцерну посевную, также он обладает высоким лактогенным действием из-за высокого содержания галегина [14, 15]. Таким образом, использование козлятника восточного в рационе коров целесообразно – это может способствовать увеличению молочной продуктивности и повышению качества молока.

Химический анализ кормовой массы козлятника восточного показал, что по содержанию сырого жира, сырой золы, сырого протеина и сырой клетчатки она соответствует зоотехническим нормам кормления. Обменная энергия является важным показателем питательности кормов. Среди изучаемых вариантов в 1 укосе выделялся вариант с 50% нормой высева козлятника восточного, а во втором укосе – вариант с 75% нормой высева козлятника восточного, где концентрация обменной энергии в 1 кг кормовой массы превышала другие варианты (таблица 3).

Таблица 3. Химический состав и питательная ценность кормовой массы козлятника восточного, в 1 кг сухой массы  
Table 3. Chemical composition and nutritional value of the fodder mass of the eastern goat's rue, in 1 kg of dry weight

№	Варианты	Укосы	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %	Сырая зола, %	Сырой протеин, %	БЭВ, %	Обменная энергия, МДж
1	Норма высева 13 кг/га	1	3,8	26,3	8,6	27,0	28,3	9,1
		2	3,9	24,4	10,4	21,5	32,9	9,4
2	Норма высева 19,5 кг/га	1	3,6	27,5	8,6	28,4	25,8	7,9
		2	3,6	17,0	9,9	22,0	41,5	10,4
3	Норма высева 26 кг/га	1	3,1	27,5	8,0	27,2	26,8	8,1
		2	3,7	22,4	11,5	22,5	32,9	8,4

**Выводы.** Укосные травостой с козлятником восточным в условиях Ленинградской области могут быть основой кормовой базы для молочного животноводства, поскольку позволяют получать высокие урожаи хорошего качества. При создании таких травостоев рекомендуется снижать норму высева козлятника восточного на 25%, так как этот прием в технологии возделывания козлятника восточного не приводит к снижению урожайности травостоев и ухудшению питательной ценности кормовой массы. Изучаемые травостой с козлятником восточным обеспечивают в среднем сбор сухой массы до 16,5 т/га и выход обменной энергии до 167,8 ГДж/га.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутузова, А.А. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечернозёмной зоне РФ / А. А. Кутузова, А. С. Шпаков, В. М. Косолапов, Д. М. Тебердиев, В.Т. Воловик // Кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 3–9.
2. Матвеев, В.А. Формирование укосных травостоев с козлятником восточным сорта Юбиляр в условиях Ленинградской области / В. А. Матвеев // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся, Санкт-Петербург – Пушкин, 15–17 марта 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2023. – С. 121–125.
3. Вагунин, Д.А. Луговые сеяные агроценозы на основе перспективных многолетних трав в условиях Верхневолжья / Д. А. Вагунин, Н. Н. Иванова // Кормопроизводство. – 2022. – № 5. – С. 3–7.
4. Иванова, М.В. Сравнительная эффективность бобово-злаковых травостоев на основе козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) / М. В. Иванова, А. А. Плотников // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 1. – С.10–13.
5. Донских, Н.А. Формирование травостоев с козлятником восточным отечественных сортов в первый год жизни в условиях Ленинградской области / Н. А. Донских, В. А. Веселков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1 (70). – С. 9–18. – DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-9-18.
6. Лазарев, Н.Н. Продуктивность козлятника восточного в зависимости от способов посева и длительности использования травостоев / Н. Н. Лазарев, А. И. Головня, Н. И. Разумейко, Е.М. Куренкова // Кормопроизводство. – 2019. – № 3. – С. 28–33.

7. Лазарев, Н.Н. Использование козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) при подсева в дернину луговых травостоев / Н. Н. Лазарев, Ф. В. Зубков, А. Ю. Бойцова, Е. М. Куренкова, О. В. Кухаренкова // Кормопроизводство. – 2023. – № 10. – С. 8–12.
8. Povilaitis, V. The productivity and energy potential of alfalfa, fodder galega and maize plants under the conditions of the nemoral zone / V. Povilaitis, A. Slepeliene, J. Slepetytis, S. Lazauskas et al. // Acta Agr. Scand. – 2016. – Vol. 66. – № 3. – Pp. 259–266.
9. Никулин, А.Б. Формирование укосных травостоев с козляником восточным сорта Юбиляр с разными нормами высева в условиях Ленинградской области / А. Б. Никулин, А. Ю. Погодина, А. Л. Кокорина, Ф. Ф. Ганусевич // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (74). – С. 16–24. – DOI: 10.24412/2078-1318-2023-5-16-24.
10. Михайлова, И.В. Стабильность и пластичность хозяйственно ценных признаков у образцов козлятника восточного в условиях Мурманской области / И. В. Михайлова, А. Б. Хвостова, Л. Л. Малышев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23, № 3. – С. 343–350. – DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.343-350.
11. Symanowicz, B. Eastern galega (*Galega orientalis* lam.) as potential energy plant / Symanowicz, B., Kalembasa, S. // Przemysl Chemiczny. – 2019. – Vol. 98. – No. 1. – Pp. 48–51.
12. Лазарев, Н.Н. Изменение урожайности и агрохимических показателей почвы при долголетнем возделывании козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) / Н. Н. Лазарев, О. В. Кухаренкова, Е. М. Куренкова, А. Ю. Бойцова // Кормопроизводство. – 2021. – № 8. – С. 26–31.
13. Dubis, B. Biomass yield and energy balance of fodder galega in different production technologies: An 11-year field experiment in a large-area farm in Poland / B. Dubis, K.J. Jankowski, M.M. Sokolski, D. Załuski et al. // Renewable Energy, Elsevier. – 2020. – Vol. 154 (C). – Pp. 813–825.
14. Вагунин, Д.А. Формирование высокопродуктивных бобово-злаковых агроценозов долголетнего пользования на основе козлятника восточного / Д. А. Вагунин, Н. Н. Иванова // Кормопроизводство. – 2023. – № 4. – С. 8–14.
15. Symanowicz, B. Possibilities of using fodder galega in the energy sector and agriculture / Symanowicz, B., Becher, M., Kalembasa, S., Jezowski, S. // Applied Ecology and Environmental Research. – 2019. – Vol. 17. – No. 2. – Pp. 2677–2687.

## REFERENCES

1. Kutuzova, A.A., Shpakov, A.S., Kosolapov, V.M., Teberdiev, D.M., Volovik V.T. (2021), The state and prospects of development of feed production in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation, *Kormoproizvodstvo*, vol. 2, pp. 3–9. (In Russ.).
2. Matveev, V.A. (2023), Formation of mown grass stands with eastern goat's rue variety Yubilyar in the Leningrad Region, *Intellectual potential of young scientists as a driver for the development of the agro-industrial complex: Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists and students, St. Petersburg – Pushkin, March 15-17, 2023*, St. Petersburg: Saint-Petersburg State Agrarian University, pp. 121–125. (In Russ.)
3. Vagunin, D.A., Ivanova, N.N. (2022), Meadow seed agrocenoses based on promising perennial grasses in the conditions of the Upper Volga region, *Kormoproizvodstvo*, vol. 5, pp. 3–7. (In Russ.).
4. Ivanova, M.V., Plotnikov, A.A. (2019), Comparative effectiveness of legume–cereal herbage based on the eastern goat's rue (*Galega orientalis* Lam.), *Achievements of science and technology of agriculture*, vol. 1, no. 33, pp. 10–13. (In Russ.).
5. Donskikh, N.A., Veselkov, V.A., (2023), Formation of grass stands with eastern goat's-rue of domestic varieties in the first year of life in the conditions of the Leningrad region,

- Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 70, no. 1, pp. 9–18. (In Russ.), DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-9-18.
6. Lazarev, N.N., Golovnya, A.I., Razumeiko, N.I., Kurenkova, E.M., (2019), The productivity of the eastern goat's-rue husk depends on the methods of sowing and the duration of use of herbage, *Kormoproizvodstvo*, vol. 3, pp. 28–33. (In Russ.).
  7. Lazarev, N.N., Zubkov, F.V., Boitsova, A.Yu., Kurenkova, E.M., Kukharenkova, O.V. (2023), The use of eastern goat's-rue (*Galega orientalis* Lam.) when sowing meadow grasses in the sod, *Kormoproizvodstvo*, vol. 10, pp. 8–12. (In Russ.).
  8. Povilaitis, V., Slepeliene, A., Slepetytys, J., Lazauskas, S., et al. (2016), "The productivity and energy potential of alfalfa, fodder galega and maize plants under the conditions of the nemoral zone", *Acta Agr. Scand.*, vol. 66, no. 3, pp. 259–266.
  9. Nikulin, A.B., Pogodina, A.Yu., Kokorina, A.L., Ganusevich F.F. (2023), "Formation of mown grass stands with eastern goat's-rue varieties Jubilee with different seeding rates in the conditions of the Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 74, no. 5, pp. 16–24. (In Russ.), DOI: 10.24412/2078-1318-2023-5-16-24.
  10. Mikhailova, I.V., Khvostova, A.B., Malyshev, L.L. (2022), Stability and plasticity of economically valuable traits in eastern goat's rue samples in the Murmansk region, *Agrarian science of the Euro-North-East*, vol. 23, no. 3, pp. 343–350. (In Russ.), DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.343-350.
  11. Symanowicz, B., Kalembasa, S. (2019), "Eastern galega (*Galega orientalis* lam.) as potential energy plant", *Przemysl Chemiczny*, vol. 98, no. 1, pp. 48–51.
  12. Lazarev, N.N., Kukharenkova, O.V., E.M. Kurenkova, E.M., Boytsova, A.Yu., (2021), Changes in yield and agrochemical parameters of the soil during long-term cultivation of the eastern goat's-rue (*Galega orientalis* Lam.), *Kormoproizvodstvo*, vol. 8, pp. 26–31. (In Russ.).
  13. Dubis, B., Jankowski, K.J., Sokolski, M.M., Zaluski, D., Borawski, P., Szemplinski, W. (2020), "Biomass yield and energy balance of fodder galega in different production technologies: An 11-year field experiment in a large-area farm in Poland", *Renewable Energy*, vol. 154 (C), pp. 813–825.
  14. Vagunin, D.A., Ivanova, N.N., (2023), Formation of highly productive legume-cereal agrocenoses of long-term use on the basis of the Eastern goat's-rue, *Kormoproizvodstvo*, vol. 4, pp. 8–14. (In Russ.).
  15. Symanowicz, B., Becher, M., Kalembasa, S., Jezowski, S., (2019), "Possibilities of using fodder galega in the energy sector and agriculture", *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, no. 2, pp. 2677–2687.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Анатолий Борисович Никулин**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и луговодства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-2987-8314>, SPIN-код: 1458-1949; e-mail: anatolnikul@yandex.ru.

**Владимир Александрович Матвеев**, обучающийся 2 курса магистратуры по направлению 35.04.04 Агротомия, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-7323-6589>, SPIN-код: 7459-3607; e-mail: matveev-v2001@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anatoliy B. Nikulin**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture and Grassland Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, Saint Petersburg, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-2987-8314>, SPIN-code: 1458-1949; e-mail: [anatolnikul@yandex.ru](mailto:anatolnikul@yandex.ru).

**Matveev A. Vladimir**, 2nd year Master's student, 35.04.04 Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, Saint-Petersburg, Russia, <https://orcid.org/0009-0001-7323-6589>, SPIN-code: 7459-3607; e-mail: [matveev-v2001@mail.ru](mailto:matveev-v2001@mail.ru).

<p><b>Авторский вклад.</b> Никулин А.Б. (планирование эксперимента, анализ данных); Матвеев В. (выполнение эксперимента, сбор и анализ данных). Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант</p>	<p><b>Author's contribution.</b> Nikulin A.B. (experiment planning, data analysis); Matveev V. (experiment execution, data collection and analysis). All the authors of this article have read and approved the submitted final version</p>
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p>The authors declare no conflict of interest</p>

**Поступила в редакцию / Received 18.10.2024**  
**Поступила после рецензирования / Revised 26.11.2024**  
**Принята к публикации / Accepted 27.11.2024**

## Научная статья/Original article

УДК 633.11 «324»:631.8(470.62/.67)

Код ВАК 4.1.3

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-68-77

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ****А.Ю. Ожередова** ✉ , **В.Н. Ситников** , **А.Н. Есаулко** ,  
**Е.В. Письменная** , **Ю.Н. Середняк** 

Ставропольский государственный аграрный университет

✉ alena.gurueva@mail.ru


**Реферат.** Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур за счет оптимизации минерального питания относится к приоритетному направлению научно-технического развития нашей страны, утвержденному указом Президента В.В. Путина от 18 июня 2024 г. № 529. В связи с чем в 2023–2024 гг. в трех климатических зонах Центрального Предкавказья были заложены в производственных условиях в трехкратной повторности однофакторные опыты, в которых изучаемый фактор – это нормы удобрения, рекомендованные и расчетные для зон. По результатам проведенных исследований установлено, что нормы минеральных удобрений в 2023 г. по сравнению с контролем существенно повышали урожайность озимой пшеницы – на 2,68, 3,27, 4,36 т/га (зона умеренного увлажнения); на 0,81, 2,14, 3,26 т/га (зона неустойчивого увлажнения); на 0,88, 0,61, 1,48 т/га (засушливая зона). В 2024 г. в зонах умеренного и неустойчивого увлажнения наблюдалась такая же динамика в повышении продуктивности культуры – на 1,10, 2,09, 2,44 т/га и на 1,06, 1,80, 2,92 т/га. В засушливой зоне только расчетные нормы минеральных удобрений по отношению к контролю достоверно повышали урожайность озимой пшеницы на 0,46; 0,98 т/га. Нормы минеральных удобрений  $N_{107}P_{57}K_{88}$  и  $N_{120}P_{66}K_{104}$  в зоне умеренного увлажнения существенно (по сравнению с контролем) повышали содержание клейковины в зерне – на 2,2% и 2,9%. Концентрацию белка достоверно наращивали все три нормы, тем самым увеличивая показатель на 1,2%; 2,7%; 3,4%. В зоне неустойчивого увлажнения изучаемые нормы удобрений относительно контроля существенно увеличивали качество зерна, так клейковина возрастала на 1,8%; 3,4%; 5,2%, а белок – на 1,6%; 1,9%; 2,5%. В засушливой зоне достоверное воздействие на качественные показатели (по сравнению с контролем) оказывали только расчетные нормы на планируемую урожайность культуры 4,0 т/га и 5,5 т/га (клейковина +1,6% и 3,2% и белок +1,0% и 1,4%).

**Ключевые слова:** озимая пшеница, нормы минеральных удобрений, планируемая урожайность, качество зерна, климатические зоны

**Для цитирования:** Ожередова А.Ю., Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Письменная Е.В., Середняк Ю.Н. Реализация потенциальной продуктивности озимой пшеницы за счет оптимизации минерального питания в динамических условиях внешней среды в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 68–77. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-68-77.

**REALIZATION OF POTENTIAL PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT  
DUE TO OPTIMIZATION OF MINERAL NUTRITION IN DYNAMIC  
ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN SOIL-CLIMATIC ZONES  
OF THE CENTRAL CISCAUCASIA**

A.Yu. Ozheredova<sup>1</sup>  , V.N. Sitnikov<sup>1</sup> , A.N. Esaulko<sup>1</sup> ,  
E.V. Pismennaya<sup>1</sup> , Yu.N. Serednyak<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Stavropol State Agrarian University  
 alena.gurueva@mail.ru

**Abstract.** Increasing the productivity of agricultural crops by optimizing mineral nutrition is a priority area of scientific and technical development of our country, approved by the decree of President Putin V.V. dated June 18, 2024 No. 529. In this regard, in 2023–2024, in three climatic zones of the Central Ciscaucasia, single-factor experiments were conducted in production conditions in three replicates, where the studied factor is the fertilizer rate (recommended and calculated for the zones). The results of the studies showed that the rates of mineral fertilizers in 2023, compared with the control, significantly increased the yield of winter wheat by 2.68, 3.27, 4.36 t/ha (moderate moisture), by 0.81; 2.14; 3.26 t/ha (unstable moisture), by 0.88; 0.61; 1.48 t/ha (arid zone). In 2024, in the zones of moderate and unstable moisture, the same dynamics in increasing crop productivity were observed (by 1.10; 2.09; 2.44 t/ha and by 1.06; 1.80; 2.92 t/ha). In the arid zone, only the calculated rates of mineral fertilizers in relation to the control reliably increased the yield of winter wheat by 0.46; 0.98 t/ha. The rates of mineral fertilizers N<sub>107</sub>P<sub>57</sub>K<sub>88</sub> and N<sub>120</sub>P<sub>66</sub>K<sub>104</sub> in the moderate moisture zone significantly increased the gluten content in grain by 2.2% and 2.9% compared to the control. All three rates significantly increased the protein concentration, thereby increasing the indicator by 1.2%; 2.7%; 3.4%. In the unstable moisture zone, the studied fertilizer rates significantly increased the grain quality compared to the control, so gluten increased by 1.8%; 3.4%; 5.2%, and protein by 1.6%; 1.9%; 2.5%. In the arid zone, only the calculated rates for the planned crop yield of 4.0 and 5.5 t/ha (gluten +1.6% and 3.2% and protein +1.0% and 1.4%) had a reliable effect on the quality indicators compared to the control.

**Keywords:** winter wheat, mineral fertilizer rates, planned yield, grain quality, climatic zones

**For citation:** Ozheredova A.Yu., Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Pismennaya E.V., Serednyak Yu.N. (2024), “Realization of potential productivity of winter wheat due to optimization of mineral nutrition in dynamic environmental conditions in soil-climatic zones of the Central Ciscaucasia”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 68–77. (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-68-77.

**Введение.** Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации каждый гражданин страны должен быть обеспечен продуктами питания. Посевные площади под всеми производимыми сельскохозяйственными культурами занимали по данным весеннего учета в 2024 г. 80,2 млн га, что на 0,97 млн га меньше, чем в 2023 г. Пшеница, из которой производят такой стратегически важный продукт, как хлеб, является ведущей зерновой культурой. В 2024 г. она размещалась на 28,5 млн га (36% от общей посевной площади России), что ниже на 4,2%, чем в 2023 г. Средняя урожайность пшеницы в 2023 г. составила 4,96 т/га, а в 2024 г. – 3,04 т/га. На количество урожая оказывают влияние погодные условия, обработка почвы, применение удобрений, использование средств защиты растений и пр. [1–5].

Так как проводимые исследования были направлены на изучение оптимизации питания, то речь пойдет об удобрении изучаемой культуры. Практически все элементы,

которые накапливают растения в своей биомассе, поступают в них из почвы. Для реализации продуктивности любой сельскохозяйственной культуры необходимо совершенствовать питание. Для этого определяют количество элементов в почвах, на которых планируют выращивание культурных растений. Далее в зависимости от климатических условий с учётом почвенного плодородия и возможного его искусственного увеличения планируют урожайность культуры. Производят расчет норм минеральных удобрений на планируемую урожайность с индивидуальным учетом потребления элементов питания культурой [6, 7].

Удобрения являются мощным и быстродействующим средством повышения урожая, оказывают влияние на их качество. Но применение удобрений должно быть научно обоснованным, так как их избыток может привести к негативным экологическим последствиям (накопление нитратов и тяжелых металлов в почве, водоемах, растительной продукции), а недостаток – к снижению продуктивности возделываемых культурных растений. К.А. Тимирязев говорил: «У растения следует спрашивать «мнения», что ему необходимо в определенный момент...» [8].

**Цель исследования** – изучение возможности потенциальной продуктивности озимой пшеницы за счет оптимизации минерального питания в динамических условиях внешней среды в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проводились в 2023–2024 гг. в трех климатических зонах: умеренного, неустойчивого увлажнения и засушливой. Почвенный покров учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ (зона умеренного увлажнения) представлен черноземом выщелоченным мощным малогумусным тяжелосуглинистым, который перед закладкой опыта в 0–40 см слое почвы имел нейтральную реакцию почвенного раствора 6,96 ед., среднее обеспечение органическим веществом 4,28%, подвижными формами фосфора 29,3 мг/кг.

Почвы АО СП «Колос» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края (зона неустойчивого увлажнения) – чернозем обыкновенный карбонатный мощный малогумусный (0–40 см слой почвы). Он характеризовался щелочной реакцией почвенного раствора 8,04 ед., средним обеспечением органическим веществом 4,87% и подвижным фосфором 26,2 мг/кг.

Почвенный покров ООО «Ставропольское руно» Ипатовского городского округа Ставропольского края (засушливая зона) представлен темно-каштановыми мицелярно-карбонатными мощными почвами, имеющими в слое 0–40 см щелочную рН 8,34 ед., низкое содержание органического вещества – 3,19%, среднее подвижного фосфора – 20,2 мг/кг. Почвы учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ имели среднюю обеспеченность подвижными формами калия – 248,0 мг/кг, АО СП «Колос» и ООО «Ставропольское руно» повышенную – 328,3 и 341,2 мг/кг.

В зоне умеренного увлажнения (Учебно-опытная станция СтГАУ) количество выпавших осадков в 2022–2023 г. в период вегетации озимой пшеницы с октября по июнь составило 499,6 мм, средние температуры воздуха соответствовали 7,5 °С. В 2023–2024 г. в этот же период количество осадков было ниже на 111,9 мм, а температуры выше на 1,5 °С. ГТК 2022–2023 г. – 1,42, 2023–2024 г. – 0,59.

В зоне неустойчивого (АО СП «Колос» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края) количество выпавших осадков и средние температуры от момента сева до уборки озимой пшеницы составляло в 2022–2023 г. 385,0 мм и 7,6 °С, в 2023–2024 г. – 346,4 мм и 9,1 °С. ГТК 2022–2023 г. – 1,10, 2023–2024 г. – 0,53.

В засушливой зоне (ООО «Ставропольское руно» Ипатовского городского округа Ставропольского края) условия увлажнения и температурный режим были лучшими в 2022–2023 г. и с октября по июнь, когда выращивалась озимая пшеница, соответствовали 351,6 мм, 8,8 °С, где норма выпавших осадков была выше на 78,4 мм, а температуры ниже на 1,3 °С по сравнению с 2023–2024 г. ГТК 2022–2023 гг. – 0,79, 2023–2024 г. – 0,24.

Среднегодовое количество осадков и температуры в зонах: умеренного увлажнения – 551 мм и

9,2 °С, неустойчивого увлажнения – 579,3 мм и 9,5 °С, засушливой – 431,7 мм и 9,3 °С. Температуры 2022–2023 г., 2023–2024 г. были выше среднеемноголетних значений на 1,8, 2,4 °С; 1,7, 3,1 °С; 3,1, 4,5 °С соответственно. Количество осадков в зоне умеренного увлажнения в 2022–2023 г. превышало на 117,1 мм среднеемноголетнюю норму, в 2023–2024 г. было на 97,8 мм ниже нормы. В зоне неустойчивого увлажнения в оба сельскохозяйственных года количество осадков было ниже среднеемноголетнего значения на 40,7 и 172,3 мм. В засушливой зоне в 2022–2023 г. сумма осадков превышала норму на 50,2 мм, в 2023–2024 г. была ниже на 122,6 мм. Среднеемноголетний ГТК в зонах: умеренного увлажнения –1,10 (2022–2023 г. – +0,32, 2023–2024 г. – –0,51), неустойчивого увлажнения – 1,28 (2022–2023 г. – –0,18, 2023–2024 г. – –0,75), засушливой – 0,83 (2022–2023 г. – –0,04, 2023–2024 г. – –0,59). Представленные данные говорят о том, что условия увлажнения и температурного режима более лучшими были в 2022–2023 г.

Нормы минеральных удобрений, содержащих макроэлементы, определяли ежегодно на основе авторского балансового расчетного метода, разработанного А.Н. Есаулко и В.В. Агеевым с учётом выноса питательных веществ озимой пшеницей и коэффициентов использования питательных веществ из удобрений и почвы. Подкормки комплексными микроудобрениями проводили по результатам функциональной диагностики в фазы выхода в трубку и колошения культуры.

**Объект исследований** – сорта озимой пшеницы Алексеич (посеяны на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ и в ООО «Ставропольское руно») и Гром (посеян в АО СП «Колос»).

**Предмет исследований** – нормы минеральных удобрений для зон умеренного, неустойчивого увлажнения, засушливой (рекомендованная, соответствующая месту проведения исследований), расчетные на планируемую урожайность 7,5 и 8,5 т/га (Учебно-опытная станция СтГАУ), на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га (АО СП «Колос»), на планируемую урожайность 4,0 и 5,5 т/га (ООО «Ставропольское руно»).

Во всех хозяйствах для оценки влияния минеральных удобрений был предусмотрен контроль, то есть вариант, на котором минеральные удобрения не применяли (естественный агрохимический фон).

**Рекомендованные нормы минеральных удобрений** для Учебно-опытной станции СтГАУ, Шпаковского МО – N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>, АО СП «Колос», Кочубеевского МО – N<sub>118</sub>P<sub>52</sub> и ООО «Ставропольское руно», Ипатовского ГО – N<sub>72</sub>P<sub>36</sub> были установлены в ходе долгосрочного ведения сельскохозяйственной деятельности как оптимальные в экономическом плане. На Учебно-опытной станции норма минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 т/га составила в 2022–2023 г. N<sub>102</sub>P<sub>54</sub>K<sub>86</sub>, в 2023–2024 г. – N<sub>112</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, на планируемую урожайность 8,5 т/га в 2022–2023 г. – N<sub>116</sub>P<sub>60</sub>K<sub>97</sub>, в 2023–2024 г. – N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>110</sub>. Для АО СП «Колос» норма минеральных удобрений под планируемую урожайность 7,5 т/га составила в 2022–2023 г. – N<sub>161</sub>P<sub>74</sub>K<sub>54</sub>, в 20223–2024 г. – N<sub>168</sub>P<sub>79</sub>K<sub>62</sub>, под планируемую урожайность 10,0 т/га в 2022–2023 г. – N<sub>211</sub>P<sub>100</sub>K<sub>71</sub>, в 2023–2024 г. – N<sub>224</sub>P<sub>110</sub>K<sub>80</sub>. В ООО «Ставропольское руно» получены нормы минеральных удобрений под планируемую урожайность 4,0 т/га в 2022–2023 г. – N<sub>98</sub>P<sub>51</sub>K<sub>29</sub>, 2023–2024 гг. – N<sub>100</sub>P<sub>59</sub>K<sub>34</sub> и 5,5 т/га в 2022–2023 г. – N<sub>135</sub>P<sub>71</sub>K<sub>39</sub>, в 2023–2024 г. – N<sub>140</sub>P<sub>83</sub>K<sub>43</sub>.

Во всех тех зонах опыт однофакторный. Нормы удобрения: зона умеренного увлажнения – рекомендованная (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>), расчетные на планируемую урожайность 7,5 (N<sub>107</sub>P<sub>57</sub>K<sub>88</sub>) и 8,5 (N<sub>120</sub>P<sub>66</sub>K<sub>104</sub>) т/га; зона неустойчивого увлажнения – рекомендованная (N<sub>118</sub>P<sub>52</sub>), расчетные на планируемую урожайность 7,5 (N<sub>165</sub>P<sub>77</sub>K<sub>58</sub>) и 10,0 (N<sub>218</sub>P<sub>105</sub>K<sub>76</sub>) т/га; засушливая зона – рекомендованная (N<sub>72</sub>P<sub>36</sub>), расчетные на планируемую урожайность 4,0 (N<sub>99</sub>P<sub>55</sub>K<sub>32</sub>) и 5,5 т/га (N<sub>138</sub>P<sub>77</sub>K<sub>41</sub>).

**Предшественники в опытах** на учебно-опытной станции СтГАУ и в АО СП «Колос» – горох, в ООО «Ставропольское руно» – чистый пар.

Опыты заложены в производственных условиях, повторность трёхкратная. Размер

делянки в зоне умеренного увлажнения: ширина 48 м, длина 386 м, общая S делянки 1,8 га. В зоне неустойчивого: ширина 90 м, длина 1250 м, общая S делянки 11, 2 га. В засушливой зоне: ширина 21,2 м, длина 2 000 м, общая S делянки 4,2 га.

Учет урожая проводили методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике государственного сортоиспытания с.-х. культур 2019 г. Качественные показатели зерна озимой пшеницы устанавливали по следующим параметрам: белок – ГОСТ 10846–91, массовая доля клейковины – ГОСТ 13586.1–68.

**Результаты исследования.** В таблице 1 представлена урожайность озимой пшеницы в зависимости от применяемых норм минеральных удобрений. В 2023 г. нормы минеральных удобрений во всех изучаемых климатических зонах достоверно повышали ее по сравнению с контролем: зона умеренного увлажнения – на 2,68, 3,27, 4,36 т/га; зона неустойчивого увлажнения – на 0,81, 2,14, 3,26 т/га; засушливая зона – на 0,88, 0,61, 1,48 т/га. Такая же тенденция была отмечена и в 2024 г., когда наблюдалось повышение продуктивности на удобренных вариантах по сравнению с контролем на 1,10, 2,09, 2,44 т/га, на 1,06, 1,80, 2,92 т/га, на 0,20, 0,46, 0,98 т/га соответственно зонам, оно было существенным на всех вариантах опыта в трех зонах, кроме варианта с применением рекомендованной нормы минеральных удобрений (N<sub>72</sub>P<sub>36</sub>), здесь оно было недостоверным.

Таблица 1. Влияние норм минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в динамических условиях внешней среды в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья

Table 1. Influence of mineral fertilizer rates on the yield of winter wheat under dynamic environmental conditions in the soil and climatic zones of the Central Ciscaucasia

Норма удобрения, А	Год	Урожайность, (т/га)
Зона умеренного увлажнения		
Контроль (без удобрений)	2023	3,99
	2024	3,02
Рекомендованная (N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> )	2023	6,67
	2024	4,12
N <sub>107</sub> P <sub>57</sub> K <sub>88</sub> (7,5 т/га)	2023	7,26
	2024	5,11
N <sub>120</sub> P <sub>66</sub> K <sub>104</sub> (8,5 т/га)	2023	8,35
	2024	5,46
НСР <sub>05</sub> (2023 год)		0,664
НСР <sub>05</sub> (2024 год)		0,442
Зона неустойчивого увлажнения		
Контроль (без удобрений)	2023	5,07
	2024	4,42
Рекомендованная (N <sub>118</sub> P <sub>52</sub> )	2023	5,88
	2024	5,48
N <sub>165</sub> P <sub>77</sub> K <sub>58</sub> (7,5 т/га)	2023	7,21

Продолжение таблицы 1

	2024	6,22
N <sub>218</sub> P <sub>105</sub> K <sub>76</sub> (10,0 т/га)	2023	8,33
	2024	7,34
НСР <sub>05</sub> (2023 год)		0,683
НСР <sub>05</sub> (2024 год)		0,542
Засушливая зона		
Контроль (без удобрений)	2023	3,88
	2024	3,56
Рекомендованная (N <sub>72</sub> P <sub>36</sub> )	2023	4,76
	2024	3,76
N <sub>99</sub> P <sub>55</sub> K <sub>32</sub> (4,0 т/га)	2023	4,49
	2024	4,02
N <sub>138</sub> P <sub>77</sub> K <sub>41</sub> (5,5 т/га)	2023	5,36
	2024	4,54
НСР <sub>05</sub> (2023 год)		0,421
НСР <sub>05</sub> (2024 год)		0,324

Планируемая урожайность в зонах умеренного (7,5, 8,5 т/га) и неустойчивого увлажнения (7,5, 10,0 т/га) в оба года исследований достигнута не была. В засушливой зоне удалось в 2023 и 2024 гг. получить планируемую урожайность 4,0 т/га с прибавкой в 2023 г. +0,49 т/га, в 2024 г. +0,02 т/га. Однако внесение норм удобрений на планируемую урожайность 5,5 т/га не обеспечило такой продуктивности. В среднем за 2 года исследований продуктивность озимой пшеницы соответственно зонам: в зоне умеренного увлажнения 5,50 т/га, в зоне неустойчивого увлажнения 6,24 т/га, в засушливой зоне 4,30 т/га.

Удобрения, изучаемые в опыте, оказывали положительный эффект на качество получаемой продукции. Так, в зоне умеренного увлажнения в среднем за 2023–2024 гг. наблюдалось повышение клейковины и белка по отношению к контролю на 1,1%, 2,2%, 2,7% и 1,2%, 2,7%, 3,4%. Оно было достоверным по белку на всех удобренных вариантах, а по клейковине – только на вариантах, где применялись расчетные нормы минеральных удобрений N<sub>107</sub>P<sub>57</sub>K<sub>88</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>66</sub>K<sub>104</sub>.

В зоне неустойчивого увлажнения все нормы минеральных удобрений существенно увеличивали в зерне озимой пшеницы содержание клейковины и белка (на 1,8%, 3,4%, 5,2% и 1,6%, 1,9%, 2,5%). В засушливой зоне достоверное воздействие на качественные показатели по сравнению с контролем оказывали только расчетные нормы на планируемую урожайность культуры 4,0 и 5,5 т/га (клейковина +1,6%, 3,2% и белок +1,0%, 1,4%) (таблица 2).

**Таблица 2. Влияние норм минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы в динамических условиях внешней среды в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья (среднее за 2023–2024 г.)**

**Table 2. Influence of mineral fertilizer rates on the quality of winter wheat grain under dynamic environmental conditions in the soil and climatic zones of the Central Ciscaucasia (average 2023–2024)**

Норма удобрения, А	Клейковина, %	Белок, %
Зона умеренного увлажнения		
Контроль (без удобрений)	20,7	9,7
Рекомендованная (N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> )	21,8	10,9

Продолжение таблицы 2

N <sub>107</sub> P <sub>57</sub> K <sub>88</sub> (7,5 т/га)	22,9	12,4
N <sub>120</sub> P <sub>66</sub> K <sub>104</sub> (8,5 т/га)	24,4	13,1
НСР <sub>05</sub>	1,62	0,80
Зона неустойчивого увлажнения		
Контроль (без удобрений)	24,3	11,1
Рекомендованная (N <sub>118</sub> P <sub>52</sub> )	26,1	12,7
N <sub>165</sub> P <sub>77</sub> K <sub>58</sub> (7,5 т/га)	27,7	13,0
N <sub>218</sub> P <sub>105</sub> K <sub>76</sub> (10,0 т/га)	29,5	13,6
НСР <sub>05</sub>	1,84	0,93
Засушливая зона		
Контроль (без удобрений)	23,1	11,6
Рекомендованная (N <sub>72</sub> P <sub>36</sub> )	23,9	12,3
N <sub>99</sub> P <sub>55</sub> K <sub>32</sub> (4,0 т/га)	24,7	12,6
N <sub>138</sub> P <sub>77</sub> K <sub>41</sub> (5,5 т/га)	26,3	13,0
НСР <sub>05</sub>	1,63	0,92

**Выводы.** При обобщении полученных данных можно сделать вывод, что в среднем за два года исследований (2023–2024 гг.) изучаемые нормы минеральных удобрений по сравнению с контролем увеличивали урожайность озимой пшеницы во всех климатических зонах, разница составила в зоне умеренного увлажнения +1,89, 2,68, 3,40 т/га, в зоне неустойчивого увлажнения +0,93, 1,97, 3,09 т/га, в засушливой зоне + 0,54, 0,54, 1,23 т/га. Максимальная урожайность за два года исследований была отмечена в зоне умеренного увлажнения на варианте с применением расчетной нормы минеральных удобрений N<sub>120</sub>P<sub>66</sub>K<sub>104</sub> на планируемую урожайность 8,5 т/га (2023 г. – 8,35 т/га, 2024 г. – 5,46 т/га); в зоне неустойчивого увлажнения с внесением расчетной нормы N<sub>218</sub>P<sub>105</sub>K<sub>76</sub> на планируемую урожайность 10,0 т/га (2023 г. – 8,33 т/га, 2024 г. – 7,34 т/га); в засушливой зоне нормы N<sub>138</sub>P<sub>77</sub>K<sub>41</sub> на планируемую урожайность 5,5 т/га (2023 г. – 5,36 т/га, 2024 г. – 4,54 т/га). Оптимальная урожайность в трех зонах в связи с более благоприятными погодными условиями была сформирована в 2023 г. по сравнению с 2024 г.

Достоверная прибавка клейковины по сравнению с контролем в зерне озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения была зафиксирована на вариантах с применением расчетных норм минеральных удобрений N<sub>107</sub>P<sub>57</sub>K<sub>88</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>66</sub>K<sub>104</sub> (на 2,2%, 2,9%), а белка – на всех удобренных вариантах (1,2%, 2,7%, 3,4%). В зоне неустойчивого увлажнения все применяемые нормы удобрений относительно контроля существенно увеличивали качество зерна (клейковины на 1,8%, 3,4%, 5,2%, белка на 1,6%, 1,9%, 2,5%). В засушливой зоне достоверное воздействие на качественные показатели по сравнению с контролем оказывали только расчетные нормы на планируемую урожайность культуры 4,0 т/га и 5,5 т/га (клейковина +1,6%, 3,2% и белок +1,0%, 1,4%).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация минерального питания растений озимой пшеницы на основе комплексного применения макро- и микроудобрений на черноземе выщелоченном / В. Н. Ситников, А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова, В. А. Клец, И. Ю. Вдовыдченко // Плодородие. – 2023. – № 4 (133). – С. 102–107. – DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.25.
2. Эффективность фунгицидов против болезней озимой пшеницы в Центральном Предкавказье / Н. Н. Глазунова, Ю. А. Безгина, А. Н. Шипуля Е. В. Волосова, Е. В. Пашкова

// *Аграрная Россия*. – 2024. – № 1. – С. 36–40. – DOI: 10.30906/1999-5636-2024-1-36-40.

3. Сычев, В.Г., Налиухин, А.Н. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожаев и воспроизводства плодородия почв России // *Плодородие*. – 2024. – № 4 (139). – С. 5–10. – DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01.

4. Шеуджен, А.Х., Гуторова, О.А., Луценко, И.М. Агрохимическая оценка применения лигногумата в посевах озимой пшеницы в условиях Северо-Западного Предкавказья // *Агрохимия*. – 2022. – № 3. – С. 31–40. – DOI: 10.31857/S0002188122030103.

5. Productivity of Winter Wheat Cultivated by Direct Seeding: Measuring the Effect of Hydrothermal Coefficient in the Arid Zone of Central Fore-Caucasus / A. Esaulko, V. Sitnikov, E. Pismennaya, O. Vlasova, E. Golosnoi, A. Ozheredova, A. Ivolga, V. Erokhin // *Agriculture*. – 2023. – Vol. 13, no. 1. – P. 55. – DOI: 10.3390/agriculture13010055.

6. Влияние комплексных микроудобрений на содержание в почве и растениях меди и цинка, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, В. А. Клец, А. Ю. Ожередова, Е. В. Голосной, Ю. Н. Кузьминова // *Агрохимический вестник*. – 2022. – № 4. – С. 9–14. – DOI: 10.24412/1029-2551-2022-4-002.

7. Влияние технологии no-till на качество и урожайность сельскохозяйственных культур на чернозёме обыкновенном / В. С. Цховребов, В. Н. Ситников, А. Б. Тетенищев, А. А. Новиков // *Плодородие*. – 2024. – № 2 (137). – С. 39–42. – DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.10.

8. Эффективность применения комплексных микроудобрений на различных фонах питания при возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова, В. А. Клец, Ю. Н. Кузьминова // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2020. – № 4 (40). – С. 62–67. – DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-40-62-67.

## REFERENCES

1. Sitnikov, V.N., Esauko, A.N., Ozheredova, A.Yu., Klets, V.A., Vdovydchenko, I.Yu. (2023), “Optimization of mineral nutrition of winter wheat plants based on the complex use of macro- and microfertilizers on leached chernozem”, *Fertility*, no. 4 (133), pp. 102–107, DOI: 10.25680 / S19948603.2023.133.25. 2.

2. Glazunova, N.N., Bezgina, Yu.A., Shipulya, A.N., Volosova, E.V., Pashkova, E.V. (2024), “Efficiency of fungicides against winter wheat diseases in the Central Ciscaucasia”, *Agrarnaya Rossiya*, no. 1, pp. 36–40, DOI: 10.30906/1999-5636-2024-1-36-40.

3. Sychev, V.G., Naliukhin, A.N. (2024) “The need for mineral fertilizers taking into account the growth of crop yields and restoration of soil fertility in Russia”, *Plodorodie*, no. 4 (139), pp. 5–10, DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01.

4. Sheudzhen, A.Kh., Gutorova, O.A., Lutsenko, I.M. (2022), “Agrochemical assessment of the use of lignohumate in winter wheat crops under the conditions of the North-West Ciscaucasia”, *Agrochemistry*, no. 3, pp. 31–40, DOI: 10.31857/S0002188122030103.

5. Esaulko, A., Sitnikov, V., Pismennaya, E., Vlasova, O., Golosnoi, E., Ozheredova, A., Ivolga, A., Erokhin, V. (2023), “Productivity of Winter Wheat Cultivated by Direct Seeding: Measuring the Effect of Hydrothermal Coefficient in the Arid Zone of Central Fore-Caucasus”, *Agriculture*, vol. 13, no. 1, p. 55, DOI: 10.3390/agriculture13010055.

6. Esauko, A.N., Klets, V.A., Ozheredova, A.Yu., Golosnoy, E.V., Kuzminova, Yu.N. (2022), “The influence of complex microfertilizers on the content of copper and zinc in soil and plants, the yield and quality of winter wheat grain on leached chernozem”, *Agrochemical Bulletin*, no. 4, pp. 9–14, DOI: 10.24412/1029-2551-2022-4-002.

7. Tskhovrebov, V.S., Sitnikov, V.N., Tetenishchev, A.B., Novikov, A.A. (2024), “The influence of no-till technology on the quality and yield of agricultural crops on ordinary chernozem”, *Fertility*. 2024, no. 2 (137), pp. 39–42, DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.10.

8. Esauko, A.N., Ozheredova, A.Yu., Klets, V.A., Kuzminova, Yu.N. (2020), “Efficiency of

application of complex microfertilizers on different nutrition backgrounds during cultivation of winter wheat on leached chernozem”, Bulletin of the AIC of Stavropol, no. 4 (40), pp. 62–67, DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-40-62-67.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алена Юрьевна Ожередова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Ставропольский край, Россия; <http://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-код: 3968-8440, Scopus author ID: 57209272024, Researcher ID: AAG-8145-2021; e-mail: [alena.gurueva@mail.ru](mailto:alena.gurueva@mail.ru).

**Владимир Николаевич Ситников**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Ставропольский край, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, SPIN-код: 6029-8733, Scopus author ID: 58075503400, Researcher ID: HLW-4414-2023; e-mail: [rector@stgau.ru](mailto:rector@stgau.ru).

**Александр Николаевич Есаулко**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Ставропольский край, Россия; <http://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-код: 5497-6339, Scopus author ID: 56669702200, Researcher ID: U-9006-2017; e-mail: [aesaulko@yandex.ru](mailto:aesaulko@yandex.ru).

**Елена Вячеславовна Письменная**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства и кадастра, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Ставропольский край, Россия; <http://orcid.org/0000-0003-2786-1954>, SPIN-код: 2770-2383, Scopus author ID: 57204515551, Researcher ID: X-6471-2018; e-mail: [pismennaya.elena@bk.ru](mailto:pismennaya.elena@bk.ru).

**Юлия Николаевна Средняк**, аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Ставропольский край, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-2144-3519>, SPIN-код: 9183-3747, Researcher ID: LSL-0320-2024; e-mail: [kuzminova1111@yandex.ru](mailto:kuzminova1111@yandex.ru).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Alena Yu. Ozheredova**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol, Stavropol region, Russia; <http://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-code: 3968-8440, Scopus author ID: 57209272024, Researcher ID: AAG-8145-2021; e-mail: [alena.gurueva@mail.ru](mailto:alena.gurueva@mail.ru).

**Vladimir N. Sitnikov**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol, Stavropol region, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, SPIN-code: 6029-8733, Scopus author ID: 58075503400, Researcher ID: HLW-4414-2023; e-mail: [rector@stgau.ru](mailto:rector@stgau.ru).

**Aleksandr N. Esaulko**, Doc. Sci. (Agri.), Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Agrobiology

and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Stavropol, Stavropol region, Russia; <http://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-code: 5497-6339, Scopus author ID: 56669702200, Researcher ID: U-9006-2017; e-mail: [aesaulko@yandex.ru](mailto:aesaulko@yandex.ru).

**Elena V. Pismennaya**, Doc. Sci. (Agric.), Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Stavropol, Stavropol region, Russia; <http://orcid.org/0000-0003-2786-1954>, SPIN-code: 2770-2383, Scopus author ID: 57204515551, Researcher ID: X-6471-2018; e-mail: [pismennaya.elena@bk.ru](mailto:pismennaya.elena@bk.ru).

**Yulia N. Serednyak**, Postgraduate student of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Stavropol, Stavropol region, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-2144-3519>, SPIN-code: 9183-3747, Researcher ID: LSL-0320-2024; e-mail: [kuzminova1111@yandex.ru](mailto:kuzminova1111@yandex.ru).

<p><b>Авторский вклад.</b> Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант</p>	<p><b>Author’s contribution.</b> 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</p>
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p>The authors declare no conflict of interest</p>

**Поступила в редакцию / Received 30.10.2024**

**Поступила после рецензирования / Revised 26.11.2024**

**Принята к публикации / Accepted 27.11.2024**





Научная статья/Original article

УДК 635.928

Код ВАК 4.1.1

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-78-86

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ И ДЕКОРАТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА ГАЗОНАХ В УСЛОВИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Т.В. Степанова , А.Ю. Погодина , А.Л. Кокорина   
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
 zimtv@mail.ru

**Реферат.** Особая роль в озеленении городов отводится газонам, которые являются одним из основных элементов садово-паркового искусства. С одной стороны, они объединяют и оттеняют декоративные элементы ландшафта, с другой – могут быть самостоятельными объектами. На парадных местах (перед дворцами, домами и др.) размещают партерные газоны, которые отличаются высокой декоративностью. Требования к травам для партерных газонов высокие: тонкие и изящные листья, высокая побегообразовательная активность, устойчивость к частым и низким стрижкам. В 2010–2016 гг. на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета с целью подобрать наиболее адаптированные и декоративные виды проведены исследования сортов 4-х видов низовых газонных трав на партерных газонах: двух сортов мятлика лугового *Poa pratensis* L. – Балин (Дания) и Компакт (Дания), двух сортов овсяницы красной *Festuca rubra* L. – Селиана (Дания) и Галас (Россия), по одному сорту полевицы тонкой *Agrostis capillaris* L. – Хайленд (США) и полевицы побегоносной *Agrostis stolonifera* L. – Кроми (Дания). В ходе проведенных исследований было установлено, что овсяница красная сорта Галас формирует наиболее декоративные и устойчивые к неблагоприятным условиям газоны, которые характеризуются как газоны высшего качества. Мятлик луговой сорта Балин и овсяница красная сорта Селиана также подходят для создания газонов отличного качества. Несмотря на то, что газонные травостои из полевицы побегоносной сорта Кроми и полевицы тонкой сорта Хайленд демонстрировали отличные результаты по качеству в конце вегетационного периода, они выглядели непрезентабельно. Мятлик луговой сорта Компакт отставал от других изучаемых видов и сортов газонных трав по всем показателям.

**Ключевые слова:** газон, мятлик луговой, овсяница красная, полевица побегоносная, полевица тонкая, декоративность, плотность травостоя

**Для цитирования:** Степанова Т.В., Погодина А.Ю., Кокорина А.Л. Сравнительная оценка устойчивости и декоративности различных видов злаковых трав на газонах в условиях Санкт-Петербурга // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 78–86. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-78-86.

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF SUSTAINABILITY AND ORNAMENTAL VALUE OF DIFFERENT GRASS SPECIES ON LAWNS IN SAINT PETERSBURG

T.V. Stepanova  , A.Y. Pogodina , A.L. Kokorina 

Saint-Petersburg State Agrarian University

 zimtv@mail.ru

**Abstract.** A special role in urban landscaping is assigned to lawns, which are one of the main elements of garden and park art. On the one hand, they unite and shade decorative elements of the landscape, on the other hand, they can be independent objects. In front of palaces, houses, etc., parterre lawns, which are highly decorative, are placed on parade grounds. The requirements to grasses for parterre lawns are high: thin and graceful leaves, high shoot formation activity, resistance to frequent and low mowing. In 2010–2016 on the experimental field of Saint-Petersburg State Agrarian University in order to select the most adapted and ornamental species. researches of varieties of 4 species of grasses on parterre lawns were conducted: two varieties of meadow bluegrass *Poa pratensis* L. – Balin (Denmark) and Compact (Denmark), two varieties of red fescue (*Festuca rubra* L.) – Celiana (Denmark) and Galas (Russia), one variety each of thin glade *Agrostis capillaris* L. – Highland (USA) and shoot-bearing glade *Agrostis stolonifera* L. – Cromie (Denmark). In the course of the conducted research, it was found that red fescue of Galas variety forms the most decorative and resistant to adverse conditions lawns, which are characterised as lawns of the highest quality. Balin meadow bluegrass and Celiana red fescue are also suitable for creating lawns of excellent quality. Although the lawn grasses of Cromie and bent grass of Highland showed excellent quality results at the end of the growing season, they looked unattractive. The Kentucky bluegrass variety Compact lagged behind the other studied species and varieties of lawn grasses in all indicators.

**Keywords:** lawn, meadow bluegrass, red fescue, creeping bent grass, colonial bent grass, ornamental value, grass density

**For citation:** Stepanova T.V., Pogodina A.Yu. Kokorina A.L. (2024), “Comparative assessment of sustainability and ornamental value of different grass species on lawns in Saint Petersburg”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78. no. 4, pp. 78–86 (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-78-86.

**Введение.** По данным федеральной службы государственной статистики общая площадь зелёных насаждений в пределах городской среды Санкт-Петербурга составляет около 40 тыс. га, или 28,5% от общей площади городских земель<sup>1</sup>. Особая роль в озеленении городов отводится газонам, которые, являясь незаменимым фоном для формирования декоративных композиций, обладают способностью задерживать пыль и выделять фитонциды, способствуя увеличению влажности окружающего воздуха и снижению его температуры по сравнению с открытой почвой [1]. Тип газона определяется его назначением [2]. Партерные, или английские, газоны размещают на особо парадных местах (перед дворцами, домами и др.), так как они отличаются высокой декоративностью [3]. Обыкновенные, или садово-парковые, газоны обычно занимают большую площадь на озеленяемой территории, к их декоративности предъявляются менее строгие требования. Луговые газоны приобретают все большую популярность в городах, многие жители городов зачастую не считают их газонами, так как от классического газона они отличаются тем, что похожи на цветущий луг. Располагают такие газоны обычно под деревьями или на участках,

<sup>1</sup> Краткий статистический сборник. Петростат. – СПб., 2023. – 87 с.

где сложно создать классический газон. Но такие газоны являются источником биоразнообразия для местной флоры и фауны [4].

Таким образом, газон представляет собой травянистый фитоценоз, за которыми ведется систематический уход в зависимости от его типа. Подбор видов луговых растений производится с учетом назначения газонов.

В России много лет не вели селекцию многолетних трав для создания газонов [5, 6]. Требования, предъявляемые к газонным травам, отличаются от требований к кормовым. Основными критериями при оценке газонных трав являются не урожайность и качество корма, а декоративность и плотность травостоя. Кроме того, семеноводство газонных трав связано с большими техническими и экономическими трудностями, поэтому на рынке семян газонных трав практически отсутствуют семена отечественной селекции. Свободную нишу заняли семена сортов зарубежной селекции (Дания, Германия, Голландия, США – 87%) [7]. Согласно положению Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений, все сорта газонного типа испытываются на однородность и отличимость от других, уже существующих сортов этой культуры, однако полноценного экологического испытания этих сортов не проводится, следовательно, прогнозировать реакцию многолетних мятликовых трав, выведенных в странах с мягким морским климатом, в условиях нашего более сурового затруднительно [8]. Комплексную оценку газонных трав проводили в Московской области [8, 9, 11]. В Санкт-Петербурге господствуют ветра западных и юго-западных направлений, погодные условия в осенне-зимний период отличаются частыми переменаами, высокая влажность при температуре воздуха, приближающейся к нулю, приводит к формированию гололёдно-изморозевых отложений [10]. В летний период отмечается уменьшение влияния западных ветров и снижение активности циклонов, наблюдаются жаркие и сухие периоды. Таким образом, необходимо подбирать адаптированные сорта для создания высококачественных газонов для сложных климатических условий Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Партерные газоны наиболее красивы, к ним предъявляются особые требования: регулярная (1–2 раза в неделю) и низкая (3–4 см) стрижка. Не все виды травостоев подходят для создания таких газонов. Декоративность их определяется тем, что они имеют узкие и тонкие листья, высокую побегообразовательную способность и устойчивость к частым стрижкам [3]. Указанным требованиям соответствуют низовые злаковые травы, такие как мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), полевицы тонкая (*Agrostis capillaris* L.) и побегоносная (*Agrostis stolonifera* L.).

**Цель исследования** – комплексное изучение биологических особенностей многолетних злаковых газонных трав и отбор их наиболее перспективных видов и сортов в условиях Санкт-Петербурга.

**Материалы, методы и объекты исследований.** На опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета проведены исследования сортов 4-х видов низовых газонных трав на партерных газонах в 2010–2016 гг.: двух сортов мятлика лугового – Балин (Дания) и Компакт (Дания), двух сортов овсяницы красной – Селиана (Дания) и Галас (Россия), по одному сорту полевицы тонкой – Хайленд (США) и полевицы побегоносной – Кроми (Дания). В 2010 г. эти сорта были наиболее распространенными на рынке семян газонных трав. Несмотря на то, что сорт Селиана овсяницы красной, сорт Компакт мятлика лугового и сорт Хайленд полевицы тонкой в настоящее время исключены из Государственного реестра селекционных достижений, их активно предлагают для создания газонов различные компании по продаже семян. В условиях острого дефицита семян газонных трав необходимо понимать, возможно ли использование данных сортов для озеленения в условиях Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Опыт был заложен 15 июля 2010 г. Норма высева всхожих семян составляет 150 млн на 1 га, посев осуществлялся разбросным методом. Площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность в опыте четырехкратная, размещение вариантов систематическое. Уход за газоном и его

использование проводились в соответствии с общепринятой агротехникой для партерных газонов: высота стрижки – 4 см, подстригали каждые 7–10 дней, в зависимости от погодных условий, при высоте травостоя 10 см. Минеральные удобрения вносили регулярно: аммиачную селитру в апреле – 150 кг/га, в мае, июне, июле и августе – по 90 кг/га, суперфосфат вносили весной и осенью по 160 кг/га, хлористый калий – три раза за вегетационный период, в мае, июле и сентябре, по 50 кг/га. Полив на участке не проводился.

Почва опытного участка дерново-карбонатная со средне- и слабовыраженным подзолистым горизонтом, среднесуглинистая, со слабокислой реакцией почвенного раствора, с высоким содержанием фосфора и повышенным содержанием калия.

Температура воздуха в вегетационные периоды в годы проведения исследований превышала среднеголетние показатели. В 2012, 2013, 2014 и 2016 гг. в сумме за вегетационный период осадков выпало больше среднеголетних показателей, в 2010, 2011 и 2015 гг. наблюдали недостаток влаги, особенно в отдельные периоды.

Исследования декоративности и качества газонных травостоев проводили в 2010–2016 гг. по методике ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, определение проективного покрытия травостоев – по шкале Л.Г. Раменского<sup>2</sup>, оценку декоративности газона осуществляли по методике А.А. Лаптева<sup>3</sup>.

**Результаты исследований.** Регулярная стрижка является ключевым условием для создания газона высокого качества, однако это одно из самых затратных и трудоемких мероприятий по уходу. Скорость роста трав после стрижки зависит от биологических характеристик видов и уровня ресурсного обеспечения растений. Стрижка проводилась при высоте травостоя 10 см, и ее частота варьировала в зависимости от погодных условий: в первый год жизни трав в 2010 г. было выполнено 2 стрижки, а в период с 2011 по 2016 г. – от 11 до 18 стрижек. Весной при благоприятных условиях увлажнения и достаточном количестве тепла скорость отрастания достигала 0,75 см в сутки, в то время как в условиях нехватки влаги она снижалась вдвое.

Скорость роста трав варьировалась в зависимости от вида. Полевицы тонкая и побегоносная демонстрировали самые низкие показатели роста – 0,45–0,46 см в сутки. Мятлик луговой превосходил полевиц на 0,04–0,05 см (сорт Балин) и на 0,08–0,09 см (сорт Компакт) в сутки. Овсяница красная, напротив, показывала наивысшую скорость роста – 0,55 см в сутки (сорт Селиана) и 0,62 см в сутки (сорт Галас). Перед стрижкой средняя высота растений составляла 10,5 см у мятлика лугового и овсяницы луговой; 9,0 см у полевицы побегоносной и 8,1 см у полевицы тонкой.

Текстура травостоя определяется шириной листовой пластины и однородностью окраски: чем тоньше и изящнее лист, тем более привлекательным выглядит газон. Ширина листа мятлика лугового сорта Балин была максимальной при наибольшей облиственности побегов и составила 0,34 см, в то время как самый узкий лист принадлежал овсянице красной сорта Селиана – 0,11 см. Проведенные наблюдения выявили взаимосвязь между плотностью травостоев и шириной листовой пластины с коэффициентом корреляции 0,78, что также подтверждается литературными данными [9]. Кроме того, была установлена связь между количеством листьев на одном побеге и плотностью травостоя, с коэффициентом корреляции 0,8. Таким образом, при увеличении числа побегов наблюдается уменьшение ширины листа и количества листьев на одном побеге, что способствует повышению декоративности травостоев.

Угол наклона листьев относительно горизонтали почвы является важным показателем, характеризующим декоративность растений. В ходе проведенных наблюдений было установлено, что полевица тонкая имеет менее наклоненные побеги по сравнению с мятликом луговым. Наиболее раскидистым кустом характеризовалась полевица побегообразующая.

<sup>2</sup> Раменский Л.Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. – Л.: Наука, 1971. – 334 с.

<sup>3</sup> Лаптев А.А. Газоны: моногр. – Киев: Наук. думка, 1983. – 176 с.

Декоративность травяных покрытий напрямую зависит от плотности стеблестоя. Чем выше плотность побегов на единицу площади, тем более красивым и качественным считается газон. Особенно это относится к спортивным и партерным газонам. Регулярная стрижка способствует активному кущению газонных трав, задержка со стрижкой снижает плотность травостоев в связи с тем, что усиливается конкуренция за ресурсы окружающей среды, в частности за свет, и часть побегов отмирает. В первый год жизни при довольно засушливых условиях плотность травостоев достигала невысоких показателей – 2 037,5–2 837,5 шт./м<sup>2</sup>. На второй год количество побегов к концу вегетационного периода увеличилось в 4,1–7,3 раза – до 14 475 шт./м<sup>2</sup> (рисунок). В течение всего периода наблюдений плотность травостоев в течение вегетационного периода возрастала в 1,3–7,2 раза. Максимальные показатели густоты травостоев отмечали в 2014 г. – 27 600 шт./м<sup>2</sup>. В годы с недостаточным количеством осадков (2015 г.) количество побегов на 1 м<sup>2</sup> не превышало 14 800 шт. Ежегодно весной количество побегов на единицу площади снижалось в 0,9–5,0 раз из-за неблагоприятных условий перезимовки – максимальное снижение наблюдали весной 2014 и 2015 гг., минимальное – в 2016 г. Адаптированность видов и сортов также проявилась в этот период. Наибольшее уменьшение густоты травостоев фиксировали у мятлика лугового сорта Компакт и полевиц побегоносной сорта Кроми и тонкой сорта Хайленд, что свидетельствует о их невысокой зимостойкости. При этом полевицы после перезимовки имели низкую декоративность: большой слой войлока, коричневый цвет. Однако после первых стрижек и подкормок азотными удобрениями их декоративность быстро восстанавливалась.

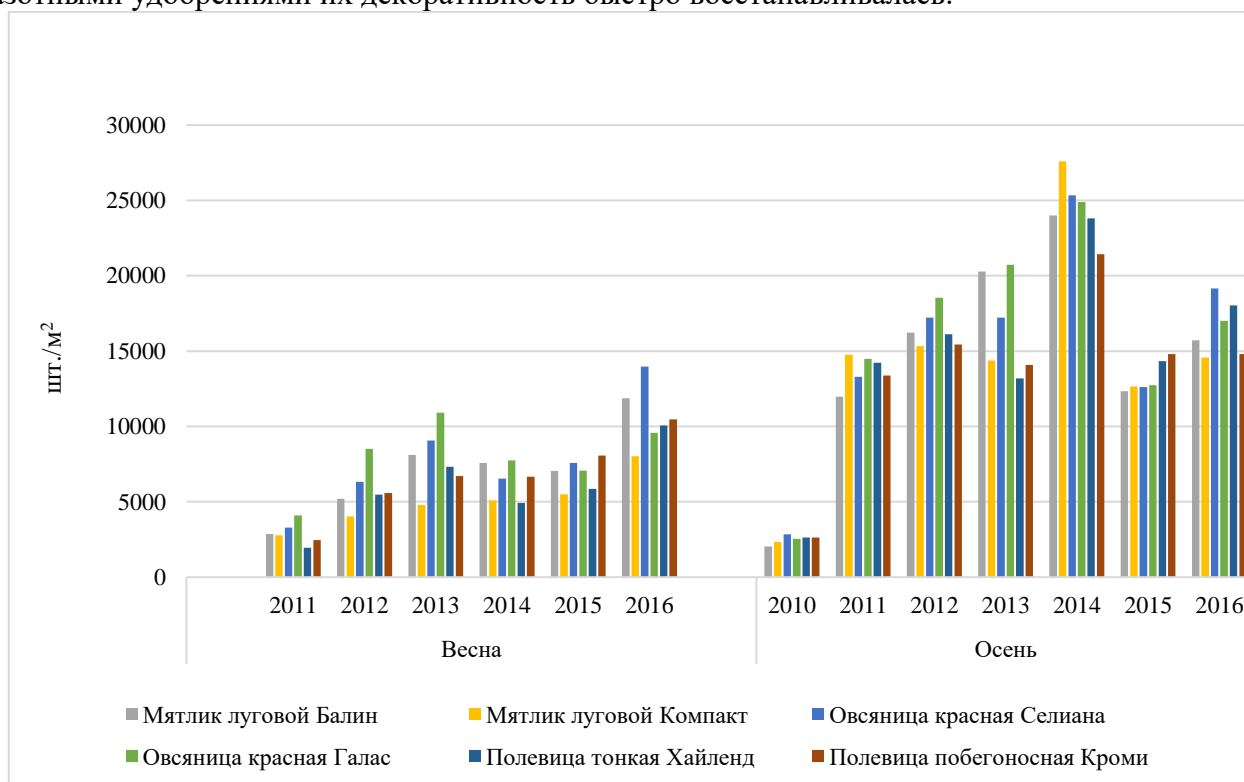


Рисунок. Динамика плотности газонных травостоев в течение вегетационного периода и по годам

Figure. Dynamics of lawn grass stand density during the growing season and by years

В среднем максимальную плотность травостоев наблюдали у овсяницы красной двух сортов: 18 064 (Галас) и 17 409 (Селиана) побегов/м<sup>2</sup>. Плотность травостоев у двух сортов мятлика лугового мало различалась – 16 551–16 744 побегов/м<sup>2</sup>. Полевица тонкая сорт Хайленд опережала по плотности полевицу тонкую сорт Кроми на 957 побегов/м<sup>2</sup>. Минимальное количество побегов фиксировали у полевиц.

Одним из показателей оценки качества газонных травостоев является проективное покрытие, которое отражает количество проекций газонных растений на поверхности почвы. Поскольку маловесные экземпляры растений обычно имеют меньшую проекцию, для заполнения всего свободного пространства им необходимо большее количество побегов. Это подтверждают наши исследования: несмотря на высокую плотность травостоев, у овсяницы красной было зафиксировано наименьшее проективное покрытие. Кроме того, проективное покрытие также отражает площадь светопользования растений, определяя их роль в соответствующем ярусе. В течение вегетационного периода проективное покрытие увеличивалось от 55–65% в мае до 100% в сентябре. В среднем за 6 лет отмечали самое высокое проективное покрытие в конце вегетационного периода у полевиц – 100%.

При комплексной оценке декоративности газонов по А.А. Лаптеву (1983) учитываются оба показателя – плотность по 6-балльной шкале и проективное покрытие травостоев по 5-балльной. Результат выражается по шкале с максимальным показателем 30 баллов: до 4 баллов – плохой газон; 5–9 – посредственный; 10–16 – удовлетворительный; 17–20 – хороший; 21–25 – отличный; 26–30 – газон высшего качества. Результаты оценки изучаемых газонов приведены в таблице.

Таблица. Комплексная оценка декоративности газонных видов  
Table. Comprehensive assessment of the decorative properties of lawn species

Вариант	Годы						Среднее
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Весна							
Мятлик луговой (Балин)	2	3	6	4	6	15	6,0
Мятлик луговой (Компакт)	2	2	2	3	6	9	4,0
Овсяница красная (Селиана)	3	6	4	4	9	10	6,0
Овсяница красная (Галас)	3	9	12	4	6	8	7,0
Полевица тонкая (Хайленд)	2	2	4	3	6	10	4,5
Полевица побегоносная (Кроми)	2	2	4	3	9	10	5,0
Осень							
Мятлик луговой (Балин)	15	30	30	24	25	30	25,7
Мятлик луговой (Компакт)	15	30	24	24	25	25	23,8
Овсяница красная (Селиана)	20	30	30	24	25	30	26,5
Овсяница красная (Галас)	25	30	30	30	25	30	28,3
Полевица тонкая (Хайленд)	10	30	25	30	25	25	25,0
Полевица побегоносная (Кроми)	25	30	25	30	25	30	26,7

В первый год жизни изучаемые травы медленно развиваются; кроме того, 2010 г. отличался сухой и жаркой погодой в середине июля, что привело к формированию газонов низкого качества на всех вариантах. На второй год жизни наблюдали улучшение качества газонов, к осени овсяница красная сорта Галас и полевица побегоносная сорта Кроми сформировали отличный, а овсяница красная сорта Селиана – хороший газон. Газоны из полевицы тонкой сорт Хайленд и мятликов обоих сортов характеризовались как посредственные. Только к концу вегетационного периода третьего года жизни все изучаемые растения сформировали газоны высокого качества.

Анализируя качество газонов в течение вегетационного периода, выявили, что весной овсяница красная обоих сортов и мятлик луговой сорта Балин формировали посредственный газон – в среднем 6,0–7,0 балла. Оба вида полевицы имели некрасивый вид и

характеризовались как газоны плохого качества – 4,5–5,0 баллов. Полевица побегоносная образовывала довольно большой слой войлока, что придавало ей неухоженный вид. Для получения качественного газона из этого вида при уходе необходимо использовать такое дополнительное мероприятие, как скарификацию. В нашей работе скарификация не была предусмотрена. Самые низкие показатели были у мятлика лугового сорта Компакт – 4 балла.

В конце вегетационного периода 2016 г. мятлик луговой сорта Балин, обе овсяницы и полевица побегоносная качественно превзошли травостой из других изучаемых видов и получили 6 баллов (газоны высокого качества). Два вида – мятлик луговой сорта Компакт и полевица тонкая – характеризовались как отличные газоны.

На шестой и седьмой годы жизни травостои мятлика лугового сорта Компакт отличались наибольшей засоренностью одуванчиком лекарственным.

**Выводы.** В ходе проведенных исследований установлено, что овсяница красная сорта Галас формирует наиболее декоративные и устойчивые к неблагоприятным условиям газоны высшего качества. Мятлик луговой сорта Балин и овсяница красная сорта Селиана также подходят для создания газонов отличного качества. Несмотря на то, что газонные травостои из полевицы побегоносной сорта Кроми и полевицы тонкой сорта Хайленд демонстрировали отличные результаты по качеству в конце вегетационного периода, весной они выглядели непрезентабельно. Мятлик луговой сорта Компакт отставал от других изучаемых видов и сортов газонных трав по всем показателям.

Таким образом, мятлик луговой сорта Балин и отечественный сорт овсяницы красной Галас можно рекомендовать для создания качественных, устойчивых и долговечных партерных газонных травостоев. Полевицу побегоносную сорта Кроми возможно использовать для создания партерных газонов, но придется использовать дополнительные приемы ухода для борьбы с войлоком.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gürbüz, R., Alptekin, H. (2022) The efficiency of some post-emergence herbicides for controlling problematic weeds of lawn areas // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. – Vol. 183, No. 2. – Pp. 159–168. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-159-168.
2. Тимошкин, О.А., Тимошкина, О.Ю., Тимошук, Е.В. Оценка травосмесей газонного типа в условиях лесостепи Среднего Поволжья // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2021. – Т. 22 – № 5. – С. 706-714. – DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.706-714.
3. Бондаренко, Н.А., Степанов, А.Ф., Прохорова, Н.А. Партерные газоны для Сибири // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 1 (21). – С. 15–21.
4. Ignatieva, M., Ahrné, K. (2013) Biodiverse green infrastructure for the 21st century: from “green desert” of lawns to biophilic CITIES. *Journal of Architecture and Urbanism*. – No. 37 (1). – pp. 1–9. – DOI: 10.3846/20297955.2013.786284.
5. Костенко, Н.Ю., Костенко, С.И., Малюженец, Е.Е., Румянцев, А.О. Овсяница Красная – газоны, пастбища, борьба с эрозией // *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство*. – Москва: ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2023. – С. 73–78. – DOI: 10.33814/МАК-2023-32-80-73-78.
6. Самсонов, А.В., Самсонова, Е.М. Экономическое исследование производства рулонного газона для гольф-полей в Хабаровске // *Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ*. – 2022. – Т. 2. – С. 389–395.
7. Степанова, Т.В., Москвичева, А.А. Оценка различных видов трав для создания партерных газонов // *Современные подходы к развитию агропромышленного, химического и лесного комплексов. Проблемы, тенденции, перспективы: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, Великий Новгород*,

- 17 марта 2021 года. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2021. – С. 448–453.
8. Лазарев, Н.Н., Гусев, М.А. Комплексная оценка видов и сортов газонных трав в условиях Московской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 89–97.
  9. Лазарев, Н.Н., Гусев, М.А., Кухаренкова, О.В., Бутько, Я.Г. Биолого-экологические особенности низовых злаковых трав и их использование при создании газонов // Кормопроизводство. – 2020. – № 1. – С. 10–16.
  10. Новицкий, Г.Г., Золотарев, В.Н. Оценка видов и сортов многолетних мятликовых трав для создания газонов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 5. – С. 26–32. – DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/26-32.
  11. Матвеева, И.Г. Анализ опасных метеорологических явлений на территории Ленинградской области за период 1991-2015 гг. // Наука без границ. – 2018. – № 2 (19). – С. 128–138.

## REFERENCES

1. Gürbüz, R., Alptekin, H. (2022) The efficiency of some post-emergence herbicides for controlling problematic weeds of lawn areas, *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, vol. 183, no. 2, pp. 159–168, DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-159-168.
2. Timoshkin, O.A., Timoshkina, O.Yu. (2021) Timoshchuk, E.V. Evaluation of lawn-type grass mixtures in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. *Agricultural Science of Euro-North-East*, vol. 22, no. 5, pp. 706–714, DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.706-714.
3. Bondarenko, N.A., Stepanov, A.F., Prokhorova, N.A. (2016) Lawn grasses for Siberia, *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*, no. 1 (21), pp. 15–21.
4. Ignatieva, M., Ahrné, K. (2013) Biodiverse green infrastructure for the 21st century: from “green desert” of lawns to biophilic cities, *Journal of Architecture and Urbanism*, no 37 (1), pp. 1–9, DOI: 10.3846/20297955.2013.786284.
5. Kostenko, N.Yu., Kostenko, S.I., Malyuzhenets, E.E., Rumyantsev, A.O. (2023) Red fescue – lawns, pastures, erosion control, *Multifunctional adaptive forage production*. Moscow: FGBOU DPO RAKO APK, pp. 73–78, DOI: 10.33814/МАК-2023-32-80-73-78.
6. Samsonov, A.V., Samsonova, E.M. (2022) Economic study of roll turf production for golf courses in Khabarovsk, *New ideas of the new century: materials of the international scientific conference of FAD TOGU*, vol. 2, pp. 389–395.
7. Stepanova, T.V., Moskvitseva, A.A (2021) Evaluation of different grass species for the creation of ornamental lawns, *Modern approaches to the development of the agro-industrial, chemical, and forestry complexes. Problems, trends, prospects: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference*, Veliky Novgorod, March 17, 2021. – Veliky Novgorod: Yaroslav the Wise Novgorod State University, pp. 448-453.
8. Lazarev, N.N., Gusev, M.A. (2011) Comprehensive assessment of species and varieties of lawn grasses in the conditions of the Moscow Region, *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*, no. 3, pp. 89–97.
9. Lazarev, N.N., Gusev, M.A., Kukharenkova, O.V., Butko, Ya.G. (2020) Biological and ecological features of lowland grasses and their use in lawn creation, *Forage Production*, no. 1, pp. 10–16.
10. Novitsky, G.G., Zolotarev, V.N. (2023) Assessment of species and varieties of perennial fescue grasses for lawn creation, *Bulletin of Russian Agricultural Science*, no. 5, pp. 26–32, DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/26-32.
11. Matveeva, I.G. (2018) Analysis of hazardous meteorological phenomena in the Leningrad region for the period 1991-2015, *Science Without Borders*, no. 2 (19), pp. 128–138.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Татьяна Валерьевна Степанова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9520-9549>, SPIN-код: 1623-1321, Scopus Author ID: 57301893300; e-mail: zimtv@mail.ru.

**Алена Юрьевна Погодина**, старший преподаватель кафедры земледелия и луговодства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <http://orcid.org/0009-0009-3950-8323>, SPIN-код: 2826-6722; e-mail: dekanat1421@yandex.ru.

**Антонина Леонидовна Кокорина**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры растениеводства им. И.А. Стебута, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <http://orcid.org/0000-0003-4374-2613>, SPIN-код: 6457-1524; e-mail: red9027@yandex.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Tatiana V. Stepanova**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture and Meadow Farming, Department of Crop Production and Grassland Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9520-9549>, SPIN-code: 1623-1321, Scopus Author ID: 57301893300; e-mail: zimtv@mail.ru

**Alena Y. Pogodina**, Senior Lecturer, Department of Crop Production and Grassland Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia; <http://orcid.org/0009-0009-3950-8323>, SPIN-code: 2826-6722; dekanat1421@yandex.ru.

**Antonina L. Kokorina**, Doc. Sci. (Agric.), Professor, Department of Plant Production named after I.A. Stebut, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia; <http://orcid.org/0000-0003-4374-2613>, SPIN-code: 6457-1524; red9027@yandex.ru.

<b>Авторский вклад.</b> Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант	<b>Author's contribution.</b> 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
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest

**Поступила в редакцию / Received 18.10.2024**

**Поступила после рецензирования / Revised 21.11.2024**

**Принята к публикации / Accepted 25.11.2024**

Научная статья/Original article

УДК 636.52/.58 636.5.033 575.174.015.3

Код ВАК 4.2.5

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-87-95

**ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛИНИЙ КУР  
ПОРОДЫ БЕЛЫЙ КОРНИШ, ИСПОЛЗУЕМЫХ ПРИ СОЗДАНИИ  
МЯСНЫХ КРОССОВ**


А.С. Абдельманова<sup>1</sup>  , А.В. Шахин<sup>1</sup> , М.Н. Романов<sup>1, 2, 3, 4</sup> ,  
Л.Г. Коршунова<sup>5</sup> , Ж.В. Емануйлова<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика  
Л.К. Эрнста

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

<sup>3</sup>School of Biosciences, University of Kent

<sup>4</sup>Animal Genomics and Bioresource Research Unit (AGB Research Unit)

<sup>5</sup>Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства  
 abdelmanova@vij.ru

**Реферат.** Эффективность мясного птицеводства во многом зависит от успешности сочетания линий при создании товарных гибридов для достижения наибольшего эффекта гетерозиса. В мире для производства мяса птицы наиболее популярны межпородные кроссы. В нашей стране был создан четырехлинейный двухпородный кросс Смена 9. При его создании в качестве отцовской родительской формы используют потомков от скрещивания прародительских линий СМ5 (отцовская) и СМ6 (материнская) породы белый корниш. Однако генетические механизмы, обуславливающие дифференцировку линий СМ5 и СМ6 в рамках одной породы, до настоящего времени не были изучены. Целью нашей работы являлось выявление геномных вариантов, дифференцирующих линии СМ5 и СМ6 породы белый корниш, на основании данных полногеномного секвенирования. После проведения контроля качества в анализ вошло 10 726 763 однонуклеотидных полиморфизмов, локализованных на 28 аутосомах. Анализ генетических взаимосвязей исследуемых линий показал консолидированность каждой линии и четкую их дифференциацию друг от друга. Оценка уровня гомозиготности не выявила значимых отличий между линиями. В материнской и отцовской линиях были идентифицированы непересекающиеся геномные участки (3 и 13 локусов соответственно), предположительно подвергшиеся давлению отбора. Аннотация выявленных регионов показала наличие в них длинных некодирующих РНК, связанных в основном с регуляторными функциями. У линии СМ6 на хромосоме 1 идентифицирован ген *CELF2*, экспрессирующийся в развивающихся и зрелых тканях, ассоциированный с тканеспецифичными процессами у эмбрионов позвоночных. Полученные результаты свидетельствуют о сбалансированной разнонаправленной селекционной работе, позволяющей эффективно использовать генетический потенциал при создании бройлерного кросса.

**Ключевые слова:** птицеводство, бройлерный кросс, полногеномное секвенирование, инбридинг, давление селекции, генетическая дифференциация

**Для цитирования:** Абдельманова А.С., Шахин А.В., Романов М.Н., Коршунова Л.Г., Емануйлова Ж.В. Оценка генетической дифференциации линий кур, используемых при

создании мясных кроссов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 87–95. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-87-95.

**Финансирование.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема FGGN-2023-0002).

## EVALUATION OF GENETIC DIFFERENTIATION OF CHICKEN LINES USED FOR BREEDING MEAT CROSSES

A.S. Abdelmanova<sup>1</sup>  , A.V. Shakhin<sup>1</sup> , M.N. Romanov<sup>1, 2, 3, 4</sup> ,  
L.G. Korshunova<sup>5</sup> , Z.V. Emanuilova<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University”

<sup>3</sup>School of Biosciences, University of Kent

<sup>4</sup>Animal Genomics and Bioresource Research Unit (AGB Research Unit)

<sup>5</sup>All-Russian Research and Technological Poultry Institute

 abdelmanova@vij.ru

**Abstract.** The efficiency of meat poultry production depends largely on the success of combining lines to create commercial hybrids to achieve the greatest effect of heterosis. Interbreed crosses are the most popular in the world for poultry meat production. A four-line two-breed cross Smena 9 was created in our country. In its creation, the progeny of crosses between the ancestral lines CM5 (paternal) and CM6 (maternal) of the White Cornish breed are used as the paternal parental form. However, the genetic mechanisms causing differentiation of CM5 and CM6 lines within one breed have not been studied so far. The aim of our work was to identify genomic variants differentiating CM5 and CM6 lines of the White Cornish breed on the basis of full genome sequencing data. After quality control, 10,726,763 single nucleotide polymorphisms localised on 28 autosomes were included in the analysis. Analysis of the genetic relationships of the studied lines showed the consolidation of each line and their clear differentiation from each other. Evaluation of the level of homozygosity did not reveal significant differences between the lines. Non-overlapping genomic regions (3 and 13 loci, respectively), presumably subjected to selection pressure, were identified in the maternal and paternal lines. Annotation of the identified regions revealed the presence of long noncoding RNAs associated mainly with regulatory functions. In the CM6 lineage, the *CELF2* gene, expressed in developing and mature tissues, was identified on chromosome 1 and associated with tissue-specific processes in vertebrate embryos. The results obtained indicate a balanced multidirectional selection work that allows efficient utilisation of genetic potential in the creation of broiler cross.

**Keywords:** poultry breeding, broiler cross, whole genome sequencing, selection pressure, inbreeding, genetic differentiation

**For citation:** Abdelmanova, A.S., Shakhin, A.V., Romanov, M.N., Korshunova L.G., Emanuilova Zh.V. (2024), “Evaluation of genetic differentiation of chicken lines used for breeding meat crosses”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 87–95. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-87-95.

**Financial support.** The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation according to theme No. FGGN-2023-0002.

**Введение.** Птицеводство играет важную роль в обеспечении людей высококачественным животным белком за счет экономически эффективных источников – яиц и мяса птицы. Значительное селекционное давление привело к появлению пород, сильно дифференцированных по скорости роста и развития мышечной ткани и массы [1].

Эффективность производства в мясном птицеводстве во многом зависит от успешности использования генетического потенциала и эффекта гетерозиса при сочетании отцовских и материнских линий, используемых для получения товарных кроссов. Поэтому направленной селекции этих линий уделяется особое внимание. Как правило, отцовские линии селекционируют на повышение живой массы и хорошие мясные формы, а материнские – на увеличение плодовитости [2].

В мире для получения мяса птицы наиболее популярны кроссы на основе пород корниш и плимутрок (Ross308, Cobb500 или Ross708).

В нашей стране на базе СГЦ «Смена» был создан четырехлинейный кросс «Смена 9», при выведении которого были использованы 4 линии двух пород кур – белый корниш и белый плимутрок. Хотя обе породы и различаются по характеристикам роста мышечной массы, однако часто используются при создании бройлерных кроссов [3].

Птицу отцовской линии SM5 породы корниш целенаправленно селекционировали по живой массе молодняка в раннем возрасте. Птица материнской линии SM6 породы корниш имеет высокие показатели по живой массе, обмускуленности груди и ног [2, 4].

Однако генетические механизмы, обуславливающие дифференцировку линий SM5 и SM6 в рамках одной породы, до настоящего времени не были изучены.

Анализ данных полногеномного секвенирования является мощным инструментом, позволяющим обнаружить различия в структуре генов с высокой точностью даже в пределах одной породы [5, 6].

**Цель исследования** – выявление геномных вариантов, дифференцирующих линии SM5 и SM6 породы белый корниш, на основании данных полногеномного секвенирования.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В качестве материала для исследований служили образцы пульпы пера птиц породы корниш линий SM5 (CR2022L5,  $n = 20$ ) и SM6 (CR2022L6,  $n = 20$ ), выведенных в 2022 г., которые были предоставлены ФБГНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» в рамках договора о научном сотрудничестве.

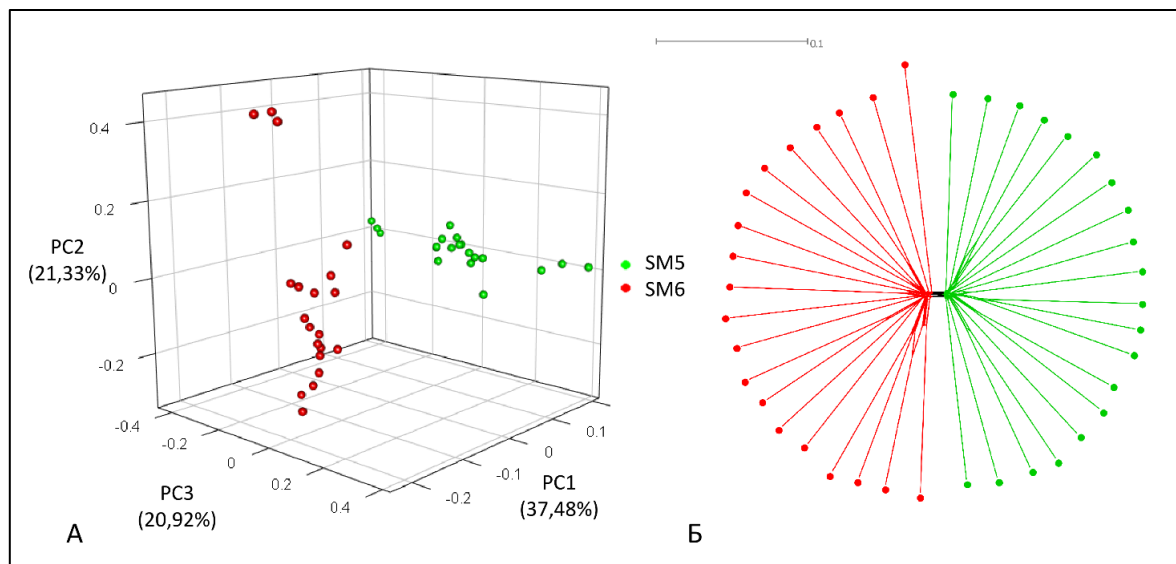
В ходе исследований было проведено полногеномное секвенирование на секвенаторе NovaSeq 6000 (Illumina Inc., США). Выравнивание сиквенсов выполняли с помощью инструментов bwa-mem2 [7] и SAMtools [8] на референсный геном *Gallus gallus* по сборке bGalGal1.mat.broiler.GRCg7b (GCA\_016699485.1).

Дальнейшая биоинформационная обработка данных проводилась с помощью программы PLINK1.9 [9]. Для анализа были отобраны только биаллельные локусы с частотой минорного аллеля не более 5%, расположенные на 28 аутосомах и успешно генотипированные не менее чем у 90% особей. После контроля качества и фильтрации данных в итоговый датасет вошло 10 726 763 однонуклеотидных полиморфизмов (SNPs, single nucleotide polymorphisms). Визуализация результатов анализа проводилась в среде R 3.5.0 (<http://www.Rproject.org>) с использованием дополнительных пакетов.

**Результаты исследования.** В ходе исследования был проведен анализ генетических взаимосвязей исследуемых линий с использованием анализа главных компонент (рисунок, А), а также была оценена генетическая дифференциация особей внутри линий на основании индивидуальных генетических дистанций (рисунок, Б).

На рисунке 1, А видно, что анализ главных компонент выявил консолидированность обеих линий. Несмотря на то, что в каждой из них обнаружены особи, несколько

отличающиеся от большинства, обе линии четко отделяются друг от друга, что свидетельствует об изменениях в геноме, накопившихся в результате разнонаправленной селекционной работы. На дендрограмме (рисунок 1, Б) образцы каждой линии сформировали специфические кластеры, объединенные достаточно короткими общими ребрами, что также говорит в пользу дифференциации в результате селекции, а не разнородного происхождения или гибридизации с другими породами.



**Рисунок 1. Оценка генетических взаимосвязей внутри и между исследуемыми линиями на основании данных полногеномного секвенирования: А – анализ главных компонент; Б – дендрограмма, построенная на основании генетических дистанций IBS (identity-by-state, идентичный по состоянию)**

**Picture 1. Evaluation of genetic relationships within and between the studied lines based on whole-genome sequencing data: A – principal component analysis; B – neighbor-Net dendrogram based on IBS (identity-by-state) genetic distances**

На основании оценки количества и длины протяженных гомозиготных фрагментов ROH (runs of homozygosity) проведен анализ уровня гомозиготности двух линий породы корниш, используемых в качестве прародительских форм при создании бройлерных кроссов (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, в линии CR2022L5, используемой в качестве отцовской формы, средняя длина и количество протяженных гомозиготных фрагментов (ROH), а также коэффициент геномного инбридинга  $F_{ROH}$  были несколько выше, чем в материнской линии CR2022L6. Однако достоверные ( $p < 0,05$ ) различия наблюдались только для среднего количества сегментов ROH. Это может свидетельствовать о незначительно различающемся давлении селекции в материнской и отцовской линиях и равномерном накоплении гомозиготных регионов.

Следует отметить, что показатели коэффициента геномного инбридинга  $F_{ROH}$ , средней длины и количества фрагментов ROH, приведенные в работах других авторов [10], существенно выше полученных в настоящем исследовании, что может объясняться как дизайном эксперимента и особенностями выборки, так и контролем инбридинга в отечественных линиях.

**Таблица 1. Описательная статистика количества и длины протяженных гомозиготных фрагментов в линиях кур породы белый корниш**  
**Table 1. Descriptive statistics of the number and length of runs of homozygosity in lines of White Cornish chickens**

Линия	n	Средняя длина ROH, Mb		Среднее количество ROH		F <sub>ROH</sub>	
		M±SE	min–max	M±SE	min–max	M±SE	min–max
CR2022L5	20	33,11±1,74	21,28–51,83	44,00±2,28*	31–67	0,035±0,002	0,02–0,06
CR2022L6	20	28,94±1,96	17,51–47,72	36,75±2,05	24–56	0,031±0,002	0,02–0,05

Примечание: n – количество голов в группе; M – среднее значение; SE – стандартная ошибка; F<sub>ROH</sub> – коэффициент геномного инбридинга; min–max – минимальное и максимальное значение показателя соответственно;

\*  $p < 0,05$ .

На основании информации о распределении по геному островков ROH – гомозиготных регионов, общих для более чем 50% особей в каждой группе, проведена идентификация участков, предположительно подвергшихся давлению отбора (таблица 2).

**Таблица 2. Регионы, предположительно находящиеся под давлением отбора в исследованных линиях породы корниш**  
**Table 2. Regions suspected to be under selection pressure in the Cornish breed lines studied**

Хромосома	Регион		Количество SNP в регионе	Протяженность региона, Kb	Линия
	Начальная позиция	Конечная позиция			
1	5638772	6295868	3078	657,096	CR2022L6
1	6296517	6314133	88	17,616	CR2022L6
1	55192648	55349607	3	156,959	CR2022L5
1	55516301	55568395	81	52,094	CR2022L5
2	70815739	71118579	484	302,840	CR2022L5
2	71118807	71446276	958	327,469	CR2022L5
2	71446410	71517023	196	70,613	CR2022L5
2	71517353	72133691	1867	616,338	CR2022L5
2	72135027	72685905	1792	550,878	CR2022L5
4	70190284	70280330	617	90,046	CR2022L5
4	70282487	70482452	921	199,965	CR2022L5
5	31091029	31620810	839	529,781	CR2022L5
7	24308753	24822159	3748	513,406	CR2022L5
9	17027472	17109801	792	82,329	CR2022L5
18	883537	1434663	1947	551,126	CR2022L6
18	1056288	1351459	1049	295,171	CR2022L5

Как видно из таблицы 2, всего выявлено 16 островков ROH. Большинство (13 островков) было найдено в отцовской линии SM5, средняя их протяженность составляла 291,376 Kb. В материнской линии выявлено всего 3 островка, средняя протяженность которых 408,613 Kb. На первой хромосоме были выявлены гомозиготные участки для обеих линий, локализованные в разных местах на хромосоме.

Структурная аннотация регионов, идентифицированных у линии СМ6, выявила в локусе GGA1:5,68-5,94 Мб длинные некодирующие РНК (lncRNA, long non-coding RNA), которые выполняют разнообразные биологические функции, регулируя экспрессию генов и функции на транскрипционном, трансляционном и посттрансляционном уровнях [11]. У линии СМ5 lncRNA были обнаружены в локусе GGA1:55,16-55,24 Мб. Кроме того, у линии СМ6 в локусе GGA1:6,01-6,58 Мб идентифицирован ген *CELF2*, ассоциированный с несколькими стадиями процессинга РНК, который широко экспрессируется в развивающихся и зрелых тканях и может лежать в основе консервативных регулируемых развитием тканеспецифических процессов у эмбрионов позвоночных [12].

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что отцовская и материнская прародительские линии петухов, используемых при создании кросса «Смена 9», несмотря на принадлежность к одной породе, генетически хорошо дифференцированы. Линейное разведение не привело к значительным различиям в уровне инбридинга и его критическому нарастанию. Это указывает на сбалансированную разнонаправленную селекционную работу, позволяющую эффективно использовать генетический потенциал при создании товарного гибрида.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gu, S., Huang, Q., Sun, C., Wen, C., Yang, N. Transcriptomic and epigenomic insights into pectoral muscle fiber formation at the late embryonic development in pure chicken lines. // *Poult Sci.* – 2024. – Vol. 103 (8). – Article 103882. – DOI: 10.1016/j.psj.2024.103882.
2. Емануйлова, Ж.В., Егорова, А.В., Ефимов, Д.Н., Комаров, А.А. Приемы селекции новой отцовской линии породы корниш кросса «Смена 9» // *Птицеводство.* – 2021. – № 4. – С. 12–17. – DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-4-12-17.
3. Gu, S., Wen, C., Li, J., Liu, H., Huang, Q., Zheng, J., Sun, C., Yang, N. Temporal expression of myogenic regulatory genes in different chicken breeds during embryonic development. // *Int J Mol Sci.* – 2022. – Vol. 23 (17). – Article 10115. – DOI: 10.3390/ijms231710115.
4. Ефимов, Д.Н., Егорова, А.В., Емануйлова, Ж.В., Комаров, А.А. Эффективность работы селекционеров СГЦ «Смена» с материнской линией породы корниш // *Птицеводство.* – 2022. – № 10. – С. 8–14. – DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-10-8-14.
5. Bello, S.F., Lawal, R.A., Adeola, A.C., Nie, Q. The study of selection signature and its applications on identification of candidate genes using whole genome sequencing data in chicken—a review. // *Poult Sci.* – 2023. – Vol. 102 (6). – Article 102657. – DOI: 10.1016/j.psj.2023.102657.
6. Moreira, G.C.M., Boschiero, C., Cesar, A.S.M., Reecy, J.M., Godoy, T.F., Trevisoli, P.A., Cantão, M.E., Ledur, M.C., Ibelli, A.M.G., Peixoto, J.O., Moura, A.S.A.M.T., Garrick, D., Coutinho, L.L. A genome-wide association study reveals novel genomic regions and positional candidate genes for fat deposition in broiler chickens. // *BMC Genomics.* – 2018. – Vol. 19 (1). – Article 374. – DOI: 10.1186/s12864-018-4779-6
7. Vasimuddin, M., Misra, S., Li, H., Aluru, S. Efficient Architecture-Aware Acceleration of BWA-MEM for Multicore Systems // *IEEE Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS).* – 2019. – DOI: 10.1109/IPDPS.2019.00041.
8. Danecsek, P., Bonfield, J.K., Liddle, J., Marshall, J., Ohan, V., Pollard, M.O., Whitwham, A., Keane, T., McCarthy, S.A., Davies, R.M., Li, H. Twelve years of SAMtools and BCFtools // *Gigascience.* – 2021. – Vol. 10 (2). – Article giab008. – DOI: 10.1093/gigascience/giab008 .
9. Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M.A.R., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P.I.W., Daly, M.J., et al. PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. // *Am. J. Hum. Genet.* – 2007. – Vol. 81. – Pp. 559–575. – DOI: 10.1086/519795.

10. Talebi, R., Szmatoła, T., Mészáros, G., Qanbari, S. Runs of Homozygosity in Modern Chicken Revealed by Sequence Data. // *G3 (Bethesda)*. – 2020. – Vol. 10 (12) – Pp. 4615–4623. – DOI: 10.1534/g3.120.401860.
11. Chi, Y., Wang, D., Wang, J., Yu, W., Yang, J. Long non-coding RNA in the pathogenesis of cancers. // *Cells*. – 2019. – Vol. 8 (9). – Article 1015. – DOI: 10.3390/cells8091015.
12. Blech-Hermoni, Y., Stillwagon, S.J., Ladd, A.N. Diversity and conservation of CELF1 and CELF2 RNA and protein expression patterns during embryonic development. // *Dev Dyn*. – 2013. – Vol. 242 (6). – Pp. 767–777. – DOI: 10.1002/dvdy.23959.

## REFERENCES

1. Gu, S., Huang, Q., Sun, C., Wen, C., Yang, N. (2024), “Transcriptomic and epigenomic insights into pectoral muscle fiber formation at the late embryonic development in pure chicken lines”, *Poult Sci.*, vol. 103 (8), Article 103882, DOI: 10.1016/j.psj.2024.103882.
2. Emanuylova, Zh.V., Egorova, A.V., Efimov, D.N., Komarov, A.A. (2021), “The techniques and efficiency of selection of new paternal Cornish line of broiler cross Smena-9” // *Ptitsevodstvo*, vol. 4., pp. 12–17. (In Russ.), DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-4-12-17.
3. Gu, S., Wen, C., Li, J., Liu, H., Huang, Q., Zheng, J., Sun, C., Yang, N. (2022) “Temporal expression of myogenic regulatory genes in different chicken breeds during embryonic development”, *Int J Mol Sci.*, vol. 23 (17), Article 10115, DOI: 10.3390/ijms231710115.
4. Efimov, D.N., Egorova, A.V., Emanuylova, Zh.V., Komarov, A.A. (2022), “The effectiveness of the selection of preparental maternal line of paternal Cornish line of broiler breeders at the Center for Selection & Genetics “Smena”, *Ptitsevodstvo*, vol. 71 (10), pp. 8–14. (In Russ.), DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-10-8-14.
5. Bello, S.F., Lawal, R.A., Adeola, A.C., Nie, Q. (2023), “The study of selection signature and its applications on identification of candidate genes using whole genome sequencing data in chicken—a review” *Poult Sci.*, vol. 102 (6), Article 102657, DOI: 10.1016/j.psj.2023.102657
6. Moreira, G.C.M., Boschiero, C., Cesar, A.S.M., Reecy, J.M., Godoy, T.F., Trevisol, P.A., Cantão, M.E., Ledur, M.C., Ibelli, A.M.G., Peixoto, J.O., Moura, A.S.A.M.T., Garrick, D., Coutinho, L.L. (2018), “A genome-wide association study reveals novel genomic regions and positional candidate genes for fat deposition in broiler chickens”, *BMC Genomics*, vol. 19 (1), Article 374, DOI: 10.1186/s12864-018-4779-6.
7. Vasimuddin, M., Misra, S., Li, H., Aluru, S. (2019), “Efficient Architecture-Aware Acceleration of BWA-MEM for Multicore Systems”, *IEEE Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)*, DOI: 10.1109/IPDPS.2019.00041.
8. Danecek, P., Bonfield, J.K., Liddle, J., Marshall, J., Ohan, V., Pollard, M.O., Whitwham, A., Keane, T., McCarthy, S.A., Davies, R.M., Li, H. (2021), “Twelve years of SAMtools and BCFtools”, *Gigascience*, vol. 10 (2), Article giab008, DOI: 10.1093/gigascience/giab008 (accessed: 14.10.2024).
9. Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M.A.R., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P.I.W., Daly, M.J., et al. (2007), “PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses”, *Am. J. Hum. Genet.*, vol. 81, pp. 559–575, DOI: 10.1086/519795.
10. Talebi, R., Szmatoła, T., Mészáros, G., Qanbari, S. (2020) “Runs of Homozygosity in Modern Chicken Revealed by Sequence Data”. *G3 (Bethesda)*, vol. 10 (12), pp. 4615–4623, DOI: 10.1534/g3.120.401860.
11. Chi, Y., Wang, D., Wang, J., Yu, W., Yang, J. (2019), “Long Non-Coding RNA in the Pathogenesis of Cancers”, *Cells*, vol. 8 (9), Article 1015, DOI: 10.3390/cells8091015.

12. Blech-Hermoni, Y., Stillwagon, S.J., Ladd, A.N. (2013), "Diversity and conservation of CELF1 and CELF2 RNA and protein expression patterns during embryonic development", *Dev Dyn.* vol. 242 (6), pp. 767–777, DOI: 10.1002/dvdy.23959.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Александра Сергеевна Абдельманова**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольский р-н, Московская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>, SPIN-код: 9320-8756, Scopus Author ID: 57214725435, ResearcherID: AAC-3769-2019; e-mail: [abdelmanova@vij.ru](mailto:abdelmanova@vij.ru).

**Алексей Викторович Шахин**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольский р-н, Московская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4959-878X>, SPIN-код: 5536-6340, Scopus Author ID: 57204107584; e-mail: [alexshakhin@vij.ru](mailto:alexshakhin@vij.ru).

**Михаил Николаевич Романов**, кандидат биологических наук, научный сотрудник, 1. Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольский р-н, Московская обл., Россия; 2. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия; 3. School of Biosciences, University of Kent; Canterbury CT2 7NZ, UK; 4. Animal Genomics and Bioresource Research Unit (AGB Research Unit), Faculty of Science, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, Thailand; <https://orcid.org/0000-0003-3584-4644>, SPIN-код: 6626-3013, Scopus Author ID: 7005857204, ResearcherID: O-9419-2014; e-mail: [m.romanov@kent.ac.uk](mailto:m.romanov@kent.ac.uk).

**Людмила Георгиевна Коршунова**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства», г. Сергиев Посад, Московская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4393-7499>, SPIN-код: 2833-4480, Scopus Author ID: 57203822911; e-mail: [lg@vnitip.ru](mailto:lg@vnitip.ru).

**Жанна Владимировна Емануйлова**, кандидат сельскохозяйственных наук, главный зоотехник-селекционер ФГБУ СГЦ «Смена» – филиал ФНЦ «ВНИТИП», г. Сергиев Посад, Московская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8855-2947>; e-mail: [emanuilova@mail.ru](mailto:emanuilova@mail.ru).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Alexandra S. Abdelmanova**, Doc. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Functional and Evolutionary Animal Genomics, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, Podolsky district, Moscow Region, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>, SPIN-code: 9320-8756, Scopus Author ID: 57214725435, ResearcherID: AAC-3769-2019; e-mail: [abdelmanova@vij.ru](mailto:abdelmanova@vij.ru).

**Alexey V. Shakhin**, Cand. Sci. (Biol.), Research, Laboratory of Functional and Evolutionary Genomics of Animals, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, Podolsky district, Moscow Region, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4959-878X>, SPIN-code: 5536-6340, Scopus Author ID: 57204107584; e-mail: [alexshakhin@vij.ru](mailto:alexshakhin@vij.ru).

**Michael N. Romanov**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, 1. L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, Podolsky district, Moscow Region, Russia; 2. Saint Petersburg State Agrarian University; Saint Petersburg, Russia; School of Biosciences, University of Kent; Canterbury CT2 7NZ, UK; 3. Animal Genomics and Bioresource Research Unit (AGB Research Unit), Faculty of Science, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, Thailand; <https://orcid.org/0000-0003-3584-4644>, SPIN-code: 6626-3013, Scopus Author ID: 7005857204, ResearcherID: O-9419-2014; e-mail: [m.romanov@kent.ac.uk](mailto:m.romanov@kent.ac.uk).

**Liudmila G Korshunova**, Doc. Sci. (Biol.), Chief researcher, Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Poultry Institute”, Sergiev Posad, Moscow Region, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4393-7499>, SPIN-code: 2833-4480 Scopus Author ID: 57203822911; e-mail: [lg@vnitip.ru](mailto:lg@vnitip.ru).

**Zhanna V. Emanuilova**, Cand. Sci. (Agric.), Chief breeder Center of Genetic and Selection “Smena” branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific – branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Poultry Institute”, Sergiev Posad, Moscow Region, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8855-2947>; e-mail: [emanuilova@mail.ru](mailto:emanuilova@mail.ru).

<b>Авторский вклад.</b> Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант	<b>Author’s contribution.</b> 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
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest

**Поступила в редакцию / Received 30.10.2024**  
**Поступила после рецензирования / Revised 21.11.2024**  
**Принята к публикации / Accepted 15.11.2024**

Научная статья/Original article

УДК 635.5.033

Код ВАК 4.2.4

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-96-104

## ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА КУР НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНКУБАЦИИ И ОТКОРМА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА ROSS 308

Л.Т. Васильева , А.Г. Бычаев 

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

 ludamila51@mail.ru

**Реферат.** На результаты инкубации и качество молодняка оказывают влияние многие факторы. Одним из наиболее важных является возраст кур родительского стада. В статье приведены результаты исследования влияния возраста кур родительского стада кросса ROSS 308 на результаты инкубации яиц и мясную продуктивность бройлеров, полученных от разновозрастных кур. Предметом исследования стали куры трёх возрастных категорий: 1)  $\leq 35$  нед; 2) 36–45 нед.; 3)  $\geq 46$  нед. Установлено, что влияние возраста кур родительского стада на результаты инкубации яиц, полученных от них, может быть представлено как криволинейная зависимость. Вывод, выводимость и оплодотворенность яиц кур от 36–45 нед. превосходили результаты инкубации яиц кур  $\leq 35$  нед. на 2,01%, 0,91% и 1,27%, а также  $\geq 46$  нед. на 8,45%, 4,42% и 8,80% соответственно. При откорме цыплят-бройлеров, полученных от кур разного возраста, было установлено, что несмотря на более интенсивный рост цыплят от молодой птицы и высокую живую массу бройлеров в конце откорма, полученных от кур старше 46 нед., европейский индекс продуктивности у цыплят-бройлеров, полученных из яиц кур в возрасте 36–45 нед., составил 358,6 и превосходил первых на 3,02%, а вторых – на 1,11%. При порционной разделке тушек цыплят-бройлеров кросса ROSS 308 наиболее эффективными оказались бройлеры, полученные от кур  $\geq 46$  нед. Таким образом, установлено влияние возраста кур родительского стада на результаты инкубации и мясную продуктивность бройлеров, полученных от кур разного возраста.

**Ключевые слова:** возраст кур, кросс ROSS 308, инкубация, мясная продуктивность цыплят-бройлеров

**Для цитирования:** Васильева Л.Т., Бычаев А.Г. Влияние возраста кур на результаты инкубации и откорма цыплят-бройлеров кросса ROSS 308 // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 96–104. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-96-104.

## EFFECT OF CHICKEN AGE ON THE RESULTS OF INCUBATION AND FATTENING OF BROILER CHICKENS OF THE CROSS ROSS 308

L.T. Vasilyeva  , A.G. Bychaev 

Saint-Petersburg State Agrarian University  
 ludamila51@mail.ru

**Abstract.** Many factors influence the incubation results and quality of the young birds. One of the most important is the age of the parent stock hens. The article presents the results of the study of the influence of the age of the parental flock of ROSS 308 on the results of egg incubation and meat productivity of broilers obtained from hens of different ages. The subject of the study were hens of 3 age categories: 1)  $\leq 35$  weeks; 2) 36-45 weeks; 3)  $\geq 46$  weeks. It was found that the effect of the age of parental hens on the results of incubation of eggs obtained from them can be represented as a curvilinear dependence. Hatching, hatchability and fertilisation rates of eggs of hens from 36-45 weeks were superior to the results of incubated eggs of hens  $\leq 35$  weeks by 2.01%, 0.91% and 1.27% and  $\geq 46$  weeks. by 8.45%, 4.42% and 8.80% respectively. When fattening broiler chickens obtained from chickens of different ages, it was found that despite the more intensive growth of chickens from young birds and the high live weight of broilers at the end of fattening, obtained from chickens older than 46 weeks. The European productivity index of broiler chickens derived from eggs of hens aged 36-45 weeks was 358.6 and outperformed the former by 3.02% and the latter by 1.11%. Broilers from chickens  $\geq 46$  weeks of age were the most efficient when portioning the carcasses of broiler chickens of the ROSS 308 cross. Thus, the influence of the age of parental flock chickens on the results of incubation and meat productivity of broilers obtained from chickens of different ages was established.

**Keywords:** age of chickens, ROSS 308 cross, incubation, meat productivity of broiler chickens

**For citation:** Vasilyeva L.T., Bychaev A.G. (2024), "Effect of chicken age on the results of incubation and fattening of broiler chickens of the cross ROSS 308", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no 4, pp. DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-

**Введение.** Влияние возраста кур родительского стада на результаты инкубации и на продуктивные показатели цыплят-бройлеров исследователями изучается на протяжении нескольких десятков лет [1–4]. Было выявлено, что возраст птицы влияет на качество инкубационных яиц по следующим причинам: возрастные особенности функционирования органов воспроизводства (яичника и яйцевода), снижение усвояемости из рациона питательных веществ и т. д. [5]. Все это приводило к высокой эмбриональной смертности, отставанию в развитии и получению молодняка с низкой однородностью по живой массе, а впоследствии – к снижению эффективности производства мяса при откорме таких цыплят [6–10]. Остроту и актуальность исследование влияния возраста родительского стада на эффективность производства мяса приобретает в бройлерных хозяйствах с незамкнутым циклом при необходимости закупки яиц финального гибрида за рубежом, что сильно снижает рентабельность при производстве мяса цыплят-бройлеров [8–10]. Поэтому исследования, посвященные анализу возрастного влияния поступающих из-за рубежа инкубационных яиц и полученного из этих яиц молодняка, не только актуальны, но и имеют высокое практическое значение [10].

**Цель исследования** – анализ влияния возраста кур родительского стада кросса ROSS 308 на результаты инкубации и откорма цыплят-бройлеров. Для успешного выполнения цели были определены следующие задачи:

**ЗООТЕХНИЯ, ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ  
ANIMAL SCIENCE, GENETICS AND BREEDING OF FARM ANIMALS**

1. Исследовать влияние возраста кур на результаты инкубации яиц кросса ROSS 308.
2. Определить продуктивные показатели цыплят-бройлеров данного кросса при откорме.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проведены на птицефабрике «Ударник», расположенной в Северо-Западном регионе РФ. Материалом исследования явились инкубационные яйца кросса ROSS 308 ( $n = 22555399$  яиц) и цыплята-бройлеры в возрасте 1–38,5 сут. (18452657 голов), полученные от кур в возрасте от 29 до 60 нед. Все инкубируемые яйца были разделены на 3 группы: 1)  $\leq 35$  нед.; 2) 36–45 нед.; 3)  $\geq 46$  нед. Инкубация яиц производилась в инкубаторе Pas Reform с использованием общепринятых режимов. В процессе инкубации в 7,5 сут. было проведено овоскопирование яиц для определения их оплодотворенности, количества эмбрионов, погибших до 48 ч. и в более поздние сроки (кровь-кольцо), количество яиц с присохшими к подскорлупной пленке эмбрионами, яиц с поврежденной скорлупой и другими изменениями, обнаруженными в процессе инкубирования.

Таблица 1. **Материал и методики**  
Table 1. **Material and methodology**

Этап исследования	Возрастные группы кур родительского стада	Исследуемые объекты		Исследуемые показатели
		яйца	цыплята	
1. Влияние возраста кур родительского стада на результаты инкубации	$\leq 35$ нед.	4386991	–	Интенсивность эмбрионального развития в 7,5 сут. инкубации (категории), выводимость (%), оплодотворенность яиц (%), вывод (%), категории отходов инкубации (%)
	36–45 нед.	6414263	–	
	$\geq 46$	11754145	–	
2. Влияние возраста кур родительского стада на продуктивные показатели цыплят – бройлеров	$\leq 35$ нед.	–	3729381	Живая масса суточных цыплят и бройлеров при снятии с откорма (г), сохранность цыплят за время откорма (%), среднесуточный прирост живой массы (г), затраты корма на кг прироста живой массы (кг), индекс продуктивности (%)
	36–45 нед.	–	5488044	
	$\geq 46$	–	9238232	
3. Влияние возраста кур на показатели убоя цыплят–бройлеров	$\leq 35$ нед.	–	100	Предубойная масса бройлеров (г), выход (%) потрошенной тушки (при полупотрошении), выход (%) порционных частей тушки
	36–45 нед.	–	100	
	$\geq 46$	–	100	

Остальные отходы инкубации определялись после вывода цыплят. В процессе исследования были использованы методики ВНИТИП и общепринятые методики расчета зоотехнических показателей.

При выводе цыплята, отобранные методом случайной выборки, были взвешены по 100 гол. от каждой возрастной группы в партиях выведенного молодняка. Цыплята на откорме содержались в одинаковых условиях и получали унифицированный полнорационный комбикорм в соответствии с рекомендациями производителя кросса.

По завершению откорма все цыплята-бройлеры были убиты и из каждой возрастной группы методом случайной выборки было отобрано по 100 тушек, которые подверглись разделению на порционные части.

**Результаты исследования.** Инкубация яиц является одной из важнейших технологических операций, в значительной степени определяющей эффективность откорма цыплят-бройлеров. Многочисленными исследованиями установлено, что при оптимальных условиях режима инкубирования яиц интенсивное эмбриональное развитие в значительной степени определяется возрастом родительского стада [1, 8–10]. В связи с этим при просвечивании яиц на 7 сутки в цехе инкубации наряду с определением оплодотворенности яиц была оценена интенсивность эмбрионального развития в яйцах, полученных от разновозрастных родителей. Средняя категория развития эмбрионов в яйцах кросса ROSS 308 составила 1,07 (84,8%), что свидетельствует о хорошем начале развития эмбрионов. Исследованиями установлено, что возраст родительского стада оказывал влияние на интенсивность развития эмбрионов. Так, эмбриональное развитие в первую неделю инкубации в яйцах, полученных от кур возрастом 36–45 нед., оказалась самым интенсивным, их категория была оценена как 1,0. Незначительное отставание в развитии наблюдалось у эмбрионов в яйцах молодых несушек ( $\leq 35$  нед.), категория развития которых оказалась 1,01. Эмбриональное развитие в яйцах, полученных от кур возрастом  $\geq 46$  нед., достоверно ( $P \geq 0,999$ ) отставало от первых двух групп и составило 1,3 с колебаниями от 1,07 в 46 нед. до 1,57 56 нед. и старше.

В целом результаты инкубации по возрастным группам несушек родительского стада представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты инкубации яиц в исследуемых возрастных группах кур родительского стада кросса ROSS 308, %

Table 2. The results of egg incubation in the studied age groups of chickens of the parent flock of the ROSS 308 cross, %

Возрастные группы кур	Вывод цыплят	Оплодотворенность яиц	Выводимость яиц
$\leq 35$ нед.	85,01	96,52	88,08
36–45 нед.	87,02	97,79	88,99
$\geq 46$ нед.	78,57	92,92	84,57

Анализ полученных данных показал достоверное различие показателей вывода цыплят, выводимости яиц и оплодотворенности яиц между группами кур разного возраста родительского стада кросса ROSS 308. Установлено, что в 36–45 нед. результаты инкубации оказались более высокими по сравнению с группами самой молодой и более старой птицы. Вывод: выводимость и оплодотворенность яиц птиц возрастом 36–45 нед. превосходили результаты инкубации яиц кур возрастом  $\leq 35$  нед. на 2,01%, 0,91% и 1,27% и яиц, полученных от птицы возрастом  $\geq 46$  нед., на 8,45%, 4,42% и 8,80% соответственно.

После вывода каждой партии цыплят определялся удельный вес отходов инкубации по возрастам птицы с целью определения причин эмбриональной гибели. Усредненные данные полученных результатов представлены в таблице 3

Таблица 3. Удельный вес яиц, отнесенных к отходам инкубации (усредненные данные)

Table 3. Proportion of eggs classified as hatchery waste (average data)

Возрастные группы кур	Категории отхода инкубации, %					Всего, %
	неоплод	«кровавое кольцо»	«замершие»	«задохлики»	прочее*	
$\leq 35$ нед.	3,48	0,51	4,76	4,09	2,15	14,99
36–45 нед.	2,21	0,31	4,14	5,55	0,77	12,98
$\geq 46$ нед.	7,08	0,80	4,57	7,04	1,94	21,43

\*Эмбрионы, погибшие до 48 ч. развития; насечка; бой; эмбрионы, присохшие к скорлупе, и др.

**ЗООТЕХНИА, ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ  
ANIMAL SCIENCE, GENETICS AND BREEDING OF FARM ANIMALS**

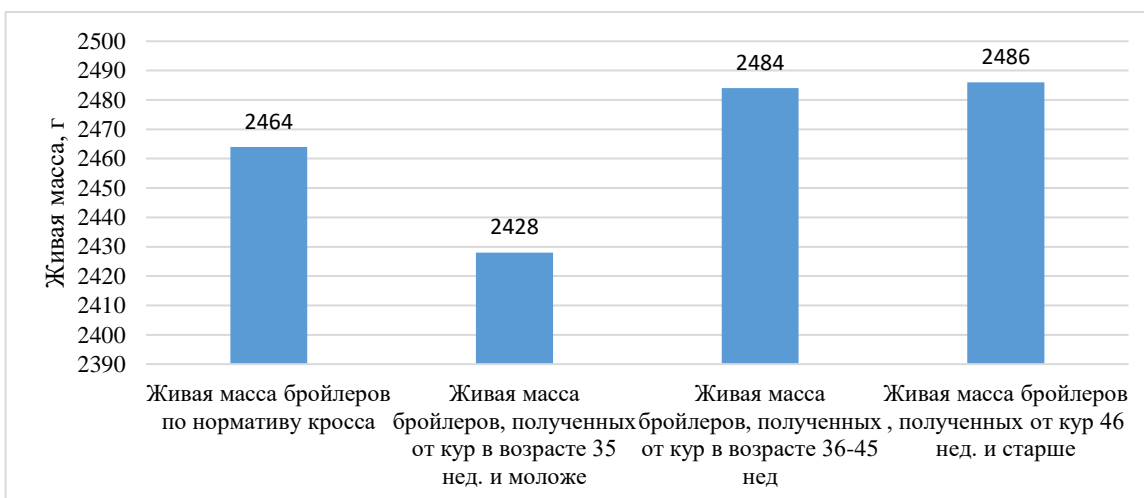
Анализ полученных данных свидетельствует о том, что вероятными причинами снижения результатов инкубации у кур возрастом  $\leq 35$  нед. можно считать внутренние качества яиц и прочие признаки, а для яиц, полученных от птицы  $\geq 46$  нед., – плохую работу петухов в этом возрасте, вследствие чего получено значительное количество неоплодотворенных яиц и яиц ненадлежащего качества, что привело к отставанию в развитии эмбрионов в процессе инкубирования яиц («замершие» и «задохлики»). При анализе отхода инкубационных яиц в группе кур в возрасте 36–45 нед. следует обратить внимание на качественные характеристики яиц. Таким образом, основными причинами гибели эмбрионов в процессе их развития во время инкубации можно считать инкубационные качества яиц, которые зависят от кормления родительского стада, интенсивности обмена веществ в организме кур и возрастных особенностей функционирования системы яйцеобразования у кур после 46 нед.

*Продуктивные показатели цыплят-бройлеров исследуемого кросса при откорме.* После сортировки выведенных цыплят каждой партии и подготовки их к отправке в цех выращивания методом случайной выборки отбирались из каждой возрастной группы цыплята для взвешивания. Исследованиями было установлено, что масса выведенных цыплят значительно отставала от норматива кросса (42 г). Так, цыплята, полученные от самой молодой птицы, – на 7,85%, от кур среднего возраста – 4,02%, а в самой старшей группе – на 0,5%.

При выращивании выведенных цыплят, полученных от разновозрастной птицы, были изучены их показатели продуктивности. В литературе неоднократно сообщалось о влиянии возраста родителей не только на качество яиц, интенсивность эмбриогенеза, результаты инкубации, но и на их жизнеспособность, рост и развитие [7–10].

Так, целью этого этапа исследования явилось изучение влияния возраста кур родительского стада кросса ROSS 308 на продуктивные качества цыплят-бройлеров. Все цыплята по принятой в хозяйстве технологии откармливались в среднем 38,5 сут.

Среднесуточный прирост живой массы цыплят за 38,5 сут. откорма составил в возрастной группе кур до 35 нед. 62,07 г, что на 0,12% превышало стандарт кросса (62,0 г), В группе кур с возрастом 36–45 нед. он оказался 0,63% ниже данных стандарта кросса и составил 61,61 г. Самым высоким был среднесуточный прирост у бройлеров в группе кур родительского стада старше 46 нед. – 63,40 г и превышал стандарт на 2,26%. За счет разной интенсивности роста и первоначальной массы при постановке на откорм цыплята к концу откорма (38,5 сут.) имели разную массу. Сравнительный анализ массы бройлеров при окончании откорма представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1. Сравнение живой массы бройлеров при снятии с откорма  
Figure 1. Comparison of live weight of broilers at de-fattening**

Отставание бройлеров от нормативов кросса ROSS 308 в условиях данного хозяйства наблюдалось только в группе, где возраст матерей составлял  $\leq 35$  нед. Несмотря на высокую интенсивность роста, цыплята этой группы начали откорм с меньшей массой и не успели догнать своих сверстников.

Обращает на себя внимание низкая сохранность при нормативах в хозяйстве 95–97%. В исследуемых группах сохранность не превышала 93,0% и колебалась от 92,27% (возраст кур  $\geq 46$  нед.) до 92,83% (возраст 36–45 нед.). Из-за низкой сохранности бройлеров повысились затраты корма на прирост 1 кг живой массы, которые в крайних возрастных группах составили 1,68 кг, а у молодняка в возрастной группе кур 36–45 нед. – 1,67 нед.

Продуктивность бройлеров и эффективность производства мяса на мясных птицефабриках определяют при расчете Европейского индекса продуктивности. На рисунке 2 представлены индексы продуктивности бройлеров, полученных от исследуемых групп.

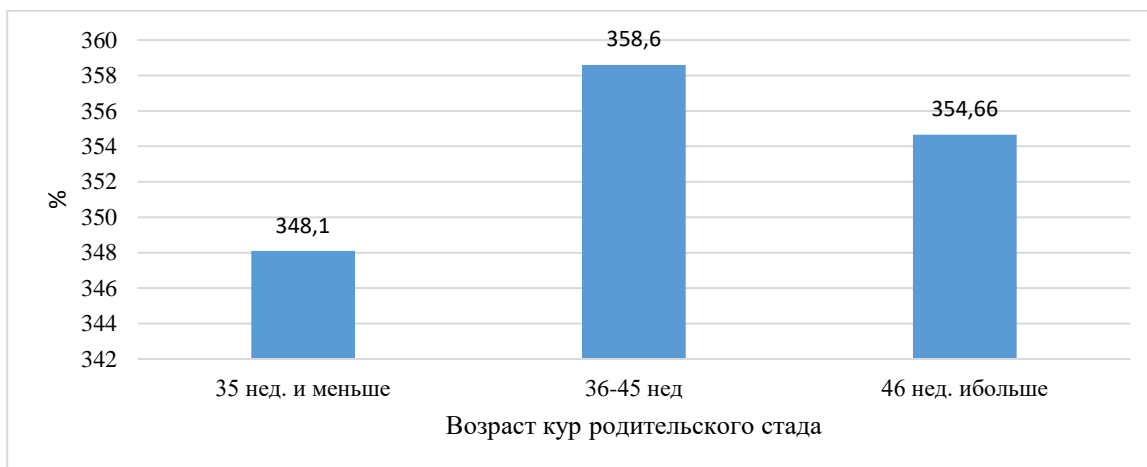


Рисунок 2. Европейский индекс продуктивности в группах бройлеров, полученных от кур разного возраста

Figure 2. The European productivity index in groups of broilers obtained from chickens of different ages

Таким образом, по эффективности производства мяса значительно выделяются бройлеры, полученные от кур в возрасте 36–45 нед.

Однако мясная продуктивность бройлеров оценивается не только количеством, но и качеством. В связи с этим были изучены показатели убоя птицы в исследуемых группах. При убое выход тушки при нормативе кросса для живой массы 2400 г 72,38% у исследуемых групп составил более 77%. Так, максимальной живой массой перед убоем обладали бройлеры, полученные от кур возрастной группы  $\geq 46$  нед. Их убойный выход составил 77,45%, превышая этот показатель на 0,39% и на 0,02% бройлеров от молодой ( $\leq 35$  нед.) птицы и кур среднего (36–45 нед.) возраста соответственно.

Далее из каждой возрастной группы было взято методом случайной выборки по 100 тушек и произведена их разделка с определением доли каждой части тушки. Результаты исследования представлены в таблице 4.

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что бройлеры, полученные от всех кур родительского стада, имели очень близкие результаты. Однако наиболее высокими показателями удельного веса грудки, бедра, голени и крыльев в тушке обладали цыплята после откорма, полученные от кур возрастом  $\geq 46$  нед.

Таблица 4. Сравнительный результат разделки тушек бройлеров  
Table 4. Comparative result of butchering of broiler carcasses

Относительная масса	Возраст кур родительского стада		
	≤ 35 нед. (n = 100 гол.)	36–45 нед. (n = 100 гол.)	≥ 46 нед (n = 100 гол.)
Грудка, %	24,63	25,15	25,71
Бедро, %	13,65	13,96	14,83
Голень, %	9,84	10,35	10,78
Крыло, %	7,55	7,81	8,23

**Выводы.** Исследованиями установлено влияние возраста кур родительского стада кросса ROSS 308 на результаты инкубации яиц. Вывод, выводимость и оплодотворенность яиц, полученных от кур в возрасте 36–45 нед., оказались максимальными среди исследуемых групп и составили 87,02%; 88,99% и 97,79% соответственно. Самыми низкими показателями результатов инкубации обладали яйца, полученные от кур возрастом ≥ 46 нед (78,57%; 84,57% и 92,92%).

Максимальных показателей мясной продуктивности достигали бройлеры, полученные от кур в возрасте 36–45 нед. Европейский индекс продуктивности в этой группе составил 358,6, превышая этот показатель крайних групп в 1,03 и в 1,01 раза. Однако от бройлеров, полученных от кур ≥ 46 нед, была получена тушка с максимальным выходом грудки (25,71%), бедра (14,83%), голени (10,78%) и крыльев (8,23%).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семакина, О.В., Верещагина, Е.Н., Падерин, Р.В. Влияние массы инкубационных яиц на продуктивность выведенных цыплят-бройлеров // Птицеводство. – 2019. – № 7–8. – С. 67–69. – DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-7-8-67-69.
2. Gualhanone, A., Furlan, R., Fernandez-Alarcon, M., Macari, M. Effect of breeder age on eggshell thickness, surface temperature, hatchability and chick weigh. *Braz. J. Poultry Sci.*, 2012, 14: 9–14, DOI: 10.1590/S1516-635X2012000100002.
3. Nangsuay A., Ruangpanit Y., Meijerhof R., Attamangkune S. Yolk absorption and embryo development of small and large eggs originating from young and old breeder hens. *Poultry Sci.*, 2011, 90 (11), DOI: 10.3382/ps.2011-01415.
4. Дарьин, А.И. Влияние возраста кур-несушек на качество яиц // В сб.: Охрана биоразнообразия и экологические проблемы природопользования / Сборник статей II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета (28-29 мая 2021 г). Пензенский государственный аграрный университет, Межотраслевой научно-информационный центр. – Пенза, 2021. – С. 47–49.
5. Забудский, Ю.И., Репродуктивная функция у гибридной сельскохозяйственной птицы. Сообщение III. Влияние возраста родительского стада // *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – Т. 15, № 4. – С. 436–449. – DOI: 10.15389/agrobiology.2016.4.436rus.
6. Левашова, М.А., Филинская, О.В. Влияние возраста кур-несушек на качество яиц. Актуальные проблемы и перспективы развития отечественного животноводства: сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти заслуженного работника Высшей школы РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Л.П. Москаленко (29 сентября 2021 г.). Ярославская ГСХА.– Ярославль, 2021. – С. 39–44.
7. Никитченко, В.Е., Никитченко, Д.В., Емануйлова, Ж.В., Плющиков, В.Г., Кондрашкин, К.М., Переpletчикова, М.С. Закономерности постэмбрионального

- развития мясных кур (обзор) // Птицеводство. – 2023. – № 5. – С. 53–59. – DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-5-53-59.
8. Стрельников, А.И., Онегов, А.В. Влияние возраста родительского стада на выживаемость ремонтного молодняка кросса Cobb-500 // Вестник Марийского государственного университета. – Серия «Сельскохозяйственные науки, Экономические науки». – 2020. – Т. 6, № 4. – С. 426–432. – DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-426-432.
  9. Хорошевская, Л.В., Горлов, И.Ф., Сложенкина, М.И., Рудковская, А.В., Струк, Е.А., Абраменко, Е.Г., Панин, И.А. Современные подходы к повышению качества суточного молодняка, полученного из яиц мясных кур в конце продуктивного периода и при длительном сроке их хранения // Птицеводство. – 2023. – № 4. – С. 60–66. – DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-4-60-66.
  10. Васильева, Л.Т., Бычаев, А.Г. Влияние возраста кур-несушек кросса Ну-Line Brown на качество яиц // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. – 2023. – № 1 (70). – С. 79–88. – DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-79-88.

#### REFERENCES

1. Semakina, O.V., Vereshchagina, E.N., Paderina, R.V. (2019). “The effect of the mass of hatching eggs on the productivity of broiler chickens”, *Pticevodstvo*, no. 7–8., pp. 67–69. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-7-8-67-69.
2. Gualhanone, A., Furlan, R., Fernandez-Alarcon, M., Macari, M. (2012), “Effect of breeder age on eggshell thickness, surface temperature, hatchability and chick weigh”. *Braz. J. Poultry Sci.*, no. 14, pp. 9–14, DOI: 10.1590/S1516-635X2012000100002.
3. Nangsuay, A., Ruangpanit, Y., Meijerhof, R., Attamangkune, S. (2011), “Yolk absorption and embryo development of small and large eggs originating from young and old breeder hens”, *Poultry Sci.*, no. 90 (11), pp. 2648–2655, DOI: 10.3382/ps.2011-01415.
4. Dar'in, A.I. (2021), “The influence of the age of laying hens on the quality of eggs”, *In the collection: Protection of biodiversity and environmental problems of nature management.. Collection of articles of the II All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of Penza State Agrarian University (May 28-29, 2021), Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, Mezhotraslevoj nauchno-informacionnyj centr*, Penza State Agrarian University, an interdisciplinary scientific and information center. Penza, pp. 47–49.
5. Zabudskij, Y.I. (2016), “Reproductive function in hybrid poultry. Message III. The influence of the age of the parent herd”, *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, v.15, no 4, pp. 436–449, DOI: 10.15389/agrobiology.2016.4.436 rus.
6. Levashova, M.A., Filinskaya, O.V.(2021), “The influence of the age of laying hens on the quality of eggs”, «Actual problems and prospects for the development of domestic animal husbandry», *Collection of scientific papers based on the materials of the National Scientific and practical conference with international participation dedicated to the memory of the Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor L.P. Moskalenko (September 29, 2021)* Yaroslavl State Agricultural Academy. Yaroslavl, pp. 39–44.
7. Nikitchenko, V.E., (2023), Nikitchenko, D.V., Emanujlova, Zh.V., Plyushchikov, V.G., Kondrashkina, K.M., Perepletchikova, M.S. (2023), “Patterns of postembryonic development of meat chickens (review)”, *Pticevodstvo*, no 5, pp. 53–59, DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-5-53-59.
8. Strel'nikov, A.I., Onegov, A.V. (2020), The influence of the age of the parent herd on the survival of the Cobb-500 cross repair young, *Bulletin of the Mari State University. The series*

- "Agricultural sciences. Economic Sciences"*, v.6, no 4. pp. 426–432, DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-426-432.
9. Horoshevskaya, L.V., Gorlov, I.F., Slozhenkina, M.I., Rudkovskaya, A.V., Struk, E.A., Abramenko, E.G., Panin, I.A. (2023), "Modern approaches to improving the quality of daily young animals obtained from meat chicken eggs at the end of the productive period and with a long shelf life", *Pticevodstvo*, no 4, pp. 60–66, DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-4-60-66.
  10. Vasil'eva, L.T., Vychaev, A.G. (2023), "The influence of the age of Hy-Line Brown cross laying hens on egg quality", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, no 1 (70), pp. 79–88, DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-79-88.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Людмила Трофимовна Васильева**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-7941-7786>, SPIN-код: 1650-7162; e-mail: ludamila51@mail.ru.

**Александр Георгиевич Бычаев**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-8073-7421>, SPIN-код: 5435-6585; e-mail: bit131@yandex.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Lyudmila T. Vasilyeva**, Cand. Sci. (Agric.) Associate Professor, Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P. P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-7941-7786>, SPIN-code: 1650-7162; e-mail: ludamila51@mail.ru.

**Alexander G. Vychaev**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia <https://orcid.org/0000-0001-8073-7421>, SPIN-code: 5435-6585; e-mail: bit131@yandex.ru.

<b>Авторский вклад.</b> Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант	<b>Author's contribution.</b> 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
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest

**Поступила в редакцию / Received 23.10.2024**  
**Поступила после рецензирования / Revised 08.11.2024**  
**Принята к публикации / Accepted 15.11.2024**




Научная статья/Original article

УДК 577.21

Код ВАК 4.2.5

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-105-115

## ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА *ABCB1 (MDR1)*, АССОЦИИРОВАННОГО С ЛЕКАРСТВЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ У СОБАК ПОРОДЫ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКАЯ ОВЧАРКА

А.А. Ивершина<sup>1,2</sup> ✉ , Т.Э. Позднякова<sup>1</sup> , Н.В. Дементьева<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

✉ nastya\_ivershina@mail.ru

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ)

**Реферат.** В настоящее время существует множество пород собак, выведенных человеком для службы в различных сферах деятельности. Стремясь добиться определенных поведенческих и экстерьерных характеристик, заводчики прибегают к инбридингу, в результате которого в поколениях могут закрепляться мутации, приводящие к возникновению наследственных заболеваний. Мутация в гене *ABCB1(MDR1)*, связанном с лекарственной чувствительностью у эукариота, является актуальной проблемой в собаководстве. Это делеция длиной 4 п. н. в 4 экзоне гена *ABCB1(MDR1)*, локализованного на 14 хромосоме, которая приводит к преждевременному стоп-кодону в нуклеотидной последовательности, из-за чего синтезируемый белок гликопротеин (P-gp) – важный компонент гематоэнцефалического барьера – не способен выполнять свои функции. Собаки, имеющие это заболевание, страдают повышенной чувствительностью к лекарственным препаратам, которая проявляется в сильнейшем нейротоксическом иммунном ответе в организме животного. В нашем исследовании мы впервые выявили мутацию в гене *ABCB1(MDR1)* у собак породы восточноевропейская овчарка, которая активно используется в российском служебном собаководстве. Из крови 50 собак нами была выделена ДНК методом фенольной экстракции, на основе которой была проведена аллель-специфическая полимеразная цепная реакция (ПЦР) с использованием двух амплификационных смесей с праймерами: ABD и ACD. Праймер ABD дикого типа служит для определения ампликона *MDR1*, длина которого составляет 463 п. н. Праймер ACD – мутантного типа, прикрепляется к специфическому ампликону длиной 326 п. н. На основании полученных результатов мы установили генотипы всех особей, что позволило судить о частоте мутантного аллеля в выборке восточноевропейских овчарок. По формуле Харди-Вайнберга были рассчитаны частоты выявленных аллелей, которые указывают на наличие аллелей дикого типа (0,97) и мутантного типа (0,03). Полученные в ходе работы результаты дают представления о распространении мутации *MDR1 nt230(del4)1* у служебных пород собак в России.

**Ключевые слова:** восточноевропейская овчарка, P-гликопротеин (Pgp), мутация *MDR1 nt230(del4)*, метод аллель-специфической ПЦР

**Для цитирования:** Ивершина А.А., Позднякова Т.Э., Дементьева Н.В. Полиморфизм гена *ABCB1(MDR1)*, ассоциированного с лекарственной чувствительностью у собак породы восточноевропейская овчарка // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С.105–115. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-105-115.


**Финансирование.** Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № НИОКР 124020200114-7.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных (ВНИИГРЖ), кандидату биологических наук Крутиковой Анне Алексеевне за предоставленный материал для проведения исследовательской работы.

## POLYMORPHISM OF THE *ABCB1(MDR1)* GENE ASSOCIATED WITH DRUG SENSITIVITY IN EASTERN EUROPEAN SHEPHERD DOGS

A.A. Ivershina<sup>1,2</sup>  , T.E. Pozdnyakova<sup>1</sup> , N.V. Dementieva<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University

 nastya\_ivershina@mail.ru

<sup>2</sup>Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (RRIFAGB)

**Abstract.** There are currently many breeds of dogs that have been bred by man to serve in various fields of activity. In an attempt to achieve certain behavioural and exterior characteristics, breeders resort to inbreeding, which can result in the inheritance of mutations that lead to inherited diseases. Mutation in the *ABCB1(MDR1)* gene, associated with drug sensitivity in eukaryotes, is a current problem in dog breeding. It is a 4 bp long deletion in exon 4 of the *ABCB1(MDR1)* gene, localised on chromosome 14, which results in a premature stop codon in the nucleotide sequence, causing the synthesised protein glycoprotein (P-gp), an important component of the blood-brain barrier, to be unable to perform its function. Dogs with this disease suffer from hypersensitivity to drugs, which manifests itself in a severe neurotoxic immune response in the animal's body. In our study, we first identified a mutation in the *ABCB1(MDR1)* gene in dogs of the Eastern European Shepherd breed, which is actively used in Russian service dog breeding. We isolated DNA from the blood of 50 dogs by phenolic extraction, from which we performed allele-specific polymerase chain reaction (PCR) using two amplification mixtures with primers: ABD and ACD. The wild-type ABD primer is used to detect the 463-bp amplicon of MDR1. The mutant-type ACD primer attaches to a specific 326-bp amplicon. Based on the results obtained, we determined the genotypes of all individuals, which allowed us to judge the frequency of the mutant allele in the sample of Eastern European sheepdogs. Using the Hardy-Weinberg formula, the frequencies of the detected alleles were calculated, indicating the presence of wild-type (0.97) and mutant-type (0.03) alleles. The results obtained in the course of this work provide insight into the distribution of the *MDR1nt230(del4)* mutation in service dog breeds in Russia.

**Keywords:** Eastern European sheepdog, P-glycoprotein (Pgp), MDR1 nt230 (del4) mutation, allele-specific PCR method

**For citation:** Ivershina A.A., Pozdnyakova T.E., Dementieva N.V., (2024), “Polymorphism of the *ABCB1(MDR1)* gene associated with drug sensitivity in Eastern European Shepherd dogs” // *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 105–115. (In Russ). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-105-115.

**Funding.** The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, topic No. NIROKR 124020200114-7.

**Acknowledgments.** The authors are grateful to Anna Alekseevna Krutikova, Senior Research Fellow of the All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals (RRIFAGB), Candidate of Biological Sciences, for providing the material for the scientific work.

**Введение.** Белок Р-гликопротеин (P-gp), или белок множественной лекарственной устойчивости 1, обеспечивает перенос многих веществ, таких как липиды, стероиды, пептиды, билирубин и др., через мембрану клетки. Впервые P-gp был описан в мутантных клетках китайского хомячка в 1976 г. [1]. Ген *ABCB1(MDR1)* является членом 1 подсемейства АТФ-связывающей кассеты. Он синтезирует белок-транспортер P-gp, в основе работы которого лежит молекула ABC, состоящая из двух нуклеотидсвязывающих доменов (NBD) и двух трансмембранных доменов (TMD), которые содержат по 6 трансмембранных спиралей, через которые осуществляется формирование субстратной специфичности и удаление молекул через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) [2]. Белок P-gp ассоциирован с множественной лекарственной чувствительностью, являясь «насосом», осуществляющим транспортировку лекарственных веществ из головного мозга в кровь, предотвращая их избыток в организме [3, 4]. Кроме того, P-gp демонстрирует высокую экспрессию в апикальных мембранах эпителиальных клеток, выстилающих нижние отделы желудочно-кишечного тракта, а также в плаценте и коре надпочечников [5]. Белок P-gp обладает широкой субстратной специфичностью и транспортирует большое количество структурно неродственных лекарств и ксенобиотиков [3, 6]. Перечень препаратов, являющихся субстратами для белка-транспортера P-gp, включает в себя антигельминтики ивермектиновой группы, антибиотики, противозипилептические и противораковые препараты [2]. Мутация гена *MDR1* – это наследственная предрасположенность, характеризующаяся повышенной чувствительностью к определенным лекарственным препаратам.

Собаки являются самой распространенной моделью для исследования гена *ABCB1(MDR1)* из-за схожести в механизме оттока лекарственных веществ через мембранные комплексы. Мутация в гене *ABCB1(MDR1)* была обнаружена в 2001 г. у породы собак колли [7, 8]. Это распространенное заболевание у пастушьих пород собак, часто именуемое в литературных источниках как «болезнь колли». Оно возникает вследствие нонсенс-мутации (делеции), приводящей к выпадению четырех пар нуклеотидов в 4 экзоне гена *ABCB1(MDR1)*, локализованного на 14 хромосоме. Делеция *MDR1 nt230(del4)* вызывает нарушение биосинтеза P-gp, вызывая сдвиг рамки считывания, который приводит к преждевременному стоп-кодону, из-за чего синтезируемый белок не способен выполнять свои функции. Известно, что собаки, у которых не экспрессируется функциональный P-gp, имеют острую нейротоксическую реакцию, так называемый «ивермектиновый токсикоз» [9]. Это патологическое состояние, возникающее при приеме определенных лекарственных препаратов и характеризующееся судорогами, повышенным слюноотделением, тремором конечностей, атаксией, слепотой, летаргией и, как следствие, комой [3, 8, 10–13]. Мутация *MDR1 nt230(del4)* широко распространена по всему миру. На сегодняшний день она выявлена у 9 пород собак [12–18]. По результатам генотипирования в исследованиях, проведенных в разных странах [17–20], частота мутации *MDR1 nt230(del4)* у собак пастушьих пород составляет более 75%.

В связи с высоким распространением мутации в гене *ABCB1(MDR1)* по всему миру существует необходимость в поиске новых методов тестирования собак с целью предотвращения негативных последствий при лечении животных лекарственными препаратами. Стоит отметить, что в российском собаководстве отсутствует статистика частоты заболеваемости по мутации гена *ABCB1(MDR1)*.

**Цель исследования** – анализ частоты мутации гена *MDR1 nt230(del4)* у восточноевропейской овчарки – отечественной служебной породы собак. Для достижения

поставленной цели была разработана тест-система, позволяющая определить наличие/отсутствие мутантного генотипа в выборке.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводились в 2023 г. в лаборатории молекулярной генетики на базе Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения животных (ВНИИГРЖ) – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста».

Объектом исследования являлись 50 конвойных собак породы восточноевропейская овчарка возрастом от 2 до 7 лет, состоящие на службе в следственном изоляторе (СИЗО № 1). В качестве материала для проведения исследовательской работы использовались образцы крови собак, взятые из латеральной подкожной вены голени в количестве 2,0 мкл. Для проведения молекулярно-генетических манипуляций из крови восточноевропейских овчарок методом фенольной экстракции была выделена ДНК, концентрация которой составила ~200–300 нг/мкл. Концентрацию выделенной ДНК измеряли с помощью NanoDrop 2000c (Thermo scientific). Стоковый раствор ДНК был разбавлен буфером TE до рабочей концентрации ~150 нг/мкл.

Делеция в гене *ABCB1(MDR1)* имеет длину всего 4 п. н., поэтому было принято решение использовать методику аллель-специфической полимеразной цепной реакции (ПЦР), широко применяемую для поиска однонуклеотидных полиморфизмов [17]. Для определения мутации в популяции восточноевропейских овчарок мы провели аллель-специфическую ПЦР с двумя амплификационными смесями, состоящими из 4-х аллель-специфических праймеров [17] (таблица 1).

Таблица 1. Последовательность прямых и обратных праймеров  
Table 1. Sequence of forward and reverse primers

Имя праймера	Нуклеотидная последовательность от 5' до 3'
PgpA	Прямой праймер: CATGAAACTGTGCTAATTTCC
PgpB	Прямой праймер: TTGGAAACATGACAGATAGC
PgpC	Прямой праймер: GTTTTTGGAAACATGACAGC
PgpD	Обратный праймер: AACTTCCTGGGATCTTTCTG

Для приготовления амплификационной смеси использовались реактивы для генотипирования 50 проб ДНК восточноевропейской овчарки (таблица 2).

Таблица 2. Количественные показатели компонентов аллель-специфической ПЦР  
Table 2. Quantification of allele-specific PCR components

Число проб	Вода, мкл	Буфер, мкл	DNTP, мкл	Праймеры А, В, С, D, мкл	Тақ- полимераза, мкл	DNA, мкл
1	5,8	2	1,2	0,2	0,2	~1
50	290	100	60	10	10	1

Набор праймеров для ПЦР-1, состоящий из прямых праймеров PgpA и PgpB, специфичных для аллеля дикого типа, и обратного праймера PgpD, использовали для идентификации аллеля *MDR1 nt230(del4)* дикого типа. Набор праймеров для ПЦР-2, состоящий из прямых праймеров PgpA и PgpC, специфичных для мутантного аллеля, и обратного праймера PgpD, использовали для идентификации мутантного аллеля *MDR1 nt230(del4)*. Этот способ обеспечивал совместную амплификацию внутреннего контрольного ампликона размером 463 п. н. и аллель-специфического ампликона размером 326 п. н. Отжиг проводили в амплификаторе фирмы Thermo Scientific (модель ProFlex) по следующему протоколу.

1. Начальная денатурация 4 мин. при 94 °С, 32 цикла амплификации (денатурация 30 с при 94 °С, отжиг 1 мин. при 65 °С).
2. Температура отжига 65 °С для обнаружения аллеля дикого типа, 62 °С – для обнаружения мутантного аллеля. Этап удлинения в течение 10 мин. при 72 °С).
3. Этап окончательного удлинения в течение 10 мин. при 72 °С.

По окончании амплификации смесь была внесена в 2% агарозный гель для проведения горизонтального электрофореза (120 V 30 мин.). Для отслеживания длины ампликона в начале каждой строки на агарозный гель наносился маркер длин ДНК 100 + bp DNA Ladder фирмы «Евроген». Полученный результат был визуализирован на трансиллюминаторе при ультрафиолетовом излучении.

Для определения наиболее подходящей температуры отжига для аллель-специфических праймеров использовался «градиент» температуры в диапазоне от 62–68 °С (рисунок 1).

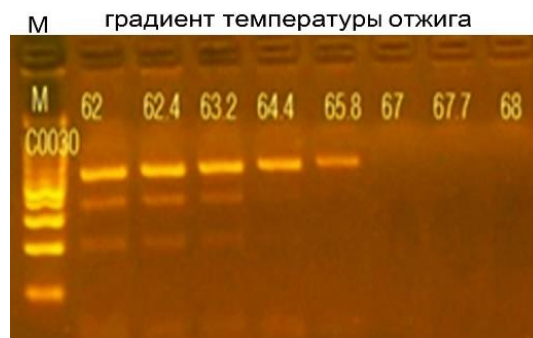


Рисунок 1. Фореграмма продуктов амплификации при изменении температуры отжига от 62 до 68 °С; М – маркер; С0030 – пробный образец

Figure 1. Phoregram of amplification product at change of annealing temperature from 62 to 68 °С; М – marker; С0030 – test sample

Статистическая обработка полученных результатов была выполнена с использованием стандартной формулы закона Харди–Вайнберга для расчета частот генотипов и аллелей:

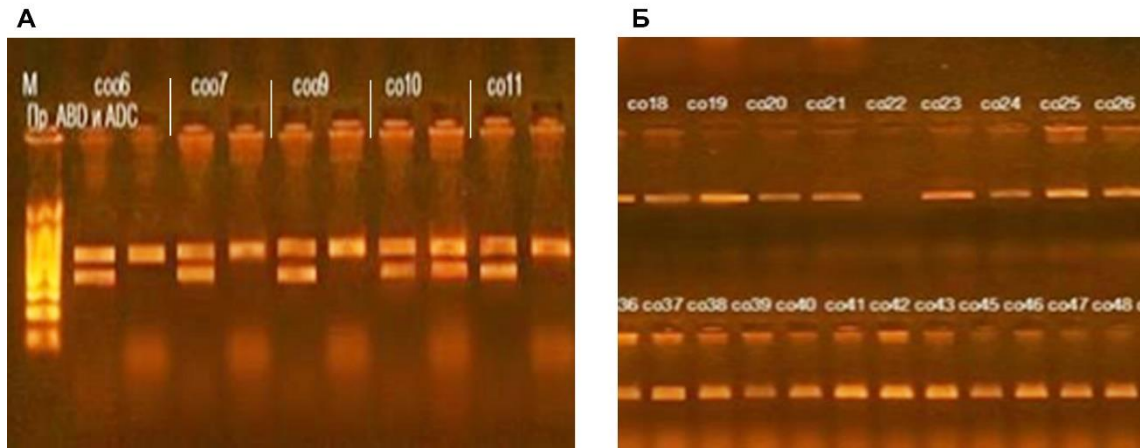
$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где  $p$  – частота аллеля А;

$q$  – частота аллеля а.

**Результаты исследования.** На основании данных, полученных при помощи метода аллель-специфической ПЦР, мы установили генотипы всех особей в популяции, что позволило судить о частоте мутантного аллеля в выборке восточноевропейских овчарок. Мутация *ABCBI(MDR1)* имеет аутомно-рецессивный характер наследования, поэтому генотипы особей будут иметь следующие значения: АА – здоровая особь; Аа – гетерозиготная особь, носитель мутации; аа – больная особь. Нами была поставлена демонстрационная ПЦР (рисунок 2, А) с целью проверки успешности проведения реакции и исправности праймеров.

На рисунке 2, Б показано, что большинство образцов имеют одинаковое значение: праймер дикого типа «садится» на участок, указывая на отсутствие мутации. Исключением являлись образцы С010 (рисунок 2, А) и С022 (рисунок 2, Б), где в первом случае наблюдаются четкие две полосы, свойственные гетерозиготному состоянию, а во втором случае мутация гена *ABCB1(MDR1)* была выявлена у собаки под номером С022. При этом ПЦР была проведена несколько раз, чтобы убедиться в том, что все образцы «прошли».



**Рисунок 2. Фореграммы продуктов аллель-специфичной ПЦР: А – демонстрационная фореграмма: образцы С006, С007, С009 и С011 – дикий тип (здоровая собака), образец С010 – собака с гетерозиготным генотипом (носитель); Б - образец С022 – мутантный генотип**

**Figure 2. Foregrams of allele-specific PCR products: A – demonstration foregram: samples С006, С007, С009 and С011 – wild type (healthy dog), sample С010 – dog with heterozygous genotype (carrier); B – sample С022 – mutant genotype**

В результате генотипирования по *MDR1 nt230(del4)* в популяции восточноевропейской овчарки из 50 особей выявлена одна собака, являющаяся носителем мутантного аллеля *MDR1 (+/-)*, и одна собака, имеющая мутантный генотип *MDR1 (-/-)*. Частота генотипов всех особей представлены в таблице 4.

**Таблица 4. Частота генотипов и аллелей в популяции восточноевропейской овчарки  
Table 4. Genotype and allele frequencies in the Eastern European Shepherd dog population**

Полиморфизм	Генотип	N	Частота генотипов	Теоретически ожидаемое значение, N/%	Аллели	Частота аллелей
<i>MDR1 nt230</i> (n = 50)	AA	48	0,96	47,04/94,08	A	0,97
	Aa	1	0,2	2,91/5,82	a	0,03
	aa	1	0,2	0,04/0,08		
	<b>Всего</b>	50		50/100		

Таким образом, частота встречаемости аллелей составила 0,97 – дикого типа и 0,03 – мутантного типа. При массовом генотипировании целесообразно на первом этапе использовать систему ПЦР-2, позволяющую отделить здоровых собак от носителей, а при выявлении носительства дополнительно использовать для образцов-носителей систему ПЦР-1.

**Выводы.** На основании проведенного исследования нами выявлена у породы собак восточноевропейская овчарка мутация в гене *ABCB1(MDR1)*. Это заболевание имеет широкое распространение по всему миру, однако в научной литературе в большинстве источников оно фигурирует только у собак пастушьих пород. Нами разработана тест-система на основе информационной базы различных мировых исследований, позволяющая в краткие сроки выявить *MDR1*-статус животного, не применяя дорогостоящие и трудоемкие молекулярно-генетические методы, такие как секвенирование. Данные, описанные в этой исследовательской работе, могут послужить информационной базой для создания или усовершенствования научных протоколов для определения мутации *MDR1 nt230(del4)* у собак различных пород с наименьшими затратами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Juliano, R.L., Ling, V. (1976). A surface glycoprotein modulating drug permeability in Chinese hamster ovary cell mutants. *Biochimica et Biophysica Acta*, vol. 1; no. 455, pp. 152–162. DOI: 10.1016/0005-2736(76)90250-2.
2. Löscher, W., Potschka, H. (2005). Role of drug efflux transporters in the brain for drug disposition and treatment of brain diseases. *Progress in Neurobiology*, vol. 1; no.76, pp. 22–76. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2005.04.006.
3. Mealey, K.L., Bentjen, S.A., Gay, J.M. & Cantor, G.H. (2001). Ivermectin sensitivity in collies is associated with a deletion mutation of the *mdr1* gene. *Pharmacogenetics*, vol. 8; no. 11, pp. 727–733. DOI: 10.1097/00008571-200111000-00006.
4. Merola, V.M., Eubig, P.A. (2012). Toxicology of avermectins and milbemycins (macrocyclic lactones) and the role of P-glycoprotein in dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, vol. 2; no 42, pp. 313–333. DOI: 10.1016/j.cvsm.2011.12.002.
5. Sarkadi, B., Homolya, L., Szakács, G., Váradi, A. (2006). Human multidrug resistance ABCB and ABCG transporters: participation in a chemoimmunity defense system. *Physiological Reviews*, vol. 4; no. 86, pp. 1179–1236. DOI: 10.1152/physrev.00025.2006.
6. Thiebaut, F., Tsuruo, T., Hamada, H., Gottesman, M.M., Pastan, I., & Willingham, M.C. (1987). Cellular localization of the multidrug-resistance gene product P-glycoprotein in normal human tissues. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 21; no. 84, pp. 7735–7738. DOI: 10.1073/pnas.84.21.7735.
7. Geyer, J., Janko, C. (2012). Treatment of MDR1 mutant dogs with macrocyclic lactones. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, vol. 6; no. 13, pp. 969–986. DOI: 10.2174/138920112800992055.
8. Смирнов, Л.П. (2020). АТФ-связывающие транспортные белки (ABC): номенклатура, структура, молекулярное разнообразие, функция и участие в метаболизме ксенобиотиков // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2020. – № 3 – С. 5–19. DOI: 10.17076/eb1044.
9. Gaens, D., Leithäuser C., Hamann, M., Geyer, J (2019). Adverse drug reactions after administration of emodepside/praziquantel (Profender®) in an MDR1-mutant Australian Shepherd dog: Case report. *Frontiers in Veterinary Science*, vol. 6; p. 296. DOI: 10.3389/fvets.2019.00296.

10. Mealey, K.L., Northrup, N.C., Bentjen, S.A (2003). Increased toxicity of P-glycoprotein-substrate chemotherapeutic agents in a dog with the MDR1 deletion mutation associated with ivermectin sensitivity. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 10; no. 223, pp. 1453–1455. DOI: 10.2460/javma.2003.223.1453.
11. Deshpande, D., Hill K.E., Mealey K.L., Chambers J.P., Giese M.A (2016). The effect of the canine ABCB1-1 $\Delta$  mutation on sedation after intravenous administration of acepromazine. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 2; no 30, pp. 636–641. DOI: 10.1111/jvim.12449.
12. Mealey, K.L., Meurs, K.M (2008). Breed distribution of the ABCB1-1Delta (multidrug sensitivity) polymorphism among dogs undergoing ABCB1 genotyping. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 6; no. 233, pp. 921–924. DOI: 10.2460/javma.233.921.
13. Orzechowski, K.L., Swain, M.D., Robl, M.G., Tinaza, C.A., Swaim, H.L., Jones, Y.L., Myers, M.J., Yancy, H.F (2012). Neurotoxic effects of ivermectin administration in genetically engineered mice with targeted insertion of the mutated canine ABCB1 gene. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 9; no.73, pp. 1477–1484. DOI: 10.2460/ajvr.73.1477.
14. Soussa, R.W., Woodward, A., Marty, M., Cannon, C.M (2020). Breed is associated with the ABCB1-1 $\Delta$  mutation in Australian dogs. *Australian Veterinary Journal*, vol. 3; no. 98, pp. 79–83. DOI: 10.1111/avj.12867.
15. Gramer, I., Leidolf, R., Döring, B., Klintzsch, S., Krämer, E.M., Yalcin, E., Petzinger, E., Geyer, J (2011). Breed distribution of the nt230(del4) MDR1 mutation in dogs. *Veterinary Journal*, vol. 1; no.189, pp. 67–71. DOI: 10.1016/j.tvjl.2010.01.004.
16. Marelli, S.P., Polli, M., Frattini, S., Cortellari, M., Rizzi, R., Crepaldi, P (2020). Genotypic and allelic frequencies of MDR1 gene in dogs in Italy. *Veterinary Record Open*, vol. 1; no. 7, e000375. DOI: 10.1136/vetropen-2020-000375.
17. Lerdkrai, C., Phungphosop, N. (2021). Prevalence of the MDR1 gene mutation in herding dog breeds and Thai Ridgebacks in Thailand. *Veterinary World*, vol. 11; no. 14, pp. 3015–3020. DOI: 10.14202/vetworld.2021-3015.
18. Kawabata, A., Momoi, Y., Inoue-Murayama, M., Iwasaki, T. (2005). Canine mdr1 gene mutation in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, vol. 11; no. 67, pp. 1103–1107. DOI: 10.1292/jvms.
19. Geyer, J., Döring, B., Godoy, J.R., Leidolf, R., Moritz, A., Petzinger, E. (2005). Frequency of the nt230(del4) MDR1 mutation in Collies and related dog breeds in Germany. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 6; no. 28, pp. 545–551. DOI: 10.1111/jvpt.
20. Monobe, M.M., Junior, J.P.A., Lunsford, K.V., Silva, R.C., Bulla, C. (2015). Frequency of the MDR1 mutant allele associated with multidrug sensitivity in dogs from Brazil. *Veterinary Medicine (Auckland)*, vol. 6; pp. 111–117. DOI: 10.2147/vet.S83066.

#### REFERENCES

1. Juliano, R.L., Ling, V. (1976). A surface glycoprotein modulating drug permeability in Chinese hamster ovary cell mutants. *Biochimica et Biophysica Acta*, vol. 1; no. 455, pp. 152–162. DOI: 10.1016/0005-2736(76)90250-2.
2. Löscher, W., Potschka, H. (2005). Role of drug efflux transporters in the brain for drug disposition and treatment of brain diseases. *Progress in Neurobiology*, vol. 1; no.76, pp. 22–76. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2005.04.006.

3. Mealey, K.L., Bentjen, S.A., Gay, J.M. & Cantor, G.H. (2001). Ivermectin sensitivity in collies is associated with a deletion mutation of the *mdr1* gene. *Pharmacogenetics*, vol. 8; no. 11, pp. 727–733. DOI: 10.1097/00008571-200111000-00006.
4. Merola, V.M., Eubig, P.A. (2012). Toxicology of avermectins and milbemycins (macrocyclic lactones) and the role of P-glycoprotein in dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, vol. 2; no 42, pp. 313–333. DOI: 10.1016/j.cvsm.2011.12.002.
5. Sarkadi, B., Homolya, L., Szakács, G., Váradi, A. (2006). Human multidrug resistance ABCB and ABCG transporters: participation in a chemoimmunity defense system. *Physiological Reviews*, vol. 4; no. 86, pp. 1179–1236. DOI: 10.1152/physrev.00025.2006.
6. Thiebaut, F., Tsuruo, T., Hamada, H., Gottesman, M.M., Pastan, I., & Willingham, M.C. (1987). Cellular localization of the multidrug-resistance gene product P-glycoprotein in normal human tissues. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 21; no. 84, pp. 7735–7738. DOI: 10.1073/pnas.84.21.7735.
7. Geyer, J., Janko, C. (2012). Treatment of MDR1 mutant dogs with macrocyclic lactones. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, vol. 6; no. 13, pp. 969–986. DOI: 10.2174/138920112800992055.
8. Smirnov, L. P. (2020). ATP-binding transport proteins (ABC): nomenclature, structure, molecular diversity, function and participation in xenobiotic metabolism // *Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, no. 3, pp. 5–19. DOI: 10.17076/eb1044. (In Russ)
9. Gaens, D., Leithäuser C., Hamann, M., Geyer, J (2019). Adverse drug reactions after administration of emodepside/praziquantel (Profender®) in an MDR1-mutant Australian Shepherd dog: Case report. *Frontiers in Veterinary Science*, vol. 6; p. 296. DOI: 10.3389/fvets.2019.00296.
10. Mealey, K.L., Northrup, N.C., Bentjen, S.A (2003). Increased toxicity of P-glycoprotein-substrate chemotherapeutic agents in a dog with the MDR1 deletion mutation associated with ivermectin sensitivity. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 10; no. 223, pp. 1453–1455. DOI: 10.2460/javma.2003.223.1453.
11. Deshpande, D., Hill K.E., Mealey K.L., Chambers J.P., Giese M.A (2016). The effect of the canine ABCB1-1Δ mutation on sedation after intravenous administration of acepromazine. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 2; no 30, pp. 636–641. DOI: 10.1111/jvim.12449.
12. Mealey, K.L., Meurs, K.M (2008). Breed distribution of the ABCB1-1Delta (multidrug sensitivity) polymorphism among dogs undergoing ABCB1 genotyping. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 6; no. 233, pp. 921–924. DOI: 10.2460/javma.233.921.
13. Orzechowski, K.L., Swain, M.D., Robl, M.G., Tinaza, C.A., Swaim, H.L., Jones, Y.L., Myers, M.J., Yancy, H.F (2012). Neurotoxic effects of ivermectin administration in genetically engineered mice with targeted insertion of the mutated canine ABCB1 gene. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 9; no.73, pp. 1477–1484. DOI: 10.2460/ajvr.73.1477.
14. Soussa, R.W., Woodward, A., Marty, M., Cannon, C.M (2020). Breed is associated with the ABCB1-1Δ mutation in Australian dogs. *Australian Veterinary Journal*, vol. 3; no. 98, pp. 79–83. DOI: 10.1111/avj.12867.
15. Gramer, I., Leidolf, R., Döring, B., Klintzsch, S., Krämer, E.M., Yalcin, E., Petzinger, E., Geyer, J (2011). Breed distribution of the nt230(del4) MDR1 mutation in dogs. *Veterinary Journal*, vol. 1; no.189, pp. 67–71. DOI: 10.1016/j.tvjl.2010.01.004.

16. Marelli, S.P., Polli, M., Frattini, S., Cortellari, M., Rizzi, R., Crepaldi, P (2020). Genotypic and allelic frequencies of MDR1 gene in dogs in Italy. *Veterinary Record Open*, vol. 1; no. 7, e000375. DOI: 10 :1136/vetropen-2020–000375.
17. Lerdkrai, C., Phungphosop, N. (2021). Prevalence of the MDR1 gene mutation in herding dog breeds and Thai Ridgebacks in Thailand. *Veterinary World*, vol. 11; no. 14, pp. 3015–3020. DOI: 10 :14202/vetworld :2021–3015.
18. Kawabata, A., Momoi, Y., Inoue-Murayama, M., Iwasaki, T. (2005). Canine *mdr1* gene mutation in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, vol. 11; no. 67, pp. 1103–1107. DOI: 10:1292/jvms.
19. Geyer, J., Döring, B., Godoy, J.R., Leidolf, R., Moritz, A., Petzinger, E. (2005). Frequency of the nt230(del4) MDR1 mutation in Collies and related dog breeds in Germany. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 6; no. 28, pp. 545–551. DOI: 10:1111/jvpt.
20. Monobe, M.M., Junior, J.P.A., Lunsford, K.V., Silva, R.C., Bulla, C. (2015). Frequency of the MDR1 mutant allele associated with multidrug sensitivity in dogs from Brazil. *Veterinary Medicine (Auckland)*, vol. 6; pp. 111–117. DOI: 10:2147/vet.S83066.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Анастасия Андреевна Ивершина**, магистрант кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; лаборант-исследователь лаборатории молекулярной генетики, Всероссийский научно – исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ), пос. Тярлево, Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-1773-8711>, SPIN-код: 9251-5630; e-mail: nastya\_ivershina@mail.ru.

**Татьяна Эрастовна Позднякова**, кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9095-7919>, SPIN-код: 3146-6570; e-mail: erastovna@mail.ru.

**Наталья Викторовна Дементьева**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярной генетики, Всероссийский научно – исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ), пос. Тярлево, г. Санкт-Петербург, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0210-9344>, SPIN-код: 8768-8906; e-mail: dementevan@mail.ru.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anastasia A. Ivershina**, Master's student of the Department of Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia; laboratory research assistant of the Laboratory of Molecular Genetics, the All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution 'Federal Research Centre of Animal Breeding – VIZh named after Academician L. K. Ernst' (RRIFAGB), Tyarlevo

village, St. Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-1773-8711>, SPIN-code: 9251-5630; e-mail: [nasya\\_ivershina@mail.ru](mailto:nasya_ivershina@mail.ru).

**Tatiana E. Pozdnyakova**, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg Agrarian University", Pushkin, St. Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9095-7919>, SPIN-code: 3146-6570; e-mail: [erastovna@mail.ru](mailto:erastovna@mail.ru).

**Natalia V. Dementieva**, Cand. Sci. (Biol.), leading researcher, Head of the Laboratory of Molecular Genetics, the All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution ‘Federal Research Centre for Animal Husbandry – RRIFAGB named after Academician L.K. Ernst’ (RRIFAGB), Tyarlevo village, St. Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0210-9344>, SPIN-code: 8768-8906; e-mail: [dementevan@mail.ru](mailto:dementevan@mail.ru).

<b>Авторский вклад.</b> Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант	<b>Author’s contribution.</b> 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
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest

**Поступила в редакцию / Received 10.10.2024**  
**Поступила после рецензирования / Revised 13.11.2024**  
**Принята к публикации / Accepted 15.11.2024**

Научная статья/Original article

УДК 621.385.6

Код ВАК 4.3.2

DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-116-125

## УСТАНОВКА С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ СЛИЗИСТЫХ СУБПРОДУКТОВ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Е.В. Воронов  

Нижегородский инженерно-экономический университет

 e\_voronov@list.ru

**Реферат.** Проблема улучшения качества продукции из вторичного мясного сырья все еще остается на повестке дня агропредприятий. Известны СВЧ установки с резонаторами разного конструктивного исполнения для работы в непрерывном режиме с обеспечением электромагнитной безопасности, где предусмотрены источники, обеспечивающие озонирование для нейтрализации неприятного запаха, их КПД остается в пределах 0,56. Для его повышения следует повысить собственную добротность резонатора. Одним из вариантов для этого является уменьшение площади его поверхности при сохранении объема. Например, в коаксиальном резонаторе, выполняя обечайку внутреннего цилиндра в виде спирали, можно уменьшить площадь поверхности и увеличить плотность энергии электромагнитного поля. Цель исследований – создание и обоснование конструктивно-технологических параметров радиогерметичной установки с коаксиальным резонатором с внутренним спиральным цилиндром и фторопластовым винтовым шнеком, обеспечивающим при термообработке сырья в непрерывном режиме высокую напряженность электрического поля, озонирование, сохранение потребительских свойств жира и шквары и снижение эксплуатационных затрат. Регулирование частоты вращения фторопластового шнека осуществляется преобразователем частоты ATV310HO75N4E. При размерах коаксиального резонатора (радиус наружного цилиндра 24,48 см, внутреннего спирального цилиндра 6,8 см, отношение радиусов цилиндров 3,6) собственная добротность составляет 125000, напряженность электрического поля в нем – 2–4 кВ/см. Производительность установки 16 кг/ч, энергетические затраты 0,25 кВт·ч/кг. Экономический эффект от применения установки 784,6 тыс. руб. /месяц.


**Ключевые слова:** газоразрядные лампы, коронный разряд, коаксиальный резонатор, спиральный цилиндр, диэлектрический шнек

**Для цитирования:** Воронов Е.В. Установка с источниками электромагнитных излучений для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (78). – С. 116–125. – DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-116-125.

## INSTALLATION WITH ELECTROMAGNETIC RADIATION SOURCES FOR HEAT TREATMENT OF MUCOUS BY-PRODUCTS OF RUMINANTS

E.V. Voronov  

Nizhny Novgorod University of Engineering and Economics

 e\_voronov@list.ru

**Abstract.** The problem of improving the quality of products from recycled meat raw materials is still on the agenda of agricultural enterprises, despite the many technological equipment available for processing offal of slaughtered animals. They differ in performance, energy consumption and the method of heat supply. At the same time, the preservation of all valuable components of raw materials leaves much to be desired. Microwave installations with resonators of various designs are known for continuous operation with electromagnetic safety, where sources providing ozonation are provided, but they do not provide the possibility of neutralizing unpleasant odors, their efficiency remains within 0.56. To increase it, the resonator's own Q-factor should be increased. One of the options for this is to reduce its surface area while maintaining volume, for example, in a coaxial resonator, by making the shell of the inner cylinder in the form of a spiral, you can reduce the surface area and increase the energy density of the electromagnetic field. The purpose of the research is to create and substantiate the design and technological parameters of a radio-hermetic installation with a coaxial resonator with an internal spiral cylinder and a fluoroplastic screw auger, which provides high electric field strength, ozonation, preservation of consumer properties of fat and flakes and reduction of operating costs during continuous heat treatment of raw materials. The speed control of the fluoroplastic screw is carried out by the frequency converter ATVZ10NO75N4E. With the dimensions of the coaxial resonator (the radius of the outer cylinder is 24.48 cm, the inner spiral cylinder is 6.8 cm, the ratio of the radii of the cylinders is 3.6), the intrinsic Q factor is 125.000, the electric field strength in it is 2–4 kV/cm. The plant capacity is 16 kg/h, energy costs 0.25 kWh/kg. The economic effect of using the installation is 784.6 thousand rubles / month.

**Keywords:** gas discharge lamps, corona discharge, coaxial resonator, spiral cylinder, dielectric screw

**For citation:** Voronov, E.V. (2024), "Installation with electromagnetic radiation sources for heat treatment of mucous by-products of ruminants", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 78, no. 4, pp. 116–125. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-116-125.

**Введение.** Проблема улучшения качества продукции из вторичного мясного сырья все еще остается на повестке дня, несмотря на имеющееся множество технологического оборудования для обработки субпродуктов убойных животных. Оно отличается по производительности, энергоемкости и методу подвода тепла (конвективное и кондуктивное) [1, 2]. При этом сохранность всех ценных компонентов сырья оставляет желать лучшего. Поэтому разработка электрооборудования с источниками сверхвысокочастотной энергии и микроволновой электротехнологии для переработки вторичного мясного сырья с обеспечением электромагнитной безопасности технологического процесса и сохранением качества продукта является актуальной задачей. Внедрение СВЧ обработки для рационального использования вторичного мясного сырья (например, при производстве комбикормов) способствует эффективному развитию аграрного сектора.

Известны сотни научных разработок и опытные образцы установок с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), в том числе для термообработки мясного сырья [3–9], но в них не предусмотрена возможность нейтрализации неприятного запаха. Имеются СВЧ установки с резонаторами разного конструктивного исполнения для работы в непрерывном режиме с обеспечением электромагнитной безопасности, где предусмотрены источники, обеспечивающие озонирование за счет

коронного разряда для санации воздуха [10, 11], но их коэффициент полезного действия (КПД) остается в пределах 0,56. Для повышения КПД установки следует повысить собственную добротность резонатора. Ее можно определить как произведение резонансной частоты на отношение полной энергии, запасенной в резонаторе, к мощности, рассеиваемой в резонаторе [12]. Одним из вариантов повышения собственной добротности резонатора является уменьшение площади его поверхности при сохранении объема. Например, в коаксиальном резонаторе, выполняя обечайку внутреннего цилиндра в виде спирали, можно уменьшить площадь поверхности. В установке предусмотрена такая конструкция коаксиального резонатора.

**Цель исследования** – создать и обосновать конструктивно-технологические параметры радиогерметичной установки с коаксиальным резонатором со спиральным внутренним цилиндром и фторопластовым винтовым шнеком, обеспечивающей высокую напряженность электрического поля, озонирование за счет коронного разряда между газоразрядными лампами и неферромагнитными иглами. Она предназначена для термообработки с обеззараживанием и нейтрализацией неприятного запаха слизистых субпродуктов жвачных животных в непрерывном режиме с сохранением потребительских свойств жира и шквары и снижением эксплуатационных затрат.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Сырье – измельченные камеры желудков жвачных животных (рубец, книжка, сетка, сычуг). Частоту вращения фторопластового шнека регулировали преобразователем частоты ATV310HO75N4E, величину скорости вращения измеряли бесконтактным цифровым тахометром DT2234B. Исследования распределения теплового потока по поверхности сырья проводили с помощью дифференциального термометра Testo 845 и тепловизора Fluke Ti32. Размеры измельченных частиц сырья измеряли цифровым микрометром «MEGEON-80800». Параметры вибрации фторопластового винтового шнека контролировали цифровым измерителем «MEGEON-09630». Газоразрядные лампы подключены к генераторам надтональной частоты 22 кГц от ультратона АМП-2ИИТ, мощность 40 Вт.

**Результаты исследования.** При разработке установки с магнетронами воздушного охлаждения и источниками озона от коронного разряда учитывали следующие возможности:

- ограничение излучений через загрузочную емкость от мест размещения магнетронов с волноводами, смотрового окна и выгрузного патрубка;
- возбуждение электрического поля высокой напряженности в кольцевом объеме коаксиального резонатора;
- перемещение сырья с помощью фторопластового винтового шнека толщиной не более глубины проникновения волны.

Установка (патент № 2829166) с коаксиальным резонатором для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных в непрерывном режиме (рисунок 1) содержит в неферромагнитном наружном цилиндре 2 с перфорированным нижним основанием 7 соосно расположенный неферромагнитный спиральный цилиндр 4 и в нем электроприводной фторопластовый шнек 5 со сплошной винтовой поверхностью. Первый винт фторопластового шнека выполнен из алюминия. Средний периметр (98,22 см) кольцевого объема между наружным цилиндром 2 и спиральным цилиндром 4, образующими коаксиальный резонатор 3, и его высота (73,44 см) кратны 6,12 см, т. е. половине длины волны.

Радиус наружного цилиндра 24,48 см, а внутреннего спирального цилиндра – 6,8 см. Отношение радиусов цилиндров должно быть равно 3,6 [13]. Шаг винта фторопластового шнека 5 не должен превышать глубину проникновения волны в жиросодержащее сырье при частоте 2450 МГц. Глубина проникновения волны, по данным И.А. Рогова, в жиросодержащие биологические среды составляет 1,7–3,0 см. [14]. К нижнему перфорированному основанию наружного цилиндра прикреплена накопительная емкость 8, содержащая запредельный волновод 9 с шаровым краном. Неферромагнитная загрузочная емкость 1 с задвижкой установлена на верхнее кольцевое основание наружного цилиндра 2. К внутренней стороне

кольцевого основания цилиндра с радиальным сдвигом установлены неферромагнитные коронирующие иглы 13, под которыми радиально расположены газоразрядные лампы 12, запитанные от генераторов, преобразующих сетевое напряжение в высоковольтное (0,5–3 кВ) синусоидальное напряжение частотой 22 кГц.

Волноводы с магнетронами 6, охлаждаемыми вентиляторами, размещены на боковой поверхности наружного цилиндра со сдвигом по высоте и по периметру. Первый алюминиевый винт фторопластового шнека 5 ограничивает излучение через загрузочную емкость, а запредельный волновод 9 с шаровым краном РУ 25 – через накопительную емкость 8. Электронный блок управления генераторами и частотой вращения винтовым шнеком 5 размещен в шкафу управления (рисунок 1, в).

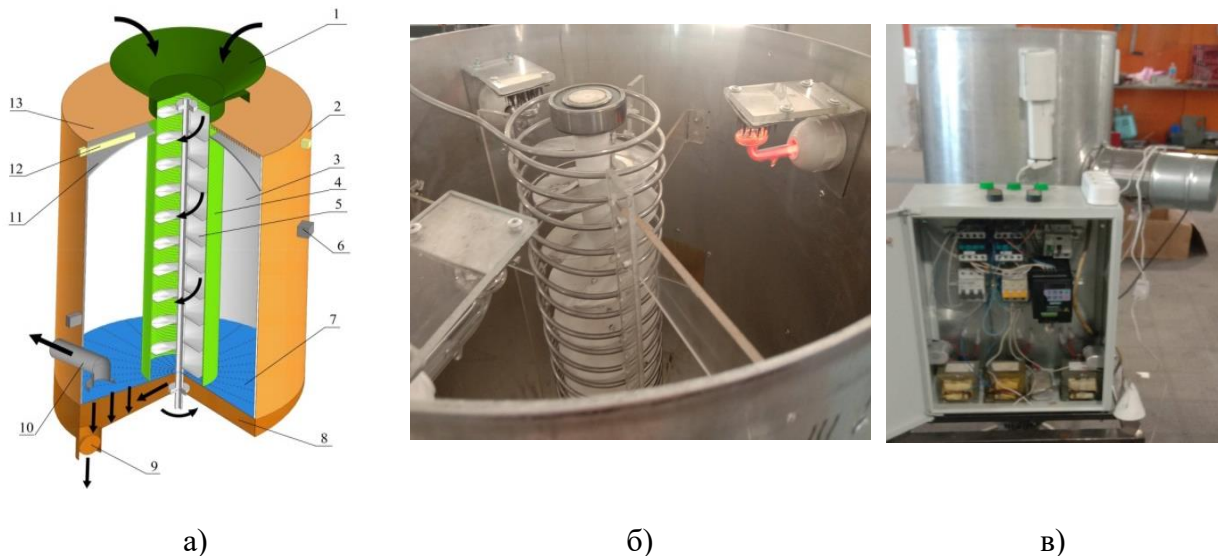


Рисунок 1. Установка с источниками электрофизических факторов для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных:

а) схема общего вида в разрезе; б) соосно расположенные алюминиевый спиральный цилиндр с фторопластовым шнеком в наружном цилиндре; в) шкаф управления с электронным блоком и преобразователем частоты для регулирования частоты вращения шнека; 1 – загрузочная емкость; 2 – наружный цилиндр с перфорированным нижним основанием 7; 3 – коаксиальный резонатор; 4 – внутренний неферромагнитный спиральный цилиндр; 5 – фторопластовый шнек; 6 – магнетроны; 8 – неферромагнитная накопительная емкость; 9 – запредельный волновод; 10 – диэлектрическая труба; 11 – керамическая кольцевая поверхность; 12 – газоразрядные лампы; 13 – коронирующие иглы

Figure 1. Installation with sources of electrophysical factors for heat treatment of mucous by-products of ruminants:

а) a general-view diagram in section; б) a coaxially arranged aluminum spiral cylinder with a fluoroplastic auger in an external non-ferromagnetic cylinder; в) a control cabinet with an electronic unit and a frequency converter to regulate the frequency of rotation of the screw; 1 – loading tank; 2 – outer cylinder with a perforated lower base 7; 3 – coaxial resonator; 4 – internal non-ferromagnetic spiral cylinder; 5 – fluoroplastic auger; 6 – magnetrons; 8 – non-ferromagnetic storage tank; 9 – out-of-bounds waveguide; 10 – dielectric tube; 11 – ceramic annular surface; 12 – gas discharge lamps; 13 – corona needles

Поскольку размеры цилиндров подобраны так, что средний периметр кольцевого объема и высота цилиндров кратны половине длины волны, обеспечивается равномерное распределение ЭМП в резонаторе.

Основные параметры, реализуемые в установке, приведены в таблице 1.

**ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК**  
**ENERGY SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

Таблица 1. Основные параметры разработанной установки  
 Table 1. The main parameters of the developed installation

Наименование	Параметры
Приращение температуры нагрева сырья, °С	85–95
Производительность опытного образца установки, кг/ч	16
Мощность магнетронов, кВт (3 шт.) (по 850 Вт)	2,55
Мощность ультратона АМП-2ИИТ (3 шт.), кВт	0,12
Мощность электроприводного шнека, кВт	1,24
Мощность вентиляторов осевого канального CV-150, кВт	0,09
Общая мощность установки, кВт	4,0
Энергетические затраты на технологический процесс, кВт·ч/кг	0,25

За счет центробежной силы в установке измельченные частицы сырья сбрасываются между витками фторопластового шнека в кольцевое пространство и подвергаются воздействию ЭМПСВЧ и озонированию во взвешенном состоянии.

Результаты исследования зависимости температуры нагрева измельченного сычуга от удельной мощности генератора (рисунок 2) свидетельствуют, что за 5 мин. сырье нагреется при мощности генератора 1 Вт/г до 49 °С (рисунок 2, снимок 2); а при 2,8 Вт/г – до 120 °С, но жир вытопится не полностью (рисунок 2, снимок 3), следовательно, удельная мощность генератора должна быть более 2,8 Вт/г при продолжительности воздействия 5 мин.

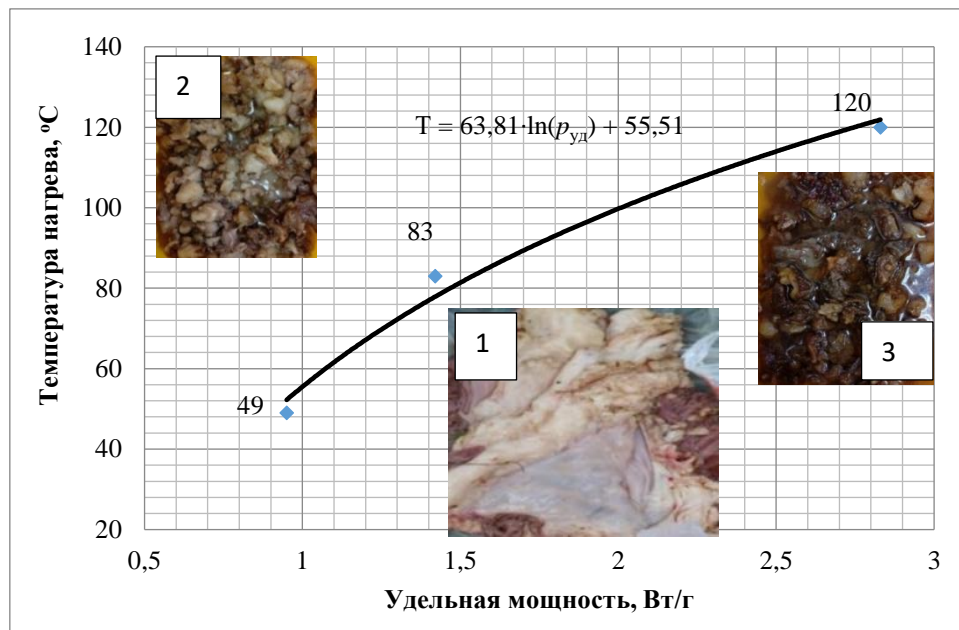


Рисунок 2. Изменение температуры нагрева измельченного сычуга от удельной мощности генератора при продолжительности воздействия ЭМПСВЧ 5 мин:

1 – исходное сырье сычуг; 2 – при температуре 49 °С; 3 – при температуре 110 °С

Figure 2. Change in the heating temperature of the crushed rennet from the specific power of the generator for a duration of exposure to EMFVH of 5 minutes:

1 – the raw material of rennet; 2 – at a temperature of 49 °С; 3 – at a temperature of 110 °С

Зависимость температуры нагрева ( $T$ , °С) измельченного сычуга в ЭМПСВЧ от удельной мощности генератора ( $P_{уд}$ , Вт/г) описывается эмпирическим выражением:

$$T = 63,81 \cdot \ln (P_{уд}) + 55.$$

При термообработке тонко измельченного сырья во взвешенном состоянии в коаксиальном резонаторе со спиральным внутренним цилиндром, выполняющим одновременно функцию замедляющей системы [15], происходит ускорение процесса, следовательно, снижение энергетических затрат. В замедляющей системе плотность энергии ЭМП выше, поэтому при одинаковой мощности генератора в замедляющей системе эффект нагрева сырья выше.

Известно, что максимальная концентрация озона при использовании одного ультратона АМП-2ИИТ мощностью 40 Вт составляет 2,5–15 мг/л [16]. При использовании трех систем «газоразрядная лампа – иглы» ожидаемая концентрация озона равна 7,5–45 мг/л.

Такая концентрация озона в объеме резонатора 0,136 м<sup>3</sup> за 3–5 мин. обеспечивает обеззараживание и нейтрализацию запаха вторичного мясного сырья.

Сравнением эксплуатационных затрат на термообработку вторичного мясного сырья при использовании новой и базовой установок проведена оценка технико-экономических показателей. За базовый вариант принимали жиротопку АЖ-200 стоимостью 300 тыс. руб. Расчетные экономические показатели приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Экономические показатели применения установки с источниками электрофизических факторов для термообработки слизистых субпродуктов**  
**Table 2. Economic indicators of the use of an installation with sources of electrophysical factors for the heat treatment of mucous by-products**

№	Показатели	Проектная	Базовая
1	Балансовая стоимость, руб.	$K_1 = 135000$	$K_2 = 300000$
2	Производительность установки, кг/ч	16	60
3	Потребляемая мощность установки, кВт	4	43,7
4	Потребляемая электроэнергия, кВт·ч/кг	0,25	0,728
5	Расходы на потребление пара, руб./месяц	-	12000
6	Эксплуатационные издержки на термообработку сырья, руб./месяц	$I_1 = 8460$	$I_2 = 143980,5$
7	Экономия эксплуатационных издержек, $(I_2 - I_1)$ руб./месяц	135520,5	
8	Фактический коэффициент сравнительной экономической эффективности: $E = (I_1 - I_2) / (K_2 - K_1)$	0,82, больше нормативного коэффициента 0,2	
9	Срок окупаемости проектного варианта установки, $(1 / E)$ , месяц	1,22	
10	Себестоимость расходов на термообработку сырья, руб./кг	3,02	13,72
11	Цена реализации слизистых субпродуктов, руб./кг	80	80
12	Себестоимость термообработанных слизистых субпродуктов, руб./кг	83,02	93,72
13	Цена реализации термообработанных слизистых субпродуктов, руб./кг	150	150
14	Прибыль, руб./кг	66,98	56,28
15	Объем термообработанного сырья, кг/месяц	2800	10500
16	Капитальные затраты на технологический процесс, руб./кг/месяц	48,22	28,57
17	Рентабельность, %	80,68	60,05
18	Повышение рентабельности, %	20,63	
19	Экономический эффект от применения СВЧ установки для термообработки вторичного мясного сырья, руб./месяц $[(93,72 + 0,2 \cdot 28,57) \cdot 10500 - (83,02 + 0,2 \cdot 48,22) \cdot 2800] = 784597,8$ руб./месяц		

Экономический эффект от применения установки с источниками электрофизических факторов для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных составляет 784,6 тыс. руб./месяц за счет снижения эксплуатационных расходов.

**Выводы.** Разработана установка с источниками коронного разряда и СВЧ энергоподводом в коаксиальный резонатор, размеры которого согласованы с длиной волны (12,24 см): средний периметр кольцевого объема резонатора 98,22 см, его высота 73,44 см, радиус наружного цилиндра 24,48 см, внутреннего спирального цилиндра 6,8 см, отношение радиусов цилиндров 3,6, объем наружного цилиндра 0,138 м<sup>3</sup>.

Непрерывный режим работы установки достигается электроприводным фторопластовым шнеком (шаг винта 1,7–3,0 см) с регулируемой скоростью вращения с помощью преобразователя частоты. Шаг винта шнека не превышает глубину проникновения волны 1,7–3,0 см в жиросодержащее сырье при частоте 2450 МГц.

При указанных размерах коаксиального резонатора обоснованные параметры следующие: собственная добротность – 125000, напряженность электрического поля в нем – 2–4 кВ/см, производительность установки – 16 кг/ч, удельные затраты на электроэнергию – 0,25 кВт·ч/кг; мощность магнетронов – 2,4 кВт; мощность трех ультратронов – 0,12 кВт.

Коронный разряд, возникающий при расположении трех газоразрядных ламп мощностью по 40 Вт под неферромагнитными коронирующими щетками, обеспечивает озонирование воздуха в коаксиальном резонаторе с концентрацией озона 7,5–45 мг/л, что позволяет провести термообработку вторичного мясного сырья в ЭМПСВЧ при высокой напряженности ЭП с обеззараживанием и нейтрализацией неприятного запаха.

Разность приведенных затрат от применения установки СВЧ с энергоподводом в коаксиальный резонатор со спиральным внутренним цилиндром и источниками озона для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных (по сравнению с жиротопкой АЖ-200) обеспечит 784,6 тыс. руб./месяц за счет снижения эксплуатационных расходов и реализации вытопленного жира, соответствующего потребительским свойствам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунова, Н.А., Петрунина, И.П. Проблемы использования отходов при производстве продукции предприятиями мясной отрасли // Мясная индустрия. – 2023. – № 9. – С. 32–36. – DOI: 10.37861/2618-8252-2023-09-32-36.
2. Кененбай, Г.С., Чоманов, У.Ч., Омиржанова, Б.Б., Татиева, А.Н. Микробиологические показатели говяжьего рубца после озонирования // Все о мясе. – 2023. – № 1. – С. 43–45.
3. Новикова, Г.В., Суслов, С.А., Михайлова, О.В., Просвирякова, М.В. Разработка и обоснование параметров установки с электрофизическими факторами воздействия для термообработки слизистых субпродуктов // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 12 (151). – С. 60–73. – DOI: 10.24412/2227-9407-2023-12-60-73.
4. Просвирякова, М.В., Тихонов, А.А., Зиганшин, Б.Г., Михайлова, О.В., Новикова, Г.В. 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.
5. 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), p. 012002, DOI: 10.1088/1755-1315/857/1/012002.
6. 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.
7. Жданкин, Г.В., Сторчевой, В.Ф., Новикова, Г.В. Исследование режимов работы установки СВЧ для термообработки и обеззараживания непищевого сырья животного происхождения // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 6. – С. 65–69. – DOI: 10.31857/S2500-26272019665-69.
  8. Патент № 2729151 РФ, МПК А22С17/00. Сверхвысокочастотная установка с биконическим резонатором и шнеком для варки отходов убоя животных / Г. В. Жданкин, Г. В. Новикова, М. В. Белова, О. В. Михайлова; заявитель и патентообладатель НГСХА (RU). № 2018112186; заявл. 5.02. 2018. Бюл. № 22 от 04.08.2020.
  9. Новикова, Г.В., Тихонов, А.А., Просвирякова, М.В., Сторчевой, В.Ф., Михайлова, О.В., Сторчевой, А.В. Обоснование параметров СВЧ установки для обезжиривания костей убойных животных // Инженерные технологии и системы. – 2024. – Т. 34, № 2. – С. 318–335. – DOI: 10.15507/2658-4123.034.202402.318-335.
  10. 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.
  11. Воронов, Е.В., Новикова, Г.В., Суслов, С.А., Просвирякова, М.В., Михайлова, О.В. Обоснование конструкции резонаторов, предназначенных для термообработки вторичного мясного сырья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (106). – С. 176–185. – DOI: 10.37670/2073-0853-2024-106-2-176-185.
  12. Тухватуллин, М.И. Виды модернизации существующей СВЧ электротехнологической установки для осуществления тепловой и нетепловой СВЧ модификации материалов // Российский электронный научный журнал. – 2023. – № 3 (49). – С. 8–19. – DOI: 10.31563/2308-9644-2023-49-3-8-19.
  13. Стрекалов, А.В., Стрекалов, Ю.А. Электромагнитные поля и волны. – М.: РИОР: ИНФРА, 2014. – С. 351.
  14. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / И. А. Рогов, В. А. Адаменко, С. В. Некрутман и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.
  15. Технологическое оборудование пищевых производств. Под ред. Б. М. Азарова. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 332.
  16. Лызикова А.Н. Скуратов А.Г. Модернизация аппарата местной дарсонвализации для локальной озонотерапии гнойно-воспалительных заболеваний легких тканей // Новости хирургии. – 2006. – Т. 14, № 3.

## REFERENCES

1. Gorbunova, N.A., Petrunina, I.P. (2023), Problems of waste use in production by meat industry enterprises, *Meat industry*, no. 9, pp. 32–36. (In Russ.). DOI: 10.37861/2618-8252-2023-09-32-36.
2. Kenenbai, G.S., Chomanov, U.Ch., Omirzhanova, B.B., Tatieva, A.N. (2023), Microbiological parameters of beef rumen after ozonation, *All about meat*, no. 1, pp. 43–45. (In Russ.).
3. Novikova, G.V., Suslov, S.A., Mikhailova, O.V., Prosviryakova, M.V. (2023), Development and justification of installation parameters with electrophysical exposure factors for heat treatment of mucous by-products, *Vestnik NGIEI*, no. 12 (151), pp. 60–73. (In Russ.). DOI: 10.24412/2227-9407-2023-12-60-73.
4. Prosviryakova, M.V., Tikhonov, A.A., Ziganshin, B.G., Mikhailova, O.V., Novikova, G.V.

- (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.
5. 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), p. 012002, DOI: 10.1088/1755-1315/857/1/012002.
  6. 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.
  7. Zhdankin, G.V., Storchevoy, V.F., Novikova, G.V. (2019), Investigation of the modes of operation of a microwave installation for heat treatment and disinfection of non-food raw materials of animal origin // *Russian agricultural science*, no. 6, pp. 65–69, DOI: 10.31857/S2500-26272019665-69.
  8. Patent No. 2729151 of the Russian Federation, IPC A22C17/00. An ultrahigh frequency installation with a biconic resonator and an auger for cooking animal slaughter waste / G.V. Zhdankin, G.V. Novikova, M.V. Belova, O.V. Mikhailova; applicant and patent holder of the NGSHA (RU). no. 2018112186; application no. 5.02. 2018. Byul, no. 22 dated 08/04/2020. (In Russ.).
  9. Novikova, G.V., Tikhonov, A.A., Prosviryakova, M.V., Storcheva, V.F., Mikhailova, O.V., Storcheva, A.V. (2024), Substantiation of parameters of a microwave installation for degreasing bones of slaughtered animals, *Engineering technologies and systems*, vol. 34, no. 2, pp. 318–335. (In Russ.), DOI: 10.15507/2658-4123.034.202402.318-335.
  10. 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 of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 4 (73), pp. 126–136. (In Russ.), DOI: 10.24412/2078-1318-2023-4-126-137.
  11. Voronov, E.V., Novikova, G.V., Suslov, S.A., Prosviryakova, M.V., Mikhailova, O.V. (2024), Substantiation of the design of resonators intended for heat treatment of secondary meat raw materials, *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, no. № 2 (106), pp. 176–185. (In Russ.), DOI: 10.37670/2073-0853-2024-106-2-176-185.
  12. Tukhvatullin, M.I. Types of modernization of the existing microwave electrotechnological installation for the implementation of thermal and non-thermal microwave modification of materials // *Russian Electronic Scientific Journal*. 2023. No. 3 (49). pp. 8–19, DOI: 10.31563/2308-9644-2023-49-3-8-19.
  13. Strekalov, A.V., Strekalov, Yu.A. *Electromagnetic fields and waves*. M.: RIOR: INFRA, 2014, p. 351.
  14. *Electrophysical, optical and acoustic characteristics of food products* / I. A. Rogov, V. A. Adamenko, S. V. Nekrutman et al. – M.: Light and food industry, 1981. – 288 p.
  15. *Technological equipment of food production*. Edited by B.M. Azarov. M.: Agropromizdat. 1988, p. 332.
  16. Lyzikova, A.N. Skuratov, A.G. (2006) Modernization of the local darsonalization apparatus for local ozone therapy of purulent-inflammatory diseases of lung tissues.// *Surgery News*, no. 3, vol. 14.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Евгений Викторович Воронов**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Технический сервис», директор инженерного института, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», г. Княгинино, Нижегородская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9867-5860>, SPIN-код: 8963-4080; e-mail: [e\\_voronov@list.ru](mailto:e_voronov@list.ru).

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Evgeny V. Voronov**, Cand. Sci. (Econ.), 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», Knyaginino, Nizhny Novgorod region, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9867-5860>, SPIN-code: 8963-4080; e-mail: [e\\_voronov@list.ru](mailto:e_voronov@list.ru).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов	The author declares no conflicts of interests
--	---

Статья поступила в редакцию / Received 12.08.2024  
Поступила после рецензирования / Revised 21.11.2024  
Принята к публикации / Accepted 25.11.2024

## 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 года 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 всех авторов — в электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту [izvestiya@spbgau.ru](mailto: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  
№ 4 (78)

Литературный редактор М.А. Еремина

Подписано к печати 27.12.2024.

Дата выхода в свет 30.12.2024.

Формат 60×84 1/8. П.л. 16. Тираж 1000. Заказ 308.

Свободная цена

Адрес редакции и издательства:

196601 г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2  
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
Тел.: (812) 339-74-27. E-mail: [izvestiya@spbgau.ru](mailto:izvestiya@spbgau.ru)  
Сайт журнала: <https://spbgau.ru/nauchnye-izdaniya/zhurnal-izvestiya/>

Адрес типографии:

196601 г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2  
Типография Издательско-полиграфического комплекса  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
E-mail: [agroprint@spbgau.ru](mailto:agroprint@spbgau.ru)