

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 1 (79)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2025**

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (79)



IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2025

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рецензируемый научный журнал  
4 номера в год  
№ 1 (79)

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  
№ 1 (79)

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  
№ 1 (79)

Главный редактор  
**Морозов Виталий Юрьевич**  
Доктор ветеринарных наук, профессор, ректор

Заместитель главного редактора  
**Колесников Роман Олегович**  
Кандидат ветеринарных наук, доцент  
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;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ружьев Вячеслав Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, 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 Юрий Валентинович**, доктор биологических наук, директор ФГБНУ АФИ;

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

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

**IZVESTIYA OF SAINT-PETERSBURG  
STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

Peer-reviewed scientific journal  
4 issues per year  
№ 1 (79)

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 – MTAA;

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

**Dolzhenko Tatiana 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;

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

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

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

**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;

**Lapteev 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, SPbGUVUM

**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>Лаврищев А.В., Клятышева А.И.</b> Геоинформационное обеспечение территории малого опытного поля СПбГАУ при изучении почвенного покрова .....	9
<b>Проценко Д.Р., Кононенко А.Н.</b> Влияние ассоциативных ризобактерий на урожайность люпина узколистного в Ленинградской области .....	26
<b>Шпанев А.М.</b> Поражённость болезнями и продуктивность сорта озимой тритикале Билинда в условиях Ленинградской области .....	36

## ЗООТЕХНИЯ

<b>Дорофеева А.В., Головина Т.Н.</b> Анализ численности и породной принадлежности конкурных лошадей, выступающих в зачёте для «молодых лошадей» .....	44
<b>Фисенко А.А., Санганаева А.В., Вайковски М.Д.</b> Анализ генеалогической структуры производящего состава лошадей тракененской породы, разводимых в ООО «Курский конный завод» .....	54
<b>Темиров М.Т., Темирова С.У., Нечаева Т.А.</b> Обзор современных методов мониторинга и анализа поведения рыб в процессе кормления в аквакультуре.....	62

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

<b>Габдрафиков Ф.З., Исламгулов Р.Д., Абраров М.А.</b> Выбор мест подключения предпускового подогревателя с тепловым аккумулятором фазового перехода к дизельному двигателю .....	78
<b>Парлюк Е.П.</b> Исследование рапсового масла, используемого в качестве биоразлагаемого смазочного материала .....	90

## C O N T E N T S

### AGRONOMY

<b>Lavrishchev A.V., Kliatysheva A.I.</b> Geoinformation support of the territory the small experimental field of SPbSAU during the study soil cover .....	9
<b>Protsenko D.R., Kononenko A.N.</b> The effect of associative rhizobacteria on the yield of narrow-leaved lupine in the Leningrad region .....	26
<b>Shpanev A.M.</b> Disease infection and productivity of winter triticales variety Bilinda in the conditions of the Leningrad region .....	36

### ZOOTECHNY

<b>Dorofeeva A.V., Golovina T.N.</b> Analysis of the number and breed of competitive horses competing in the competition for «Young horses» .....	44
<b>Fisenko A.A., Sanganaeva A.V., Vaikovski M.D.</b> Analyzing Trakehner breed genealogical structure of the horse breeding stock in the Kursk stud farm .....	54
<b>Temirov M.T., Temirova S.U., Nechaeva T.A.</b> Review of modern methods of monitoring and analysis of fish behavior during the feeding process in aquaculture .....	62

### AGROENGINEERING AND ENERGY SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

<b>Gabdrafikov F. Z., Islamgulov R. D., Abrarov M. A.</b> Selection of the connection points of the preheater with a thermal accumulator of the phase transition to a diesel engine .....	78
<b>Parlyuk E.P.</b> Investigation of rapeseed oil used as a biodegradable lubricant .....	90

Научная статья/Original article


УДК 631.4

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-9-25

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ МАЛОГО ОПЫТНОГО ПОЛЯ СПБГАУ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

А.В. Лаврищев  , А.И. Клятышева 

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

 av.lavrishchev@yandex.ru

**Реферат.** В статье приведены результаты почвенно-агрохимического обследования территории малого опытного поля Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Исследования показали, что изученные почвы относятся к типу дерново-подзолистых. В результате сельскохозяйственного использования почвенный профиль утратил подзолистый горизонт. Гумусово-элювиальный горизонт сразу сменяется иллювиальным, который практически во всех случаях имеет признаки оглеения. Гранулометрический состав исследуемых почв варьируется от легкосуглинистых до тяжелосуглинистых. В гранулометрическом составе изученных почв преобладают песчаная и пылеватая фракции. Их содержание колеблется в пределах от 30,4% до 47,6% и от 20,2% до 38,4% соответственно. Почвы малого опытного поля имеют аккумулятивный тип гумусового профиля. Содержание гумуса в гумусовых горизонтах варьируется от 2,7% до 6,1%, резко снижаясь с глубиной. По уровню кислотности почвы резко отличаются от среднекислых ( $pH_{KCl}$  4,67) до слабощелочных ( $pH_{KCl}$  7,76). Величина гидролитической кислотности изменяется в широких пределах от 0,4 до 5,9 ммоль(экв)/100 г. Содержание подвижных соединений фосфора колеблется по участкам малого опытного поля от 435 мг/кг до 11446 мг/кг и входит в градацию очень высокого содержания. Содержание подвижного калия варьируется от 123 мг/кг до 297 мг/кг (от повышенного до очень высокого уровня обеспеченности). С помощью программы QGIS проведена оцифровка рельефа малого опытного поля, создана база данных отдельных полей, включающая такую информацию, как тип почвы, гумусированность,  $pH_{KCl}$ , гидролитическую кислотность, обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия. На основе имеющейся геоинформации проведена визуализация данных в виде почвенной карты и агрохимических картограмм.

**Ключевые слова:** почвенный покров, глеевые почвы, почвенное обследование, агрохимическая характеристика, гумусовый профиль

**Для цитирования:** Лаврищев А.В., Клятышева А.И. Геоинформационное обеспечение территории малого опытного поля СПбГАУ при изучении почвенного покрова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С. 9–25. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-9-25.

**GEOINFORMATION SUPPORT OF THE TERRITORY THE SMALL  
EXPERIMENTAL FIELD OF SPBSAU DURING THE STUDY SOIL  
COVER**

**A.V. Lavrishchev**  , **A.I. Kliatysheva**   
Saint-Petersburg State Agrarian University  
 av.lavrishchev@yandex.ru

**Abstract.** The article presents the results of a soil and agrochemical survey of a small experimental field near St. Petersburg. The study found that the soils in the area are of the sod-podzolic type, and as a result of agricultural activity, the podzolic horizon has been lost. Instead, the humus-eluvial horizon immediately gives way to the illuvial horizon, which in most cases shows signs of cleavage. The granulometric composition of the soils varies from light to heavy loam, with a dominant presence of sandy and dusty particles. These particles range from 30.4% to 47.6%, and 20.2% to 38.4% respectively. The soil type is classified as accumulative, with humus levels ranging from 2.7% to 6.1%. The acidity level varies significantly, from medium acidity (pH 4.67) to slight alkalinity (pH 7.76).. The value of hydrolytic acidity varies greatly, ranging from 0.4 to 5.9 millimoles per 100 grams. The content of mobile phosphorus compounds also varies widely, from 435 milligrams per kilogram to 11,446 milligrams per kilogram, and is considered to be a very high level. The content of mobile potassium ranges from 123 milligrams to 297 milligrams, indicating an increased availability. Using the QGIS program, we digitized the relief of the small experimental field and created a database of information about each field, including soil type, humus content, pH (potassium chloride), hydrolytic acidity, and the availability of mobile phosphorus and potassium compounds. We then visualized this data in the form of soil maps and agrochemical cartograms, based on the available geo-information.

**Keywords:** soil cover, gley soils, soil survey, agrochemical characteristics, humus profile

**For citation:** Lavrishchev A.V., Kliatysheva A.I. (2025), “Geoinformation support of the territory of the small experimental field of SPbSAU in the study of soil cover”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no 79, pp. 9–25, (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-9-25.

**Введение.** Изучение почвенного покрова является важнейшей составной частью информации о главном объекте сельскохозяйственного производства. Научно обоснованные разработки правильного использования почв и их охраны должны опираться на глубокое знание роли почвенного покрова, его характера, свойств, потенциальных возможностей и особенностей природных условий [1, 2].

На современном этапе развития аграрной науки особая роль в изучении пространственного изменения почвенного покрова принадлежит использованию геоинформационных технологий, представляющих собой совокупность процессов по подготовке информации путём её сбора, хранения и пространственного анализа. Основными средствами его обеспечения являются геоинформационные системы (ГИС), обеспечивающие хранение, обработку и визуализацию данной информации [3–7].

**Цель исследования** – изучить возможности использования геоинформационных систем при проведении почвенного обследования малого опытного поля Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ) для хранения, анализа и визуализации полученной информации.

**В задачи** исследования входило:

- исследовать почвенный покров территории и провести морфологическое описание основных разновидностей почв малого опытного поля;
- изучить некоторые физико-химические свойства почв исследуемой территории;
- при помощи программного ГИС-обеспечения составить электронную базу данных, на основе которых построить почвенную карту, цифровую карту рельефа и агрохимические картограммы территории малого опытного поля СПбГАУ.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Представленные в статье исследования являются продолжением ряда работ, посвящённых изучению почв учебно-опытных полигонов Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Ранее нами приводились результаты изучения почвенного покрова учебно-опытного сада [8, 9] и окрестностей учебной базы СПбГАУ в Лужском районе Ленинградской области [10].

В настоящее время малое опытное поле используется для проведения летних учебных практик со студентами всех биологических направлений университета, а также для проведения научно-исследовательской работы по программам бакалавриата, магистратуры и аспирантуры.

На первом этапе исследований была проведена аэрофотосъёмка данного объекта квадрокоптером DJI Mavic с целью рекогносцировки территории для наиболее типичных мест по закладке почвенных разрезов (рисунок 1).



Рисунок 1. Аэрофотоснимок малого опытного поля в направлении  
северо-запад – юго-восток

Figure 1. Aerial view of the small experimental field in the north-west– south-east direction

Географическую привязку почвенных выработок проводили с помощью GPS-навигатора Garmin Etrex 30 (таблица 1). Перенос маршрутных точек на космоснимок проводили в программе Google Earth Pro. Распределение маршрутных точек на участке показано на рисунке 2. Морфологическое описание почвенных профилей проводили по общепринятой методике.



**Рисунок 2. Распределение маршрутных точек на участке**  
**Figure 2. Distribution of waypoints on the site**

Создание базы данных с географической привязкой, а также оцифровку рельефа и построение агрохимических картограмм проводили с помощью программы QGIS. Аналитические работы по определению содержания гумуса проводили по методу И.В. Тюрина, обменную кислотность – потенциометрическим методом, а гидrolитическую кислотность – методом Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91).

**Таблица 1. Координаты закладки почвенных разрезов на территории учебно-опытного сада**

**Table 1. Coordinates of the laying of soil sections on the territory of the experimental garden**

№ разреза	№ маршрутной точки на GPS-навигаторе	Географическая привязка (координаты)	
		широта	долгота
1	50	N 59°43'37,9"	E 30°23'18,2"
2	51	N 59°43'36,1"	E 30°23'17,4"
3	52	N 59°43'36,8"	E 30°23'17,6"
4	53	N 59°43'37,5"	E 30°23'17,5"

Продолжение таблицы 1

5	54	N 59°43'35,6"	E 30°23'32,3"
6	55	N 59°43'35,7"	E 30°23'29,2"
7	57	N 59°43'38,4"	E 30°23'17,0"
8	58	N 59°43'41,2"	E 30°23'15,1"
9	59	N 59°43'40,6"	E 30°23'11,3"
10	60	N 59°43'41"	E 30°23'13,7"
11	61	N 59°43'41,8"	E 30°23'11,2"
12	62	N 59°43'9,7"	E 30°23'12,7"
13	63	N 59°43'39,2"	E 30°23'18,9"
14	64	N 59°43'38,6"	E 30°23'21,6"
15	65	N 59°43'36,2"	E 30°23'18,8"
16	66	N 59°43'37,0"	E 30°23'24,5"
17	67	N 59°43'35,6"	E 30°23'22,6"

Морфологическое описание почв малого опытного поля представлено ниже:

*Разрез 1. Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 1–17 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, легкосуглинистый, комковатый, плотный, щебень, корни, переход неровный;

B<sub>1</sub> – 17–30 см – иллювиальный – влажный, темно-серый с бурыми пятнами, среднесуглинистый, плотный, призматический, встречаются корни, переход затеками;

B<sub>2g</sub> – 30–69 см – иллювиальный – бурый с сизыми пятнами оглеения, тяжелосуглинистый, призматический, плотный, редко встречаются корни.

*Разрез 2. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 1–36 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, тяжелосуглинистый, комковатый, уплотнен, встречаются корни растений, переход затеками;

B<sub>1g</sub> – 36–56 см – иллювиальный – светло-коричневый с темными затёками, глинистый, призматический, плотный, пятна оглеения, редкие корни растений, переход затеками;

B<sub>2g</sub> – 56–69 см – иллювиальный, темнее предыдущего, глинистый, призматический, плотный.

*Разрез 3 Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 0–36 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, легкосуглинистый, комковатый, плотный, встречаются корни растений, камни;

B<sub>g</sub> – 36 – (...) см – иллювиальный – влажный, светло-коричневый с пятнами оглеения, тяжелосуглинистый, призматический, слитой;

*Разрез 4. Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–31 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, серый с буроватым оттенком, среднесуглинистый, комковатый, плотный, встречаются корни растений, камни, переход затеками;

A<sub>2B</sub> – 37–42 см – переходный, влажный, светло-коричневый с белесоватым оттенком, среднесуглинистый, призматический, плотный, корни растений, переход затеками;

B<sub>g</sub> – 42–99 см – иллювиальный – влажный, охристый с сизыми пятнами оглеения, встречаются корни, камни, очень плотный.

*Разрез 5. Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–36 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, тёмно-серый, легкосуглинистый, комковатый, встречаются корни, уплотнен, переход языками;

Vg – 37–58 см – иллювиальный – влажный, бурый с сизыми пятнами оглеения, глинистый, призматический, встречаются корни, камни.

*Разрез 6. Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–20 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – свежий, тёмно-серый, легкосуглинистый, комковатый, уплотнён, переход затёками;

B – 20–38 см – иллювиальный – свежий светло-охристый, среднесуглинистый, призматический, очень сильно уплотнен.

*Разрез 7. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–50 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-бурый, тяжелосуглинистый, комковатый, встречаются пятна железа, корни, камни, не вскипает, сильно уплотнен, бесструктурный, переход затеками;

A<sub>2</sub>B – 50–68 см – переходный к иллювиальному – влажный, светло-коричневый, рыхлый, среднесуглинистый, плитчатый, переход затеками;

B – 68–90 см – иллювиальный – влажный, охристо-коричневый, тяжелосуглинистый, призматический, уплотнён.

*Разрез 8. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая остаточно-карбонатная глееватая на карбонатной морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–40 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, тяжелосуглинистый, комковатый, встречаются корни, переход затеками;

A<sub>2</sub>B – 40–55 см – переходный к иллювиальному – влажный, светло-коричневый с сизыми пятнами оглеения, тяжелосуглинистый, плотный, встречаются корни, переход затеками;

Vg – 55–95 см – иллювиальный – влажный, бурый с сизыми пятнами оглеения, вскипает в нижней части профиля, уплотнен.

*Разрез 9. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая остаточно-карбонатная глееватая на карбонатной морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–38 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, тёмно-серый, тяжелосуглинистый, комковатый, корни, переход ясный;

Vg – 38–(...) см – иллювиальный – влажный, бурый с серыми вкраплениями, тяжелосуглинистый, встречаются камни, корни, вскипает в нижней части горизонта, пятна оглеения, плотный.

*Разрез 10. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глееватая остаточно-карбонатная на карбонатной морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–30 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, тяжелосуглинистый, комковатый, встречаются корни, камни, уплотнен, переход постепенный;

Vg – 30–62 см – иллювиальный – темно-бурый, тяжелосуглинистый, призматический, с вкраплениями карбонатов, пятна оглеения, встречаются корни, камни, вскипает, уплотнен.

*Разрез 11. Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–31 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – тёмно-серый, легкосуглинистый, комковатый, встречаются корни, камни, очень плотный, переход затеками;

A<sub>2</sub>Vg – 31–47 см – переходный к иллювиальному – влажный охристый с сизыми пятнами оглеения, среднесуглинистый, призматический, встречаются камни, уплотнен, переход затеками;

Vg – 47–101 см – иллювиальный – влажный, охристый с сизыми затеками оглеения, среднесуглинистый, призматический, встречаются камни, корни, уплотнен, бесструктурный, легкий суглинок.

*Разрез 12. Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глееватая остаточно-карбонатная на карбонатной морене:*

A<sub>пах</sub>(1) – 2–25 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – темно-серый, неоднородный по цвету, среднесуглинистый, комковатый, плотный, переход неровный;

A<sub>пах</sub>(2) – 25–36 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темнее предыдущего, среднесуглинистый, комковатый, встречаются корни, плотнее предыдущего, переход затеками;

A<sub>2</sub>B – 36–66 – переходный к иллювиальному – влажный, бурый с белёсым оттенком, среднесуглинистый, призматический, уплотнен, переход затеками;

B – 66–91 см – иллювиальный – влажный, бурый с пятнами оглеения, тяжелосуглинистый, призматический, плотный, вскипает.

*Разрез 13 Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–48 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – свежий, светло-серый, легкосуглинистый, комковатый, встречаются корни, уплотнен, переход ясный;

Vg – 48–77 см – иллювиальный – влажный, ржаво-охристый, среднесуглинистый, призматический, плотный, пятна оглеения;

*Разрез 14. Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–29 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, среднесуглинистый, комковатый, рыхлый, встречаются корни, камни, переход затёками;

Vg – 29–61 см – иллювиальный – влажный, бурый с сизыми пятнами оглеения, тяжелосуглинистый, призматический, уплотнён.

*Разрез 15. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 0–28 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, темно-серый, тяжелосуглинистый, комковатый, встречаются корни, камни, не вскипает, уплотнен, бесструктурный, переход пятнами;

A<sub>2</sub>B – 28–45 см – переход к иллювиальному – влажный, темно-коричневый с охристыми и белёсыми пятнами, тяжелосуглинистый, комковато-призматический, плотный, встречаются корни, камни, переход затёками;

Vg – 45–82 см – иллювиальный – влажный, охристый с сизыми затеками верхнего горизонта, встречаются камни, корни, очень плотный.

*Разрез 16. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глееватая на морене:*

A<sub>пах</sub> – 2–26 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, серый с буроватым оттенком, тяжелосуглинистый, комковатый, встречаются корни, камни, очень плотный, переход затеками;

V<sub>1</sub>g – 26–38 см – иллювиальный – охристо-коричневый с темными затеками, тяжелосуглинистый, призматический, встречаются камни, корни, карбонаты, не вскипает, очень сильно уплотнен, бесструктурный, оглеен, железистый, тяжелосуглинистый, переход плавный;

V<sub>2</sub>g – 38–62 см – иллювиальный – влажный, охристый, тяжелосуглинистый, встречаются корни, камни, сильно оглеен, очень плотный.

*Разрез 17. Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глееватая на морене:*

$A_{\text{пах}}$  – 2–43 см – пахотный (гумусово-элювиальный) – влажный, светло-серый с бурым оттенком, тяжелосуглинистый, комковатый, встречаются корни, камни, переход затеками;  $BG$  – 43–(...) см – иллювиальный – влажный, охристый с сизым оттенком, глинистый, призматический, сплошное оглеение, встречаются камни, корни, плотный.

В результате почвенного обследования территории было выявлено, что почвы малого опытного поля относятся к типу дерново-подзолистых. Изучение морфологических свойств показало, что в результате сельскохозяйственного использования почвенный профиль утратил подзолистый горизонт за счет припахивания к гумусово-элювиальному горизонту, который сразу сменялся иллювиальным, практически во всех случаях имеющим признаки оглеения. Оглеение иллювиального горизонта связано с тяжёлым гранулометрическим составом его и почвообразующей породы, которая послужила своеобразным водоупором, способствующим избыточному увлажнению и созданию анаэробных условий, и, как следствие, протеканию глеевого процесса.

Материнские породы представлены моренными суглинками. В западной части малого опытного поля обнаружен выход карбонатов, на которых сформировались дерново-подзолистые остаточно-карбонатные почвы. Гранулометрический состав почв относится к важнейшей их характеристике, так как он оказывает существенное влияние на окислительно-восстановительные свойства, поглонительную способность, накопление в ней гумуса, зольных элементов и азота.

Таблица 2. Гранулометрический состав почв малого опытного поля  
Table 2. Granulometric composition of soils of the small experimental field

№ разреза	Размер частиц, мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
1	17,0	21,9	32,3	12,6	10,8	5,4	28,8
2	14,5	16,2	23,5	17,8	17,2	10,8	45,8
3	21,6	24,2	29,8	9,2	11,4	3,8	24,4
4	17,5	19,5	24,8	12,6	13,8	11,8	38,2
5	14,9	28,3	27,8	14,8	8,8	5,4	29
6	13,7	33,9	23,6	9,8	10,4	8,6	28,8
7	12,8	21,5	22,8	20,0	12,7	10,2	42,9
8	15,0	19,0	21,0	20,0	18,2	6,8	45,0
9	15,7	14,8	20,6	18,8	18,0	12,2	49
10	17,3	26,7	14,0	17,8	14,9	9,3	42
11	25,7	21,4	27,8	11,8	9,4	4,0	25,2
12	22,3	17,3	24,0	20,8	10,0	5,6	36,4
13	18,6	18,0	36,4	12,4	9,2	5,4	27,0
14	21,3	13,5	26,6	19,8	9,8	9,0	38,6
15	23,6	20,9	13,3	19,8	16,2	6,2	42,2
16	16,7	23,9	14,2	20,2	18,2	6,8	45,2
17	12,1	26,7	19,8	20,6	15,4	5,4	41,4

Для уточнения названий почвенных разновидностей в лабораторных условиях определяли гранулометрический состав верхних гумусовых горизонтов из всех почвенных разрезов. Результаты анализа представлены в таблицах 2 и 3.

Как видно из представленных данных, гранулометрический состав исследуемых почв варьирует от легкосуглинистых до тяжелосуглинистых. В гранулометрическом составе изученных почв преобладают песчаная и пылеватая фракции. Их содержание, в зависимости от почвы колебалось в пределах от 30,4% до 47,6% и от 20,2% до 38,4% соответственно.

Таблица 3. Название почв по преобладающей фракции  
Table 3. Name of soils by predominant fraction

№ разреза	физическая глина	песчаная	крупнопылеватая	пылеватая	иловатая	название по преобладающей фракции
1	28,8	38,9	32,3	23,4	5,4	легкосуглинистая крупно-пылевато-песчаная
2	45,8	30,7	23,5	35,0	10,8	тяжелосуглинистая песчано-пылеватая
3	24,4	45,8	29,8	20,6	3,8	легкосуглинистая крупно-пылевато-песчаная
4	38,2	37,0	24,8	26,4	11,8	среднесуглинистая пылевато-песчаная
5	29,0	43,2	27,8	23,6	5,4	легкосуглинистая крупно-пылевато-песчаная
6	28,8	47,6	23,6	20,2	8,6	легкосуглинистая крупно-пылевато-песчаная
7	42,9	34,3	22,8	32,7	10,2	тяжелосуглинистая пылевато-песчаная
8	45,0	34,0	21	38,2	6,8	тяжелосуглинистая песчано-пылеватая
9	49,0	30,4	20,6	36,8	12,2	тяжелосуглинистая песчано-пылеватая
10	42,0	44,0	14	32,7	9,3	тяжелосуглинистая пылевато-песчаная
11	25,2	47,0	27,8	21,2	4,0	легкосуглинистая крупно-пылевато-песчаная
12	36,4	39,6	24	30,8	5,6	среднесуглинистая пылевато-песчаная
13	27,0	36,6	36,4	21,6	5,4	легкосуглинистая крупно-пылевато-песчаная
14	38,6	34,8	26,6	29,6	9,0	среднесуглинистая пылевато-песчаная
15	42,2	44,5	13,3	36,0	6,2	тяжелосуглинистая пылевато-песчаная
16	45,2	40,6	14,2	38,4	6,8	тяжелосуглинистая пылевато-песчаная
17	41,4	38,8	19,8	36	5,4	тяжелосуглинистая пылевато-песчаная

Таблица 4. Систематический список почв  
Table 4. Systematic list of soils

№ пп	Индекс	Название
1.	$\frac{П_{1Г}^Д}{М}$	Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая на морене
2.	$\frac{П_{16}^Д}{М}$	Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая на морене
3.	$\frac{П_{1Г}^Д}{М} Г$	Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая глееватая на морене
4.	$\frac{П_{1В}^Д}{М} Г$	Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глееватая на морене
5.	$\frac{П_{16}^Д}{М} Г$	Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глееватая на морене
6.	$\frac{П_{16}^Д}{М} Г$	Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая глеевая на морене
7.	$\frac{П_{16}^Д}{МК} Г$	Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая остаточно-карбонатная глееватая на карбонатной морене
8.	$\frac{П_{1В}^Д}{МК} Г$	Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глееватая остаточно-карбонатная на карбонатной морене

Систематический список почв территории обследования представлен в таблице 4. Результаты полевого обследования показали, что почвенный покров изучаемого объекта представлен дерново-слабоподзолистыми почвами суглинистого гранулометрического состава, которые сформировались на моренных отложениях, в том числе и карбонатных. Почвы в большинстве случаев имеют признаки оглеения.

Физико-химические свойства почв исследуемой территории приведены в таблице 5. Результаты исследований свидетельствуют, что все изученные почвы имеют аккумулятивный тип гумусового профиля. Содержание гумуса в них колебалось в пределах от 2,7% до 6,1%, резко снижаясь с глубиной. По данному показателю исследуемые почвы относятся к средне- и высокогумусным. По уровню кислотности они варьируются от среднекислых ( $pH_{KCl}$  4,7) до слабощелочных ( $pH_{KCl}$  7,8). Наибольшие значения  $pH$  солевой вытяжки были выявлены в средней и нижней части профиля дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почв. Величина гидролитической кислотности изменяется в широких пределах 0,4–5,9 ммоль(экв)/100 г., а наименьшие значения ее отмечены в дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почвах.

Таблица 5. Физико-химическая характеристика почв малого опытного поля  
Table 5. Physico-chemical characteristics of the soils of the small experimental field

№ разреза	Горизонт	Глубина	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	Нг, ммоль(экв)/100г
1	A <sub>пах</sub>	0-17	5,3	5,31	3,5
	B <sub>1</sub>	17-30	1,9	5,22	4,6
	B <sub>2g</sub>	30-69	0,8	5,87	3,6
2	A <sub>пах</sub>	1-36	6,1	5,63	3,9
	B <sub>1g</sub>	36-56	0,7	5,86	1,9
	B <sub>2g</sub>	56-69	0,8	5,62	1,1
3	A <sub>пах</sub>	0-36	5,7	5,23	4,5
	B <sub>g</sub>	36-(...)	0,6	5,34	2,6
4	A <sub>пах</sub>	2-31	3,4	5,36	5,9
	A <sub>2B</sub>	37-42	0,6	5,15	4,0
	B <sub>g</sub>	42-99	0,4	5,93	1,5
5	A <sub>пах</sub>	2-36	4,4	5,36	1,5
	B <sub>g</sub>	37-58	0,8	5,31	1,7
6	A <sub>1</sub>	2-20	3,8	5,53	1,7
	B	20-38	0,6	5,72	1,2
7	A <sub>пах</sub>	2-50	3,2	5,47	3,1
	A <sub>2B</sub>	50-68	0,4	5,87	3,5
	B	68-90	0,3	5,75	2,7
8	A <sub>пах</sub>	2-40	3,8	5,48	2,0
	A <sub>2B</sub>	40-55	0,6	5,44	1,1
	B <sub>g</sub>	55-95	0,5	6,85	0,7
9	A <sub>пах</sub>	2-38	4,2	5,77	1,9
	B <sub>g</sub>	38-	0,4	6,48	0,8
10	A <sub>пах</sub>	2-30	4,4	5,94	1,5
	B <sub>g</sub>	30-62	0,9	7,76	0,4
11	A <sub>пах</sub>	2-31	2,5	4,91	3,9
	A <sub>2Bg</sub>	31-47	0,4	4,73	2,5
	B <sub>g</sub>	47-101	0,7	5,82	2,9
12	A <sub>пах(1)</sub>	2-25	3,1	5,18	2,8
	A <sub>пах(2)</sub>	25-36	4,3	5,37	2,8
	A <sub>2B</sub>	36-66	0,3	5,23	2,7
	B	66-91	0,6	6,45	1,0
13	A <sub>пах</sub>	2-48	2,8	5,44	3,5
	B <sub>g</sub>	48-77	0,9	5,32	3,2
14	A <sub>пах</sub>	2-29	3,1	5,34	3,6
	B <sub>g</sub>	29-61	0,5	5,63	5,8
15	A <sub>пах</sub>	0-28	2,9	4,67	4,9
	A <sub>2B</sub>	28-45	1,6	5,35	4,0
	B <sub>g</sub>	45-82	0,6	5,52	1,7
16	A <sub>пах</sub>	2-26	2,7	5,21	4,9
	B <sub>1g</sub>	26-38	0,9	5,09	2,3
	B <sub>2g</sub>	38-62	0,5	5,19	1,7
17	A <sub>пах</sub>	2-43	3,1	5,35	5,5
	BG	43-	0,5	5,59	2,9

Таблица 6. Содержания подвижных соединений фосфора и калия  
в гумусовых горизонтах изучаемых почв, мг/кг

Table 6. The content of mobile phosphorus and potassium compounds in the humus horizons  
of the studied soils, mg/kg

№ разреза	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	3484 ± 160	297 ± 13
2	2657 ± 131	194 ± 7
3	3846 ± 177	119 ± 5
4	3848 ± 145	181 ± 9
5	11446 ± 561	123 ± 5
6	435 ± 24	134 ± 7
7	3677 ± 134	130 ± 5
8	742 ± 32	142 ± 6
9	1490 ± 71	242 ± 11
10	2315 ± 123	184 ± 9
11	818 ± 42	74 ± 3
12	2817 ± 138	194 ± 9
13	1574 ± 72	158 ± 7
14	1140 ± 56	109 ± 5
15	1569 ± 74	126 ± 6
16	3239 ± 181	143 ± 6
17	2198 ± 108	186 ± 8

Результаты содержания подвижных соединений фосфора и калия в почвах малого опытного поля представлены в таблице 6. Содержание фосфора сильно варьирует по территории обследования – 435–11446 мг/кг, однако по уровню обеспеченности относится к градации очень высокого содержания.

Обменный калий варьирует в пределах 123–297 мг/кг, а по уровню обеспеченности от повышенного до очень высокого.

С помощью программы QGIS нами создана база данных малого опытного поля. При выделении конкретного объекта в программе появляется таблица атрибутов, в которой представлена вся информация по нему: тип почвы, гумусированность, рН<sub>КС</sub>, гидролитическая кислотность, содержание обменных катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия (рисунок 3).

На следующем этапе была создана карта рельефа изучаемого объекта, полученного с сервиса Google Earth Pro на основе радарной топографической съёмки, проведенной в феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы. Визуализация рельефа, снятого с портала Google Earth Pro, проводилась нами с помощью сервиса GPSVisualizer. Результаты этой работы представлены на рисунке 4.

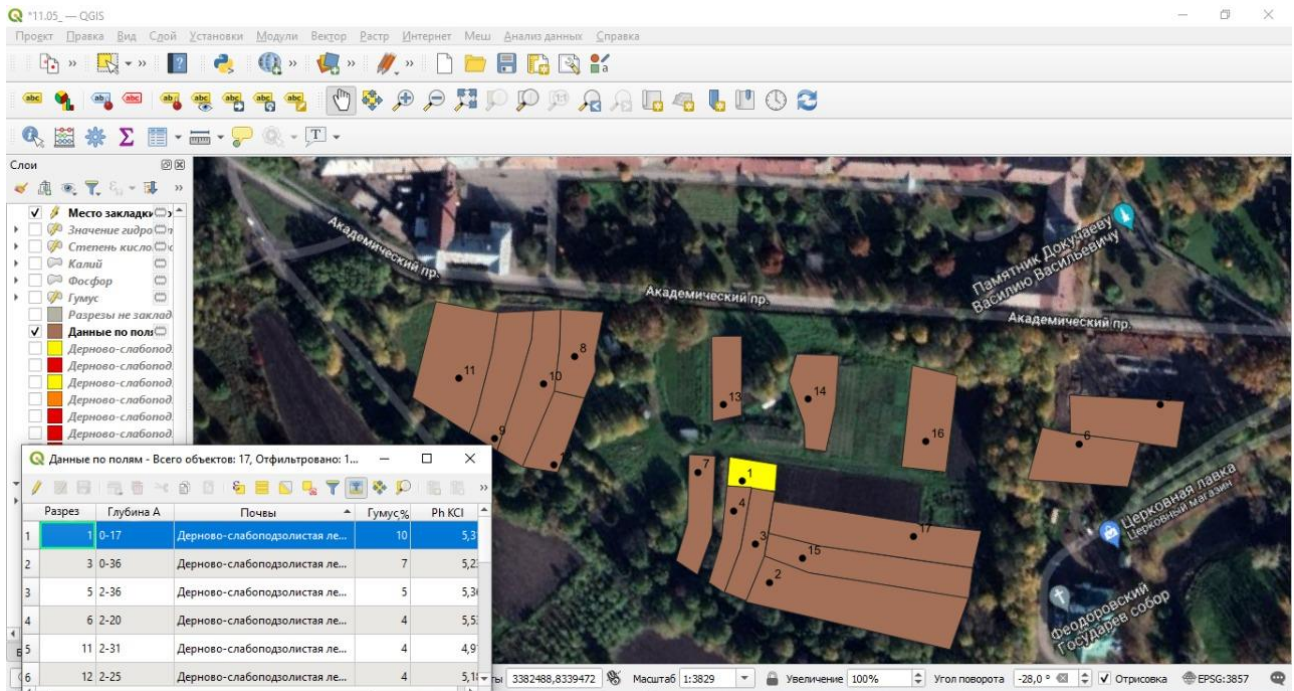


Рисунок 3. Создание базы данных о полях малого опытного поля  
Figure 3. Creation of a database on fields of a small experimental field

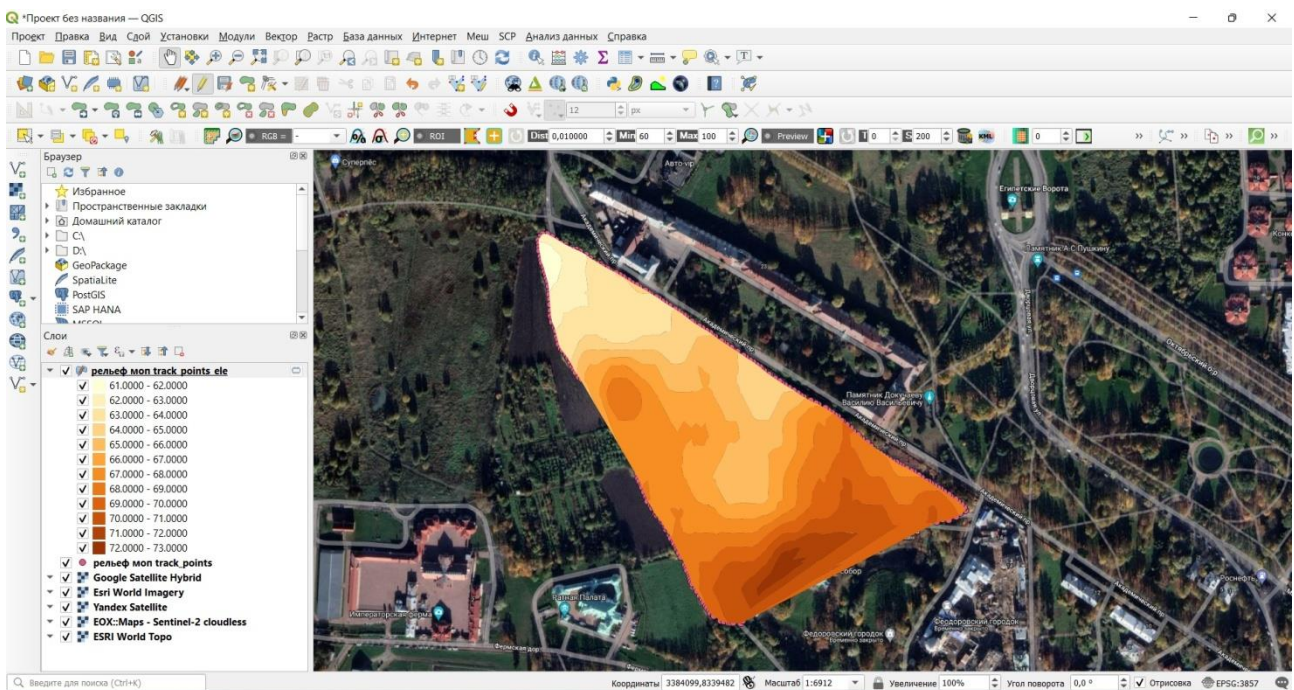
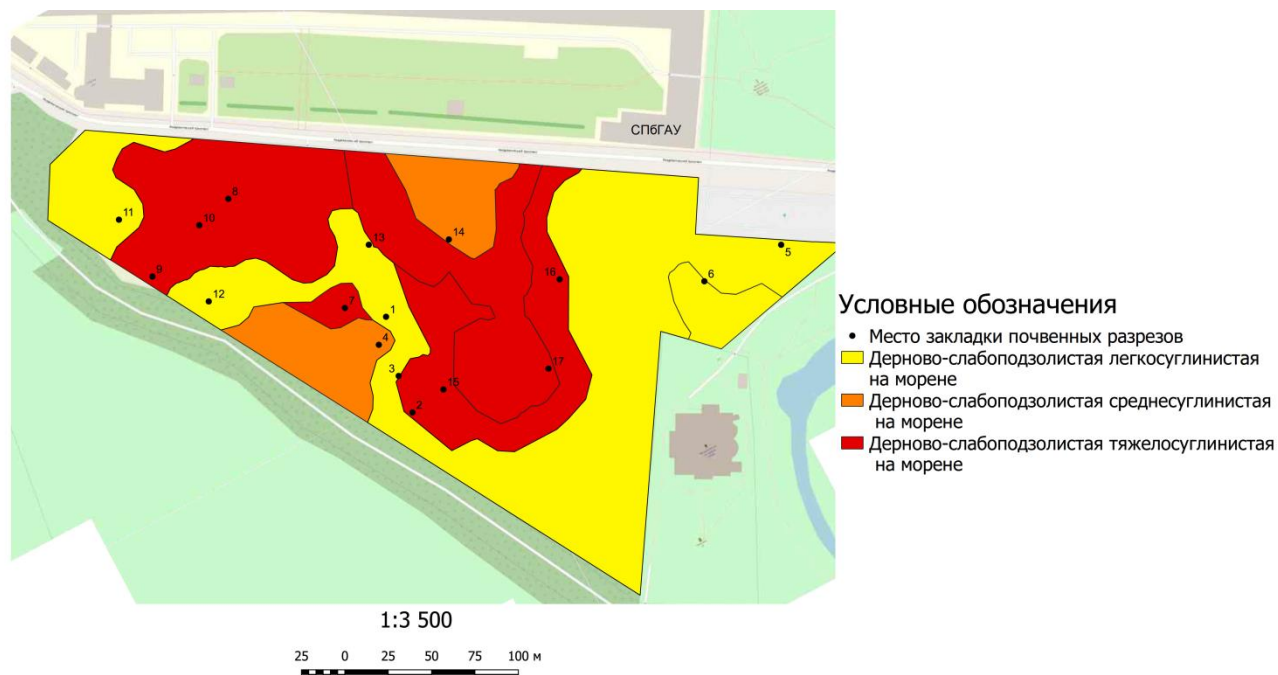


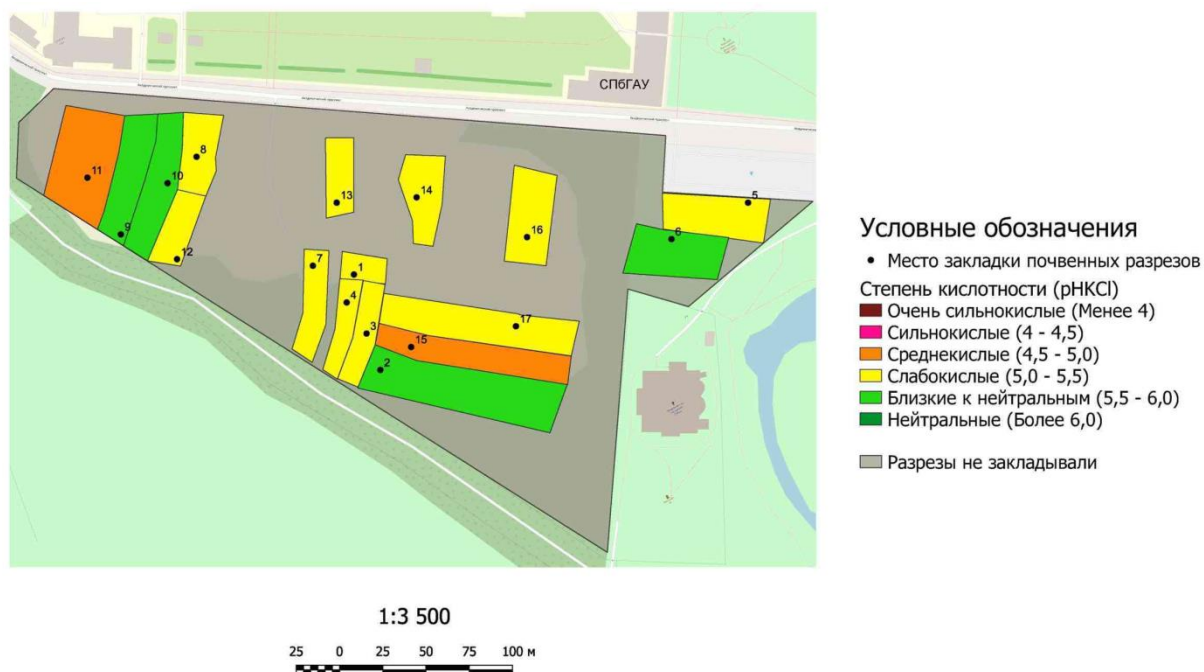
Рисунок 4. Создание карты рельефа в программе QGIS  
Figure 4. Creating a relief map in the QGIS program

Как видно из рисунка 4, рельеф малого опытного поля не однороден. Колебания высот составили от 61 м до 73 м над уровнем моря. При этом, наиболее возвышенная часть его находится на юго-востоке территории. Северо-западная часть, напротив, имеет заметное понижение.

Использование ГИС позволяет не только хранить и анализировать информацию, но также визуализировать её (рисунки 5 и 6).



**Рисунок 5. Почвенная карта малого опытного поля СПбГАУ**  
**Figure 5. Soil map of the small experimental field of SPbSAU**



**Рисунок 6. Картограмма обменной кислотности по показателю pH<sub>KCl</sub>**  
**Figure 6. Cartogram of metabolic acidity by pH<sub>KCl</sub>**

С помощью программы QGIS разработаны почвенная карта (рисунок 5) и агрохимические картограммы. На рисунке 6 для примера приведена картограмма обменной кислотности по показателю рН<sub>КС1</sub>.

**Выводы.**

1. В результате почвенного обследования территории выявлено, что почвы малого опытного поля относятся к дерново-подзолисто-му типу. В результате сельскохозяйственного использования почвенный профиль утратил подзолистый горизонт. Гумусово-элювиальный горизонт сразу сменяется иллювиальным, который практически во всех случаях имеет признаки оглеения.

2. Материнские породы представлены моренными суглинками. В западной части изучаемого объекта обнаружен выход карбонатов, на которых сформировались дерново-подзолистые остаточно-карбонатные почвы.

3. Гранулометрический состав исследуемых почв варьируется от легкосуглинистых до тяжелосуглинистых, в составе которых преобладают песчаная и пылеватая фракции, колеблющиеся в пределах от 30,4% до 47,6% и от 20,2% до 38,4 % соответственно.

4. Почвы малого опытного поля имеют аккумулятивный неполноразвитый тип гумусового профиля, содержание гумуса в которых колеблется в пределах от 2,7% до 6,1 %, резко снижаясь с глубиной. По содержанию гумуса исследуемые почвы относятся к средне- и высокогумусным.

5. По уровню кислотности исследуемые почвы варьируются от среднекислых (рН<sub>КС1</sub> 4,7) до слабощелочных (рН<sub>КС1</sub> 7,8). Наибольшие значения рН солевой вытяжки были выявлены в средней и нижней части профиля дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почв. Величина гидролитической кислотности изменяется в пределах 0,43–5,95 ммоль(экв)/100 г, наименьшие значения которой были выявлены в дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почвах.

6. Содержание фосфора сильно варьируется по территории обследования – 435–11446 мг/кг, однако по уровню обеспеченности относится к градации очень высокого содержания. Обменный калий варьируется в пределах от 123 мг/кг до 297 мг/кг, а по уровню обеспеченности от повышенного до очень высокого.

7. С помощью программы QGIS проведена оцифровка рельефа малого опытного поля, создана база данных отдельных полей, включающая такую информацию, как тип почвы, гумусированность, рН<sub>КС1</sub>, гидролитическая кислотность, обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия. На основе имеющейся геоинформации проведена визуализация данных в виде почвенной карты и агрохимических картограмм.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Saljnikov E., Eulenstein F., Lavrishchev A.V. et al. Understanding Soils: Their Functions, Use And Degradation / Advances in Understanding Soil Degradation. Cham, 2022. С. 1-42. DOI: 10.1007/978-3-030-85682-3\_1.
2. Saljnikov E., Mirschel W., Prasuhn V. et al. Types of Physical Soil Degradation and Implications for Their Prevention and Monitoring // Advances in Understanding Soil Degradation. – Cham : Springer Nature, 2022. – P. 43-73. – DOI 10.1007/978-3-030-85682-3\_2.
3. Perekopsky A.N., Smelik V.A., Zakharov A.M. Prerequisites and effectiveness of the introduction of precision farming elements in the sowing of grain crops in the Leningrad region // BIO Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “VAVILOV

READINGS-2023” (VVRD 2023). Volume 67 (2023), Saratov, 25–26 мая 2023 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 02015. – DOI 10.1051/bioconf/20236702015.

4. Смелик В.А., Фомин С.Д., Захаров А.М., Перекопский А.Н. Эффективность применения системы точного земледелия при предпосевной обработке почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Волгоградский ГАУ - 2023, № 4, С. 441-449. DOI 10.32786/2071-9485-2023-04-44.

5. Шаймерденова А.К. Геоинформационные системы как инновационный метод увеличения продуктивности земель сельхозназначения // Проблемы агрорынка. 2023. № 3. С. 211-219. DOI: 10.46666/2023-3.2708-9991.21

6. Smyslova O.Y., Bashlykov T.V., Osipova I.V., Lakomova D.V. Monitoring features of the spatial development of Russia using geoinformation systems // International Research Journal. 2020. № 6-4 (96). С. 98-102. DOI: 10.23670/IRJ.2020.96.6.131.

7. Хмелев Д.В. Геоинформационные системы как инструмент цифровизации сельского хозяйства // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 1.

8. Лаврищев А.В., Клятышева А.И. Почвы учебно-опытного сада Санкт-Петербургского государственного аграрного университета // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1(62). – С. 101-112. DOI: 10.24412/2078-1318-2021-1-101-112.

9. Клятышева А.И., Лаврищев А.В. Использование геоинформационных систем при изучении почвенного покрова учебно-опытного сада СПбГАУ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(69). – С. 101-113. DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-101-113.

10. Лаврищев, А.В., Крамер А.Д., Клятышева А.И. Использование беспилотных летательных аппаратов и геоинформационных систем для картографирования почвенного покрова территории // Zemljiste i Biljka. – 2024. – Т. 73, № 1. – С. 88-109. DOI: 10.5937/ZemBilj2401084L.

## REFERENCES

1. Saljnikov E., Eulenstein F., Lavrishchev A.V. et al. (2022), «Understanding Soils: Their Functions, Use And Degradation» / *Advances in Understanding Soil Degradation*. Cham, 2022. pp. 1-42. DOI: 10.1007/978-3-030-85682-3\_1.

2. Saljnikov E., Mirschel W., Prasuhn V. et al. (2022), Types of Physical Soil Degradation and Implications for Their Prevention and Monitoring // *Advances in Understanding Soil Degradation*. – Cham : Springer Nature, 2022. – P. 43-73. – DOI 10.1007/978-3-030-85682-3\_2.

3. Perekopsky A.N., Smelik V.A., Zakharov A.M. (2023), «Prerequisites and effectiveness of the introduction of precision farming elements in the sowing of grain crops in the Leningrad region» // *BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference “VAVILOV READINGS-2023” (VVRD 2023)*. Volume 67, Saratov, 25–26 мая 2023 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 02015. – DOI 10.1051/bioconf/20236702015.

4. Smelik V.A., Fomin S.D., Zakharov A.M., Perekopsky A.N. (2023), «Prerequisites for the introduction of elements of precision agriculture in pre-sowing tillage» // *Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex. Volgograd State Agrarian University*, No. 4, pp. 441-449. DOI 10.32786/2071-9485-2023-04-44 (in Rus).

5. Shaimerdenova A.K. (2023), «Geoinformation systems as an innovative method of increasing agricultural land productivity» // *Problems of the agricultural market*, No. 3. pp. 211-219. DOI: 10.46666/2023-3.2708-9991.21 (in Rus).

6. Smyslova O.Y., Bashlykov T.V., Osipova I.V., Lakomova D.V. (2020), «Monitoring features of the spatial development of Russia using geoinformation systems» // *International Research Journal*. 2020. No. 6-4 (96). pp. 98-102. DOI: 10.23670/IRJ.2020.96.6.131.

7. Khmelev D.V. (2021), «Geoinformation systems as a tool for digitalization of agriculture» // *Nauka and Education*. Vol. 4. No. 1. (in Rus).

8. Lavrishchev A.V., Klyatysheva A.I. (2021), «Soils of the educational and experimental garden of St. Petersburg State Agrarian University» // *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. № 1(62), pp. 101-112. DOI: 10.24412/2078-1318-2021-1-101-112 (in Rus).

9. Klyatysheva A.I., Lavrishchev A.V. (2022), «The use of geoinformation systems in the study of soil cover of the SPbSAU educational and experimental garden» // *Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University*. № 4(69). pp. 101-113. 10.24412/2078-1318-2022-4-101-113 (in Rus).

10. Lavrishchev, A.V., Kramer A.D., Klyatysheva A.I. (2024), «The use of unmanned aerial vehicles and geoinformation systems for mapping the soil cover of the territory» // *Zemljiste i Biljka*. Vol. 73, No. 1. ppS. 88-109. DOI: 10.5937/ZemBilj2401084L (in Rus).

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Антон Викторович Лаврищев**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой 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/0000-0003-3086-2608>; SPIN-код: 8244-8422; AuthorID: 644987; Scopus Author ID: 8092917000; ResearcherID: AAD-9684-2022; e-mail: av.lavrishchev@yandex.ru

**Клятышева Анастасия Ильинична**, ассистент 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; <http://orcid.org/0000-0002-6242-8323>; SPIN-код: 7582-1329; AuthorID: 1103799; aklyatisheva@mail.ru

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anton V. Lavrishchev**, Doc. Sci (Agric), Associate Professor, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint- Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0000-0003-3086-2608>; SPIN-код: 8244-8422; AuthorID: 644987; Scopus Author ID: 8092917000; ResearcherID: AAD-9684-2022; e-mail: av.lavrishchev@yandex.ru

**Anastasia I. Kliatysheva**, Assistant of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint- Petersburg State Agrarian University"; <http://orcid.org/0000-0002-6242-8323>; SPIN-код: 7582-1329; AuthorID: 1103799; aklyatisheva@mail.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><b>Конфликт интересов.</b> Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p><b>Conflict of interest.</b> The authors declare no conflict of interest.</p>

Поступила в редакцию / Received 26.11.2024  
Поступила после рецензирования / Revised 18.02.2025  
Принята к публикации / Accepted 03.03.2025

Научная статья/Original article

УДК: 631.51.01.633.367

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-26-35

## ВЛИЯНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ РИЗОБАКТЕРИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Р. Проценко<sup>id</sup>✉, А.Н. Кононенко<sup>id</sup>

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉daraprotsenko@gmail.com

**Реферат.** В статье представлены результаты опытов 2023–2024 гг. на люпине узколистном (*Lupinus angustifolius* L.) в условиях Ленинградской области. Люпин может выступать в роли основной культуры энергосберегающей системы земледелия, так как его урожай в минимальной степени зависит от минеральных удобрений. Представляет интерес изучение потенциала урожайности люпина узколистного через интродукцию в почвенную экосистему штаммов ассоциативных ризобактерий, обладающих комплексом полезных свойств. Материал для исследований: *Rhizobium lupini*, (ПБТ-12) – штамм клубеньковых азотфиксирующих бактерий, 3 штамма ризобактерий *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7, SB, SR) препарата Ризобакт компании ООО «Петербургские Биотехнологии». Для почвенно-климатических условий Ленинградской области наиболее пригодный вид люпина – люпин узколистный. Для закладки опыта использовали семена нового сидерального сорта люпина узколистного – Фламинго. Действие штаммов определяли по оценке продуктивности семян и зеленой массы. Годы проведения исследований были различны по погодно-климатическим условиям. Температура как в 2023, так и в 2024 гг. значительно превысила среднемноголетние данные. В июне 2024 г., в отличие от засушливого лета 2023 года, выпало достаточное количество осадков, а в июле и августе количество осадков значительно превысило среднемноголетние показатели. Наблюдалась сильная зависимость урожайности зеленой массы и семян от режима осадков. По развитию зеленой массы, в среднем по годам, лучше всего себя проявили штамм SB и совместное применение клубеньковых бактерий штамма *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) и *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7): урожайность превышала контроль в среднем на 35%. Для получения урожая семян люпина узколистного не рекомендуется инокуляция данными штаммами, так как отмечено отрицательное или незначительное влияние на семенную продуктивность.

**Ключевые слова:** люпин узколистный, ризосферные бактерии, Ризобакт, зернобобовые культуры, сидераты

**Для цитирования:** Проценко, Д.Р., Кононенко, А.Н. Влияние ассоциативных ризобактерий на урожайность люпина узколистного в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С. 26–35. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-26-35.

**Благодарности.** Выражаем искреннюю благодарность коммерческому директору научно-производственной компании ООО «Петербургские Биотехнологии» Попову Александру Анатольевичу за любезно предоставленные микробиологические препараты.

THE EFFECT OF ASSOCIATIVE RHIZOBACTERIA ON THE YIELD  
OF NARROW-LEAVED LUPINE IN THE LENINGRAD REGIOND.R. Protsenko  , A.N. Kononenko Saint-Petersburg State Agrarian University  
Pushkin, Saint-Petersburg, Russia  
 daraprotsenko@gmail.com

**Abstract.** The article reports on the findings of experiments carried out in 2023 and 2024 involving the narrow-leaved lupine plant (*Lupinus angustifolius* L.) in the Leningrad region. Lupin has the potential to become a key crop in a sustainable farming system due to its low reliance on mineral fertilisers for productivity. Therefore, it is of interest to investigate the yield potential of narrow-leaved lupines by introducing strains of beneficial associative rhizobial bacteria into the soil ecosystem. The research material comprised *Rhizobium lupini* strain PBT-12, a nodular nitrogen-fixing bacterium, and three *Rhinebacterium* strains (PBT-7, SB, and SR), obtained from the Rizobact product manufactured by St. Petersburg-based Biotechnologies LLC. Based on the soil and climatic conditions in the Leningrad region, the optimal variety for cultivation was narrow-leaved lupin. The seeds of a new siderate variety of narrow-leaved lupin called Flamingo were used for the experiment. The impact of the bacterial strains on seed and green mass productivity was assessed. The years of study differed in weather and climatic conditions. Both 2023 and 2024 were characterized by temperatures significantly exceeding the average annual values. In contrast to the arid summer of 2023, sufficient precipitation fell in June of 2024, with significant excess in July and August compared to the average. There was a strong correlation between the yields of green mass and seeds and precipitation patterns. Over time, the most successful outcomes have been achieved with the use of the SB strain, coupled with the combination of *Rhizobium lupini* nodule bacteria (PBT-12) and *Corynebacterium* sp. (PBT-7). The yield surpassed the control by an average of 35%. However, it should be noted that inoculating with these strains may not be advisable for the cultivation of narrow-leaved lupin crops, as it can have a detrimental or negligible impact on seed productivity.

**Keywords:** narrow-leaved lupine, rhizospheric bacteria, Rizobact, grain legume crops, green manure crops

**For citation:** Protsenko, D.R. and Kononenko, A.N. (2025), “The effect of associative rhizobacteria on the yield of narrow-leaved lupine in the Leningrad region”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no 79, pp. 26–35 (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-26-35.

**Acknowledgments.** We express our sincere gratitude to Alexander A. Popov, Commercial Director of the scientific and production company St. Petersburg Biotechnologies LLC, for kindly providing microbiological preparations.

**Введение.** В последние годы в нашей стране и во всем мире стал усиливаться интерес к биологизации растениеводства, так как высокие темпы интенсификации сельского хозяйства, постоянно возрастающие дозы минеральных удобрений и высокая пестицидная нагрузка сильно обострили экологическую обстановку. При всем при этом постоянно растут цены на технику и энергоносители, удобрения, пестициды побуждают сельхозтоваропроизводителей переходить на энергосберегающие технологии в производстве. Люпин может выступить в роли основной культуры энергосберегающей

системы земледелия, так как его урожай в минимальной степени зависит от минеральных удобрений, но при этом он способен давать дешевый высококачественный белок. Для почвенно-климатических условий Ленинградской области наиболее пригодный вид люпина – люпин узколистый [1].

Этот вид люпина при урожае 30 т/га зеленой массы может накапливать в почве до 170 кг азота, 30 кг фосфора и 95–105 кг калия [2].

Нетребовательность к почве люпина объясняется биологическими особенностями культуры. Глубоко проникающая стержневая корневая система способна усваивать промытые в более глубокие почвенные горизонты минеральные вещества, в том числе калий и другие макро- и микроэлементы, накапливая их в своей биомассе, при заделке сидерата или пожнивных остатков эти вещества возвращаются в пахотный горизонт. Важным элементом является то, что его корневая система способна с помощью специальных выделений растворять труднорастворимые фосфорные соединения, которые не доступны для других культур, и накапливать в почве усвояемые формы фосфора. Кроме того, алкалоиды, содержащиеся в запахиваемой зеленой массе люпина, оказывают обеззараживающее воздействие на почву, в результате чего значительно уменьшается поражение болезнями и вредителями последующих культур [3]. При его заделке на сидерат неоднократно отмечалось положительное влияние на повышение активности почвенной микрофлоры, особенно на почвах с низким содержанием гумуса [4, 5]. Также люпин обладает наивысшей азотфиксирующей способностью среди однолетних бобовых культур, а при его инокуляции культурными штаммами клубеньковых бактерий может увеличивать выход азота в 2 раза [6].

Бобово-ризобияльное сообщество – один из наиболее известных примеров сбалансированного фитомикробиома, в котором клубеньковые бактерии, как естественные симбионты бобовых растений, обеспечивают последних дополнительным азотом. Некоторые штаммы ассоциативных ризобактерий обладают таким ростостимулирующим свойством, как увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур посредством синтеза фитогормонов [7], но не ясно какой результат окажет применение биологических препаратов с этими штаммами на естественных (природных) связях растение-микроб [8]. Поэтому представляет интерес изучение потенциала урожайности люпина узколистного через интродукцию в почвенную экосистему микроорганизмов, обладающих комплексом полезных свойств.

**Цель исследования** – оценить влияние некоторых штаммов ассоциативных ризобактерий на урожайность семян и зеленой массы люпина узколистного в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Полевой эксперимент по изучению действия штаммов ассоциативных ризобактерий был проведен в 2023 и 2024 годах. В качестве объектов исследования были использованы 4 штамма: *Rhizobium lupini* (штамм ПБТ-12) – штамм клубеньковых азотфиксирующих бактерий, 3 штамма ризобактерий *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7, SB, SR) препарата Ризобакт компании ООО «Петербургские Биотехнологии».

Для закладки опыта использовали семена нового сидерального сорта люпина узколистного – Фламинго, включенного в реестр в 2023 г. [9]. Инокуляция семян люпина проводилась перед посевом препаратом Ризобакт (марка к.ж.ф.) – *Rhizobium sp.* (*Rhizobium lupini*, штамм ПБТ-12) (0,1 л/т) и Ризобакт (марка р.ж.ф.) – *Corynebacterium sp.* (1

Стандартный – Штамм ПБТ-7, 2) выделенный из корней сои – штамм SB, 3), выделенный из корней фасоли – штамм SR. (0,1 л/т.) Действие штаммов определяли по оценке продуктивности семян и зеленой массы люпина узколистного.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений, без инокуляции); 2. N<sub>20</sub> (селитра аммиачная); 3. *Rhizobium lupini* (штамм ПБТ-12); 4. *Corynebacterium sp.* (штамм ПБТ-7); 5. *Corynebacterium sp.* (штамм SB); 6. *Corynebacterium sp.* (штамм SR); 7. *Rhizobium lupini* (штамм ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (штамм ПБТ-7); 8. *Rhizobium lupini* (штамм ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (штамм SB); 9. *Rhizobium lupini* (штамм ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (штамм SR).

Посев опыта осуществлялся в конце первой декады мая. Размещение вариантов систематическое, размер делянки 21м<sup>2</sup> (10,5 м<sup>2</sup> на зерно, 10,5 м<sup>2</sup> на сидерат), повторность 4-х кратная. Норма высева – 1,2 млн всхожих семян на га. Учеты зеленой массы проводились в конце фазы сизых бобов – начало фазы блестящего боба (17 и 22 июля), сразу после проведения учетов проводилась заделка на сидерат. Учеты урожайности семян проводились в фазу полной спелости при созревании 80–90% бобов центральных кистей во второй декаде августа, после учетов – сбор урожая методом прямого комбайнирования.

**Условия проведения исследований.** Сумма температур и количество осадков за вегетацию люпина узколистного в годы исследований приведены по данным метеостанции ФГБОУ ВО СПбГАУ (Санкт-Петербург, г. Пушкин) (рисунок 1, 2). В 2023 и 2024 гг. средняя температура значительно превысила среднеголетние показатели. По количеству выпавших осадков 2023 г. был засушливый, что значительно повлияло на формирование вегетативной массы растений, а 2024 г. по влажности соответствовал среднеголетним показателям, что позволило растениям получить необходимую влагу в период активного роста. Посев производился в конце первой декады мая, при этом в 2023 г. температурные условия соответствовали среднеголетним показателям, а в 2024 году наблюдались небольшие заморозки до -1<sup>0</sup>С в день посева.

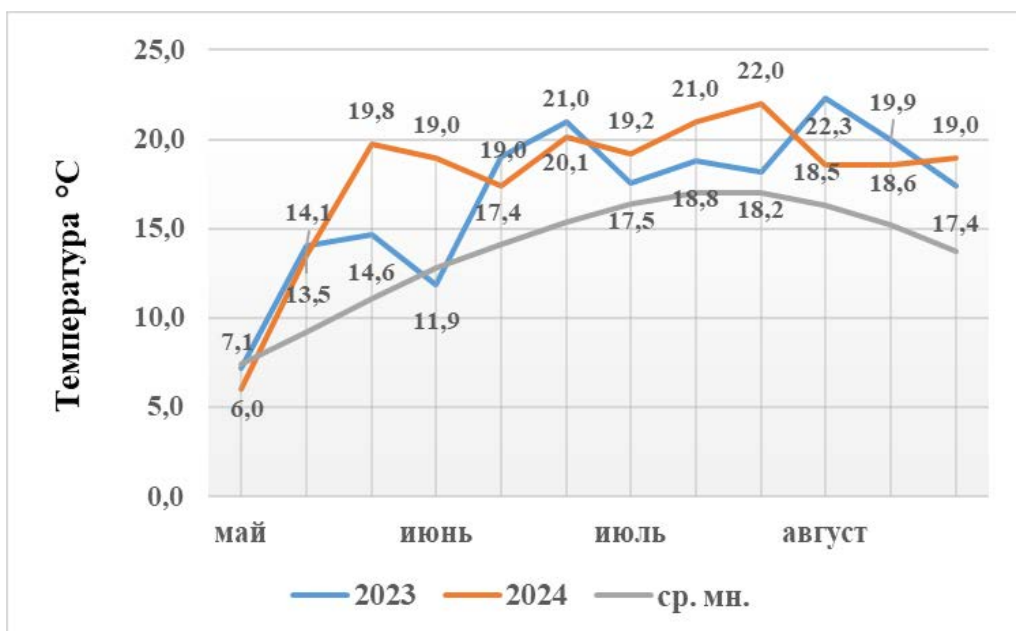


Рисунок 1. Температурный режим в период вегетации люпина, 2023–2024 гг.  
Picture 1. Temperature regime during the growing season of lupine, 2023–2024

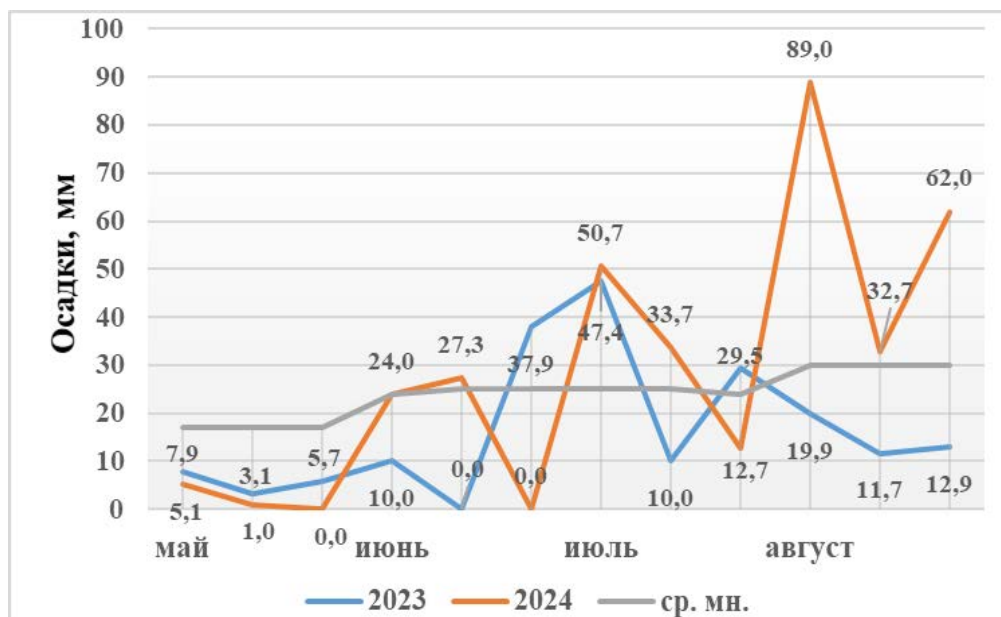


Рисунок 2. Режим осадков в период вегетации люпина, 2023-2024 гг.  
Picture 2. Precipitation regime during the growing season of lupine, 2023-2024

**Результаты исследования.** После статистической обработки экспериментальных данных было обнаружено, что данные значительно варьируют в разных сезонах возделывания. Во второй декаде июля в фазу блестящих бобов проводился учет урожайности зеленой массы (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность зеленой массы люпина узколистного, т/га (2023-2024)  
Table 1. Yield of green mass of narrow-leaved lupine, t/ha (2023-2024)

Вариант	Год исследований						Среднее значение за годы исследования т/га
	2023			2024			
	урожайность, т/га	прибавка к контролю		урожайность, т/га	прибавка к контролю		
т/га		%	т/га		т/га	%	
1. Контроль	4,8±0,2	–	–	7,4±0,1	–	–	6,1
2. N (20)	5,5±0,1	0,7	14,6	5,9±0,3	–1,5	–20,3	5,7
3. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12)	5,8±0,2	1,0	20,8	5,4±0,1	–2,0	–27,0	5,6
4. <i>Corynebacterium sp.</i> (ПБТ-7)	5,5±0,5	0,7	14,6	7,1±0,4	–0,3	–4,1	6,3
5. <i>Corynebacterium sp.</i> (SB)	7,3±0,4	2,5	52,1	9,0±0,8	1,6	21,6	8,2
6. <i>Corynebacterium sp.</i> (SR)	4,7±0,8	–0,1	–2,1	9,5±0,1	2,1	28,4	7,1
7. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (ПБТ-7)	5,9±0,3	1,1	22,9	10,4±0,1	3,0	40,5	8,2
8. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (SB)	5,7±0,7	0,9	18,6	9,6±0,2	2,2	29,7	7,7
9. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (SR)	6,9±0,1	2,1	43,6	10,2±0,2	2,8	37,8	8,6
НСР <sub>05</sub>	0,57			0,47			

Урожайность зеленой массы люпина в 2023 и 2024 гг. напрямую зависела от количества выпавших осадков и составила в контрольных вариантах 4,8 и 7,4 т/га. В засушливый год применение под посев аммиачной селитры дало небольшую прибавку в 14,6 % к контролю, но при достаточном увлажнении применение удобрения повлияло угнетающе на растение и урожайность снизилась на 20,3%. Это связано с тем, что внесение минерального азота может сдерживать образование клубеньков [10]. Почти тот же результат был получен при применении препарата, содержащего клубеньковые бактерии. Можно предположить, что данный штамм не совсем подходит для сорта Фламинго, так как в 2023 г. была получена прибавка к урожаю в 20,8%, однако в 2024 г. урожай снизился на 27%. В следствии достаточного увлажнения, штамм *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) не смог конкурировать с естественной почвенной микробиотой. В 2023 г. штамм *Corynebacterium sp.* (SR) показал результат на уровне контроля, в остальных вариантах опыта была отмечена прибавка урожая на 14,6% – *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7), 52,1% – *Corynebacterium sp.* (SB), 22,9% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7), 18,6% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (SB), 43,6% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (SR). В 2024 г. распределение по вариантам немного отличается: штамм *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7) показал себя на уровне контроля. Во всех остальных вариантах с ассоциативными ризобактериями урожайность зеленой массы увеличилась на 21,6% – *Corynebacterium sp.* (SB), 28,4% – *Corynebacterium sp.* (SR), 40,5% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7), 29,7% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (SB), 37,8% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (SR).

При созревании 80–90% бобов центральных кистей во второй декаде августа проводился учет урожайности семян (таблица 2) и массы 1000 семян (таблица 3).

**Таблица 2. Урожайность семян люпина узколистного, т/га (2023–2024 гг.)**  
**Table 2. Yield of narrow-leaved lupine seeds, t/ha (2023–2024)**

Вариант	Год исследований						Среднее значение за годы исследования
	2023			2024			
	урожайность, т/га	прибавка к контролю		урожайность, т/га	прибавка к контролю		
т/га		%	т/га		т/га	%	
1. Контроль	1,38± 0,01	–	–	0,97± 0,003	–	–	1,18
2. N (20)	1,10± 0,11	–0,28	–20,3	0,81± 0,002	–0,16	–16,5	0,95
3. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12)	1,45± 0,01	0,07	5,1	0,75± 0,002	–0,22	–22,7	1,10
4. <i>Corynebacterium sp.</i> (ПБТ-7)	1,04± 0,01	–0,34	–24,6	0,69± 0,003	–0,28	–28,7	0,87
5. <i>Corynebacterium sp.</i> (SB)	1,11± 0,01	–0,27	–19,6	0,94± 0,002	–0,03	–3,1	1,02
6. <i>Corynebacterium sp.</i> (SR)	1,36± 0,03	–0,02	–1,5	0,59± 0,001	–0,38	–39,2	0,97
7. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (ПБТ-7)	1,33± 0,01	–0,05	–3,6	0,73± 0,001	–0,24	–24,7	1,03

Продолжение таблицы 2

8. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (SB)	1,04± 0,04	-0,34	-24,6	0,82± 0,001	-0,15	-15,5	0,93
9. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (SR)	1,13± 0,01	-0,25	-18,1	0,82± 0,001	-0,15	-15,5	0,97
НСР <sub>05</sub>		0,15			0,04		

Таблица 3. Масса 1000 семян в 2023 и 2024 гг.  
Table 3. The mass of 1000 seeds in 2023 and 2024

Вариант	Год исследований						Среднее значение за годы исследования г
	2023			2024			
	масса 1000 семян, г	прибавка к контролю		масса 1000 семян, г	прибавка к контролю		
		г	%		г	%	
1. Контроль	186,18± 4,61	–	–	183,95± 5,4	–	–	185,06
2. N (20)	181,18± 4,15	5,00	-2,69	171,63± 13,63	-12,32	-6,70	176,40
3. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12)	180,65± 8,17	-5,53	-2,97	172,68± 1,92	-11,27	-6,13	176,66
4. <i>Corynebacterium sp.</i> (ПБТ-7)	188,80± 0,69	2,62	1,41	169,60± 1,5	-14,35	-7,8	179,20
5. <i>Corynebacterium sp.</i> (SB)	185,93± 3,11	-0,25	-0,13	180,38± 3,29	-3,53	-1,92	183,15
6. <i>Corynebacterium sp.</i> (SR)	190,83± 2,31	4,65	2,50	178,10± 7,86	-5,85	-3,18	184,46
7. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (ПБТ-7)	192,20± 0,57	6,02	3,23	178,63± 2,1	-5,32	-2,89	185,41
8. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (SB)	180,33± 0,48	-5,85	-3,14	181,23± 2,62	-2,72	-1,48	180,78
9. <i>Rhizobium lupini</i> (ПБТ-12) + <i>Corynebacterium sp.</i> (SR)	188,80± 5,13	2,62	1,41	171,23± 1,6	-12,72	-6,91	180,01
НСР <sub>05</sub>		1,74			1,76		

Люпин узколистный детерминантного типа предпочитает более засушливые условия [11], поэтому урожайность семян в 2023 г. была значительно выше, чем в 2024 г., а разница между контрольными вариантами составила около 30%. В 2023 г. только вариант с клубеньковыми бактериями превысил контроль на 5,1%. На уровне контроля были варианты со штаммами *Corynebacterium sp.* (SR) и *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7), в остальных урожайность снизилась до 25–30%. В 2024 г. штамм *Corynebacterium sp.* (SB) находился на уровне с контролем, остальные варианты ниже контроля: 22,7% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12), 28,7% – *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7), 39,2% – *Corynebacterium sp.* (SR), 24,7% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7), 15,5% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) + *Corynebacterium sp.* (SB) и 15,5% – *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) +

*Corynebacterium sp.* (SR). Потенциальная урожайность Люпина узколистного, по сравнению с реально полученной, может быть гораздо выше, что можно связать с неблагоприятными погодными условиями, стерилизацией некоторых семязачатков до опыления, а также благодаря генетическим и физиологическим факторам [12].

Семена люпина в 2023 г. были более крупными, но значительной разницы между контрольными вариантами не наблюдалось. Масса 1000 семян в 2023 г. у вариантов 2, 3 и 8 была ниже контроля примерно на 2–2,5%. Вариант 5 был на уровне контроля. В вариантах 4, 6, 7 отмечалась прибавка до 3,5% к массе. В 2024 г. варианты 2, 3, 4, 9 были меньше контроля на 6–8%. Варианты 5, 6, 7, 8 – ниже контроля на 2–3%.

В июне 2024 г., в отличие от засушливого лета 2023 г., выпало достаточное количество осадков, а в июле и августе количество осадков значительно превысило среднемноголетние показатели. Таким образом можно установить отрицательную связь между урожайностью семян и количеством выпавших осадков [13].

**Выводы.** В годы исследований наблюдалась сильная зависимость урожайности зеленой массы и семян от режима осадков. По развитию зеленой массы, в среднем по годам, лучше всего себя проявили штамм *Corynebacterium sp.* (SB) и совместное применение клубеньковых бактерий штамма *Rhizobium lupini* (ПБТ-12) и *Corynebacterium sp.* (ПБТ-7): урожайность превышает контроль в среднем на 35%. Однако можно сделать предварительные выводы, что для получения урожая семян люпина узколистного не следует проводить инокуляцию данными штаммами, так как отмечено отрицательное или незначительное влияние на продуктивность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысенко О. Г. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) - сидеральная культура / О. Г. Лысенко // Научные труды по агрономии. – 2019. – № 2(2). – С. 45-50. – EDN MEDBZA.
2. Исаева Е. И. Основная обработка почвы в севообороте с люпином для условий Брянской области / Е. И. Исаева // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – № 3. – С. 12-18. – DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-12-18. – EDN QVAJTD.
3. Вишнякова М.А. Алкалоиды люпина узколистного как фактор, определяющий альтернативные пути использования и селекции культуры / М. А. Вишнякова, А. В. Кушнарёва, Т. В. Шеленга, Г. П. Егорова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 6. – С. 625-635. – DOI 10.18699/VJ20.656. – EDN LKBBXM.
4. Mishchenko Y. Microbiological Activity of Soil Under the Influence of Post-Harvest Siderates / Y. Mishchenko, I. Kovalenko, A. Butenko [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – Vol. 23, No. 4. – P. 122-127. – DOI 10.12911/22998993/146612. – EDN QUQNHT.
5. Lori M. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity - A meta-analysis and meta-regression / M. Lori, S. Symnaczyk, P. Mäder, G. De Deyn, A. Gattinger // PLoS One. - 2017. - Vol. 12, No 7. - P. e0180442. DOI: 10.1371/journal.pone.0180442.
6. Такунов И. П. Люпин в земледелии России / И. П. Такунов; Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно - исследовательский институт люпина. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с. – ISBN 5-85584-123-5. – EDN YXDJVV.
7. Pansyryeva, H. V. Functioning the assimilation apparatus and productivity of plants white lupin / H. V. Pansyryeva // Наукові доповіді НУБіП України. – 2019. – No. 5(81). – P. 4. – DOI 10.31548/dopovidi2019.05.004. – EDN JTBDSH.].
8. Minnebaev L.F. Productivity of legume-rhizobial complex under the influence of growth-stimulating microorganisms / L. F. Minnebaev, E. V. Kuzina, G. F. Rafikova [et al.] // Agricultural

Biology. – 2019. – Vol. 54, No. 3. – P. 481-493. – DOI 10.15389/agrobiolgy.2019.3.481rus. – EDN YKDBAA.

9. Емелев С. А. Сорты люпина узколистного селекции Ленинградского НИИСХ как эффективный сидерат / С. А. Емелев, Е. С. Лыбенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 10(240). – С. 5-11. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-240-10-5-11. – EDN BСУМJD.

10. Слесарева Т. Н. Влияние различных форм минеральных удобрений на азотфиксирующую способность, урожайность и качество зерна люпина белого / Т. Н. Слесарева, Н. М. Зайцева // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 10(199). – С. 23-29. – DOI 10.36718/1819-4036-2023-10-23-29. – EDN ISOADU.

11. Конончук В.В. Агротехнологические аспекты возделывания на зерно гороха и люпина узколистного в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья России / В. В. Конончук, С. М. Тимошенко, В. Д. Штырхунов [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2024. – № 60. – С. 95-108. – EDN QPXMZF.

12. Семенная продуктивность люпина узколистного / Б. Г. Цугкиев, Л. Ч. Гагиева, В. Б. Цугкиева [и др.] // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 2(18). – С. 67-71. – DOI 10.52671/26867591\_2023\_2\_67. – EDN SYVMUB.

13. Леконцева, Т. А. Зависимость урожайности сортов люпина узколистного от погодных условий / Т. А. Леконцева, Е. С. Лыбенко, Л. И. Кузякина // Вестник Вятского ГАУ. – 2022. – № 2(12). – С. 2. – EDN ZBUVMV.

## REFERENCES

1. Lysenko, O. G. (2019) 'Narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) - sideral culture', *Nauchnye trudy po agronomii*, no. 2(2), pp. 45-50, EDN MEDBZA.

2. Isaeva, E. I. (2019) 'Basic tillage in crop rotation with lupin for the conditions of the Bryansk region', *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*, no. 3, pp. 12-18, DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-12-18, EDN QVAJTQ.

3. Vishnyakova, M.A., Kushnareva, A.V., Shelenga, T. V., Egorova, G. P. (2020) 'Alkaloids of narrow-leaved lupin as a factor determining alternative ways of using and breeding crops' *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, vol. 24, no. 6, pp. 625-635, DOI: 10.18699/VJ20.656, EDN LKBBXM.

4. Mishchenko, Y., Kovalenko, I., Butenko, A. [et al.] (2022) 'Microbiological Activity of Soil Under the Influence of Post-Harvest Siderates' *Journal of Ecological Engineering*, vol. 23, no. 4, pp. 122-127, DOI 10.12911/22998993/146612, EDN QUQNHT.

5. Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G., Gattinger, A. (2017) 'Organic farming enhances soil microbial abundance and activity - A meta-analysis and meta-regression' *PLoS One*, vol. 12, no 7, pp. e0180442, DOI: 10.1371/journal.pone.0180442.

6. Takunov, I. P. (1996) *Lyupin v zemledelii Rossii* [Lupin in agriculture of Russia] Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Lupin Research Institute, Bryansk, Pridesenye, Russia. ISBN 5-85584-123-5, EDN YXDJYV.

7. Pantsyreva, H. V. (2019) 'Functioning the assimilation apparatus and productivity of plants white lupin' *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, no. 5(81), pp. 4, DOI 10.31548/dopovidi2019.05.004, EDN JTBDSH.

8. Minnebaev, L. F., Kuzina, E. V., Rafikova, G. F. [et al.] (2019) 'Productivity of legume-rhizobial complex under the influence of growth-stimulating microorganisms' *Agricultural Biology*, vol. 54, no. 3, pp. 481-493, DOI: 10.15389/agrobiolgy.2019.3.481rus, EDN YKDBAA.

9. Emelev, S. A., Lybenko, E. S. (2024) 'Varieties of narrow-leaved lupine of the Leningrad Research Institute of Agricultural Sciences as an effective siderate' *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. No. 10(240), pp. 5-11, DOI: 10.53083/1996-4277-2024-240-10-5-11, EDN BСУМJD.

10. Slesareva, T. N., Zaitseva, N. M. (2023) 'Influence of various forms of mineral fertilizers on nitrogen-fixing ability, yield and quality of white lupin grain' *Vestnik KrasGAU*, no. 10(199), pp. 23-29, DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-23-29, EDN ISOADU.

11. Kononchuk, V.V., Timoshenko, S. M., Shtyrkhunov, V. D. [et al.] (2024) 'Agrotechnological aspects of grain cultivation of peas and narrow-leaved lupine in the changing climate of the Central Non-Chernozem region of Russia' *Zemledelie i selekciya v Belarusi*, no. 60, pp. 95-108, EDN QPXMZF.

12. Tsugkiev, B. G., Gagieva, L. Ch., Tsugkieva, V. B. [et al.] (2023) 'Seed productivity of narrow-leaved lupin' *Izvestiya Dagestanskogo GAU*, no. 2(18), pp. 67-71, DOI:10.52671/26867591\_2023\_2\_67, EDN SYVMUB.

13. Lekontseva, T. A., Lybenko, E. S., Kuzyakina L. I. (2022) 'Dependence of the yield of varieties of narrow-leaved lupine on weather conditions' *Vestnik Vyatskogo GATU*, no. 2(12), pp. 2, EDN ZBUVMV.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Дарья Романовна Проценко**, аспирантка, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <https://orcid.org/0009-0005-6500-9027>; SPIN-код: 3041-6047; [daraprotsenko@gmail.com](mailto:daraprotsenko@gmail.com)

**Анна Николаевна Кононенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <https://orcid.org/0000-0003-0467-3985>; SPIN-код:8511-4163.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Daria R. Protsenko**, postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0009-0005-6500-9027>, SPIN-code: 3041-6047; [daraprotsenko@gmail.com](mailto:daraprotsenko@gmail.com)

**Anna N. Kononenko**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Meadow Farming, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; <https://orcid.org/0000-0003-0467-3985> SPIN-code: 8511-4163.

<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><b>Конфликт интересов.</b> Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p><b>Conflict of interest.</b> The authors declare no conflict of interest.</p>

Поступила в редакцию / Received 24.12.2024  
 Поступила после рецензирования / Revised 29.01.2025  
 Принята к публикации / Accepted 19.02.2025


Научная статья/Original article

УДК 633.1:631.524.86(470.2)

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-36-43

## ПОРАЖЕННОСТЬ БОЛЕЗНЯМИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ БИЛИНДА В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Шпанев  


Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
Пушкин, Санкт-Петербург, Россия  
 ashpanev@mail.ru

**Реферат.** Тритикале, как ценная кормовая культура, имеет большие перспективы для возделывания в Северо-Западном регионе с хорошо развитым животноводством. При этом сельхозпроизводители нуждаются в объективной информации по складывающейся фитосанитарной обстановке и устойчивости районированных сортов к основным болезням. Целью исследований являлась оценка нового сорта озимой тритикале Билинда на пораженность основными болезнями и продуктивность в агроклиматических условиях Ленинградской области. Исследования проводились в Меньковском филиале Агрофизического НИИ в период 2021–2023 гг., сразу после включения сорта Билинда в реестр селекционных достижений, допущенных к возделыванию в Северо-Западном регионе. Опыт с двумя сортами озимой тритикале (Билинда и Немчиновский 56) был заложен на участке поля с длительным возделыванием (10 лет) озимых зерновых культур, что предполагает высокий инфекционный фон возбудителей корневых гнилей и снежной плесени, развитию которой способствует наличие в непосредственной близости лесного массива. По результатам исследований было определено, что в отдельные годы новый сорт Билинда, в сравнении с широко возделываемым сортом Немчиновский 56, характеризовался более сильным поражением растений корневыми гнилями (2021 г. – 57,5 против 50,6%, 2023 г. – 42,5 против 34,4%) и снежной плесенью (2020 г. – 69,8 против 60,2%). В тоже время на протяжении всех трех лет исследований новый сорт отличался более высокой продуктивностью растений (0,60–0,87 против 0,55–0,76 г/колос) и озерненностью колоса (16,3–24,0 против 13,6–20,1 зерен/колос), а также массой зерна, сформированной на единице площади посева (100,4–196,3 против 79,4–176,0 г/м<sup>2</sup>). Низкий уровень урожайности обоих сортов озимой тритикале в опыте указывает на целесообразность предпосевной обработки семян фунгицидами в защите растений от семенной и почвенной инфекции.

**Ключевые слова:** озимая тритикале, сортовая устойчивость, снежная плесень, корневые гнили, структура урожая, Ленинградская область

**Для цитирования:** Шпанев А.М. Пораженность болезнями и продуктивность сорта озимой тритикале Билинда в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С.36–43. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-36-43.

**Благодарности.** Автор статьи благодарит старшего научного сотрудника Ленинградского НИИСХ «Белогорка» (филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха») Л.П. Бекиш за предоставленный семенной материал сорта озимой тритикале Билинда

**DISEASE INFECTION AND PRODUCTIVITY OF WINTER TRITICALE VARIETY BILINDA IN THE CONDITIONS OF THE LENINGRAD REGION**A.M. Shpanev  **All-Russian Institute of Plant Protection,**  
Pushkin, Saint-Petersburg, Russia  
ashpanev@mail.ru

**Abstract.** Triticale, a valuable forage crop, holds great promise for cultivation in the northwestern region, where animal husbandry is well-developed. However, agricultural producers require objective data on the current phyto-sanitary situation and resistance of regional varieties to major plant diseases. The study aimed to evaluate the new winter triticale variety Bilinda in terms of disease incidence and productivity in the agroclimatic conditions of the Leningrad region. The research took place at the Menkovsky branch of the Agrophysical Research Institute from 2021 to 2023 immediately following the registration of the Bilinda variety as an officially approved breeding achievement for cultivation in the North-West region. An experiment was conducted on a field plot with a long-term history of winter crop cultivation (10 years), which implies a significant infectious background of pathogens causing root rot and snow mold. The presence of nearby forests contributes to the development of these diseases. The results of the study revealed that in certain years, the novel Bilinda variety exhibited more severe damage from root rot compared to the widely cultivated Nemchinovsky 56 variety. In 2021, the damage was 57.5% for Bilinda versus 50.6% for Nemchinovsky, and in 2023, it was 42.5% versus 34.4%. Similarly, the snow mold damage in 2020 was 69.8% for Bilinda compared to 60.2% for Nemchinovsky. However, during the entire three-year period of research, Bilinda demonstrated higher plant productivity, ranging from 0.60 to 0.87 g/ear, compared to 0.55-0.76 for Nemchinovsky. Additionally, the grain yield per ear was higher, ranging from 16.3 to 24.0 grains/ear for Bilinda, compared to 13.6-20.1 for Nemchinovsky. Furthermore, the weight of grain produced per unit area was also greater, ranging from 100.4 to 196.3 g/m<sup>2</sup> for Bilinda, compared to 79.4-176.0 for Nemchinovsky.. The suboptimal yield performance of both winter triticale cultivars in the experimental setting underscores the rationale for implementing pre-sowing treatment of seeds with fungicides as a strategy to safeguard plants against seed-borne and soil-borne pathogens.

**Keywords:** winter triticale, varietal resistance, snow mold, root rot, crop structure, Leningrad region

**For citation:** Shpanev, A.M. (2025), "Disease infection and productivity of winter triticale variety Bilinda in the conditions of the Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 79, no. 1 pp. 36–43 (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-36-43/

**Acknowledgments.** The author of the article thanks the senior researcher of the Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka" (branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Potatoes named after A.G. Lorkh") L.P. Bekish for providing the seed material of the winter triticale variety Bilinda.

**Введение.** Селекционно-генетический метод традиционно является одним из основных в защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов как в нашей стране, так и за рубежом [1–6]. В нашей стране известны достижения в области использования селекционно-генетического метода в защите от болезней и вредителей

зерновых колосовых культур [7, 8], кукурузы [9], картофеля [10], сои [11]. В условиях приоритетного развития органического и ресурсосберегающего земледелия, когда применение химических средств защиты растений недопустимо или минимизировано, использование в сельскохозяйственном производстве устойчивых сортов становится еще более востребованным [12].

Среди зерновых культур, возделываемых на территории Российской Федерации, тритикале отводится второстепенная роль, при том, что перспективы на увеличение посевных площадей определенно имеются. Учитывая, прежде всего, кормовую ценность данной культуры она может занимать более значимое положение в регионах с развитым животноводством, например, в Северо-Западном. В последние годы посевные площади тритикале здесь по-прежнему невелики (8,8 тыс. га), в том числе в Ленинградской области – от 1,0 до 2,4 тыс. га, что составляет от 2,5 до 6,0% от суммарной площади зерновых и зернобобовых культур. В некоторой степени такая ситуация обусловлена малым количеством районированных сортов (10 – озимая, 6 – яровая), среди которых до 2020 г. не было ни одного, принадлежащего местным селекционным учреждениям. Большинство из районированных сортов озимой тритикале не отличаются высокой устойчивостью к распространенным возбудителям заболеваний, в особенности вызывающим снежную плесень, что предполагает наличие реальной угрозы больших потерь урожая от фитопатогенов. Согласно данным оригинатора (Ленинградский НИИСХ «Белогорка»), новый сорт Билинда характеризуется комплексной устойчивостью к ржавчинам, не поражается мучнистой росой, пыльной и твердой головней, слабо восприимчив к снежной плесени и фузариозам. При этом отсутствуют данные о пораженности сорта корневыми гнилями, а заявленная высокая устойчивость к снежной плесени требует обязательного уточнения.

**Цель исследования** заключается в оценке нового сорта озимой тритикале Билинда на пораженность основными болезнями и продуктивность в агроклиматических условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проводились в период 2021–2023 гг. на экспериментальной базе Меньковского филиала Агрофизического НИИ, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми супесчаными почвами.

Опыт проводился на участке поля с высокой инфекционной нагрузкой корневых гнилей, обусловленной длительным возделыванием (10 лет) на одном и том же месте озимых зерновых культур. Расположение участка в непосредственной близости с лесным массивом создает условия для продолжительного сохранения весной снежного покрова, что способствует сильному поражению растений снежной плесенью.

Схема опыта включала два сорта озимой тритикале – изучаемый новый сорт Билинда (оригинатор ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ Белогорка», допущен к возделыванию в Северо-Западном регионе с 2020 г.) и Немчиновский 56 (оригинатор ФГБНУ «Московский НИИСХ Немчиновка», допущен к возделыванию в Северо-Западном регионе с 2006 г.), который выступал в качестве стандарта, согласно его широкому распространению на территории Ленинградской и соседних областях. В опыте использовались семена высоких репродукций. Посев производился вручную исходя из нормы 6 млн. всх. семян/га. Площадь опытных делянок – 2 м<sup>2</sup>, размещение – систематическое, повторность 4-кратная. Учет

перезимовки растений тритикале проводился через неделю после схода снега (первая половина апреля). Определялась доля погибших растений от проявления снежной плесени. Развитие корневых гнилей определялось в период образования второго узла на стебле (третья декада мая) с использованием соответствующей 4-балльной шкалы<sup>1</sup>.

При достижении зерном полной спелости проводилась уборка урожая с площади 1 м<sup>2</sup> на каждой делянке, одновременно подсчитывалось количество продуктивных и непродуктивных стеблей. После обмолота снопов определялась урожайность и другие элементы структуры урожая (масса 1000 зерен, масса зерна с колоса, число зерен в колосе).

Для оценки достоверности различий использовался р-критерий на 5% уровне значимости. Расчеты велись в программе Statistica 6.0.

**Результаты исследования.** Фитосанитарной особенностью озимой тритикале является слабое поражение листостеблевыми болезнями как в условиях Северо-Запада России, так и других регионов возделывания культуры [13]. Наиболее вредоносным заболеванием озимых зерновых культур, включая тритикале, в данном регионе является снежная плесень, сильное проявление которой случается примерно 1 раз в 5 лет. На территории Ленинградской области такая ситуация наблюдалась в 2009, 2013 и 2018 гг. [14]. Благоприятными условиями для развития и распространения болезни является наличие устойчивого снежного покрова и продолжительная весна. Основной возбудитель снежной плесени гриб *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett, проявляется на больных растениях в виде белого или светло-розового мицелия. При сильном поражении наблюдается отмирание узла кущения, листовых влагалищ, корней и гибель всего растения. На инфицированных частях растения образуются черно-коричневые плодовые тела – перитеции. В комплексе с данным возбудителем в условиях Северо-Запада может встречаться тифулез (*Typhula* spp.), который обнаруживается на растениях и окружающей их почве в виде грязно-серой войлочной грибницы. Листья пораженных растений теряют зеленую окраску, затем буреют и увядают. На пораженных частях растений образуются шаровидные красно- или темно-бурые склероции.

В 2021 г. из-за устойчивых положительных температур в третьей декаде марта и повышенных температур в первых двух декадах апреля отмечался достаточно ранний сход снежного покрова, в результате чего доля погибших растений от снежной плесени не превышала 5% на обоих изучаемых сортах. В 2022 г. погодные условия зимнего и ранневесеннего периодов благоприятствовали более сильному поражению озимой тритикале снежной плесенью, чем в 2023 г., когда гибель растений от снежной плесени составила 25,4%.

Достоверные различия в пораженности двух изучаемых сортов тритикале снежной плесенью просматривались только в 2022 г. Сорт Билинда оказался в 1,2 раза сильнее поражаемым данным заболеванием, чем Немчиновский 56. Данные других лет не подтвердили выявленного отличия (таблица 1).

Корневые гнили относятся к болезням стабильного проявления, но обычно слабого или умеренного по степени развития. Сильное проявление корневых гнилей наблюдается в годы с избыточным увлажнением, на полях с низким содержанием основных элементов питания и где предшественником выступали зерновые культуры [14]. На Северо-Западе

---

<sup>1</sup> Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2009. – 378 с.

России в посевах озимых зерновых культур встречаются корневые гнили преимущественно фузариозной и фузариозно-гельминтоспориозной этиологии.

В нашем опыте на фоне высокой инфекционной нагрузки на протяжении всех трех лет исследований наблюдалось сильное развитие корневых гнилей, которое варьировало в среднем по сортам от 38,5 до 54,1% в фазу образования второго узла у растений озимой тритикале. Сравнительная оценка двух сортов выявила более сильное поражение корневой системы растений у изучаемого сорта Билинда, которое нашло статистическое подтверждение в два года из трех (таблица 2). По усредненным, за весь период исследований, данным, развитие корневых гнилей на растениях озимой тритикале составляло 50,0 и 44,8% на сортах Билинда и Немчиновский 56 соответственно.

**Таблица 1. Пораженность растений озимой тритикале сорта Билинда снежной плесенью на провокационном фоне в условиях Ленинградской области**  
**Table 1. Infection of winter triticale plants of the Bilinda variety with snow mold against a provocative background in the conditions of the Leningrad region**

Сорт	Доля погибших растений, %			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Билинда	4,0	69,8	23,8	32,5
Немчиновский 56 (стандарт)	5,0	60,2	26,9	30,7
Критерий значимости (p)	0,60	0,04	0,62	0,57

**Таблица 2. Пораженность растений озимой тритикале сорта Билинда корневыми гнилями на высоком инфекционном фоне в условиях Ленинградской области**  
**Table 2. Infection of winter triticale plants of the Bilinda variety with root rots on a high infectious background in the conditions of the Leningrad region**

Сорт	Развитие болезни, %			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Билинда	57,5	50,0	42,5	50,0
Немчиновский 56 (стандарт)	50,6	49,4	34,4	44,8
Критерий значимости (p)	0,05	0,21	0,05	0,08

Иммунологическая оценка сама по себе не является исчерпывающей характеристикой сорта и не позволяет в полной мере судить о перспективах его возделывания в конкретном регионе. Традиционно главенствующее значение для селекционеров имеет характеристика хозяйственно-ценных признаков. Урожайные данные свидетельствуют в пользу нового сорта тритикале, который имел преимущество над стандартом от 16,8 до 51,6 г/м<sup>2</sup> в разные годы или 29,6 г/м<sup>2</sup> в среднем за период исследований (таблица 3), что в относительном выражении составляло 26,2%.

**Таблица 3. Урожайность озимой тритикале сорта Билинда в условиях проведения опыта**  
**Table 3. Yield of winter triticale of the Bilinda variety under experimental conditions**

Сорт	Урожайность, г/м <sup>2</sup>			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Билинда	196,3	131,0	100,4	142,6
Немчиновский 56 (стандарт)	176,0	79,4	83,6	113,0
Различия между сортами	20,3	51,6	16,8	29,6
Значимость различий (p)	0,05	0,04	0,06	0,05

Несмотря на более сильное поражение сорта Билинда снежной плесенью, самое большее преимущество по урожайности отмечено в 2022 г. Снижение густоты продуктивного стеблестоя у этого сорта в лучшей степени компенсировалось увеличением продуктивности выживших после перезимовки растений. Это подтверждают данные продуктивности растений, приведенные в таблице 4.

Таблица 4. Основные элементы структуры урожая озимой тритикале сорта Билинда в условиях Ленинградской области

Table 4. The main elements of the yield structure of winter triticale of the Bilinda variety in the conditions of the Leningrad region

Сорт	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м <sup>2</sup>			Масса зерна с колоса, г/колос			Число зерен в колосе, шт./колос		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Билинда	249	156	164	0,79	0,87	0,60	24,0	19,3	16,3
Немчиновский 56 (стандарт)	234	120	149	0,76	0,67	0,55	20,1	14,7	13,6
Различия между сортами	15	36	15	0,03	0,20	0,05	3,9	4,6	2,7
Значимость различий (p)	0,15	0,06	0,07	0,62	0,05	0,20	0,05	0,04	0,06

Там же можно увидеть, что происходило это за счет увеличения озерненности колоса. На протяжении всех трех лет исследований данный показатель был достоверно выше у испытуемого сорта.

**Выводы.** Полученные результаты исследований свидетельствуют о более сильном поражении в условиях Ленинградской области корневыми гнилями (2 года из 3) и снежной плесенью (1 год из 3) растений нового сорта озимой тритикале Билинда, в сравнении с широко возделываемым сортом Немчиновский 56. В тоже время, данный сорт характеризовался более высокой продуктивностью растений и озерненностью колоса, а также массой зерна, сформированной на единице площади посева. Низкий уровень урожайности обоих сортов озимой тритикале в опыте указывает на целесообразность предпосевной обработки семян фунгицидами в защите растений от семенной и почвенной инфекции и обязательного соблюдения чередования культур в севообороте.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасенко О.С. Генетическая защита зерновых культур: итоги и перспективы // Защита и карантин растений. – 2020. – № 9. – С. 3–7.
2. Зотиков В.И., Вилюнов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 381–387.
3. Voss-Fels K.P., Stahl A., Wittkop B., Lichthardt C., Nagler S., Rose T., Chen T.-W., Zetzsche H., Seddig S., Baig M.M., Ballvora A., Frisch M., Ross E., Hayes B.J., Hayden M.J., Ordon F., Leon J., Kage H., Friedt W., Stützel H., Snowdon R.J. Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels // Nature Plants. – 2019. – Vol. 5. – P. 706–714.

4. Singh B., Mehta S., Aggarwal S.K., Tiwari M., Bhuyan S.I., Bhatia S., Islam M.A. Barley, disease resistance, and molecular breeding approaches. In: Disease resistance in crop plants // Springer Nature. – 2019. – P. 261–299

5. Zetzsche H., Friedt W., Ordon F. Breeding progress for pathogen resistance is a second major driver for yield increase in German winter wheat at contrasting N levels // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – P. 20374

6. Laidig F., Feike T., Klocke B., Macholdt J., Miedaner T., Rentel D., Piepho H.P. Long-term breeding progress of yield, yield-related, and disease resistance traits in five cereal crops of German variety trials // Theoretical and Applied Genetics. – 2021. – Vol. 134. – P. 3805–3827.

7. Радченко Е.Е., Абдуллаев Р.А., Дятлова К.Д., Акимова Д.Е., Звейнек И.А. Разнообразие образцов ячменя из азиатской части Российской Федерации по устойчивости к обыкновенной злаковой тле // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – № 4 (184). – С. 215–221.

8. Лашина Н.М., Афанасенко О.С. Устойчивость сортов и образцов ячменя к патотипам возбудителя темно-бурой пятнистости // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2024. – № 3 (185). – С. 239–255.

9. Абдулвалеев Р.Р., Ахияров Б.Г., Валитов А.В., Ахиярова Л.М. Устойчивость гибридов кукурузы к основным болезням и вредителям // Пермский аграрный вестник. – 2024. – № 2 (46). – С. 24–31.

10. Хютти А.В., Рыбаков Д.А., Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С. Устойчивость к возбудителям фитофтороза и глободероза современного сортимента семенного картофеля и его фитосанитарное состояние в различных агроклиматических зонах Европейской части России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – № 4 (24). – С. 363–375.

11. Фокина Е.М., Разанцев Д.Р. Селекция на повышение иммунитета при создании новых сортов сои // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 4 (193). – С. 30–37.

12. Логинов Ю.П., Гайзатлин А.С. Сор картофеля – основной элемент в развитии органического земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 87–92.

13. Каневская И.Ю., Касынкина О.М. Фитопатологическая оценка озимой тритикале // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 7. – С. 19–21.

14. Шпанев А.М., Лаптиев А.Б., Гончаров Н.Р., Воропаев В.В. Интегрированная защита озимой пшеницы на Северо-Западе России // Защита и карантин растений. – 2018. – № 6. – С. 28–34.

## REFERENCES

1. Afanassenko, O.S. (2020), Genetic protection of grain crops: results and prospects, *Zashchita i karantin rasteniy*, no. 9, pp. 3 – 7. (In Russ.).

2. Zotikov, V.I., Vilyunov, S.D. (2021), Modern selection of grain legumes and cereal crops in Russia, *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, no. 4, pp. 381 – 387. (In Russ.).

3. Voss-Fels, K.P., Stahl, A., Wittkop, B., Lichthardt, C., Nagler, S., Rose, T., Chen, T.-W., Zetzsche, H., Seddig, S., Baig, M.M., Ballvora, A., Frisch, M., Ross, E., Hayes, B.J., Hayden, M.J., Ordon, F., Leon, J., Kage, H., Friedt, W., Stützel, H., Snowdon, R.J. (2019), Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels, *Nature Plants*, no. 5, pp. 706 – 714.

4. Singh, B., Mehta, S., Aggarwal, S.K., Tiwari, M., Bhuyan, S.I., Bhatia, S., Islam, M.A. (2019), Barley, disease resistance, and molecular breeding approaches. In: Disease resistance in crop plants, Springer Nature, pp. 261 – 299.

5. Zetzsche, H., Friedt, W., Ordon, F. (2020), Breeding progress for pathogen resistance is a second major driver for yield increase in German winter wheat at contrasting N levels, *Scientific Reports*, no. 10, pp. 20374.

6. Laidig, F., Feike, T., Klocke, B., Macholdt, J., Miedaner, T., Rentel, D., Piepho, H.P. (2021), Long-term breeding progress of yield, yield-related, and disease resistance traits in five cereal crops of German variety trials, *Theoretical and Applied Genetics*, no. 134, pp. 3805 – 3827.

7. Radchenko, E.E., Abdullaev, R.A., Dyatlova, K.D., Akimova, D.E., Zveinek, I.A. (2023), Diversity of barley accessions from the Asian part of the Russian Federation in terms of resistance to the common cereal aphid, *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, no. 4, pp. 215 – 221. (In Russ.).

8. Lashina, N.M., Afanasenko, O.S. (2024), Resistance of barley varieties and accessions to pathotypes of the pathogen of dark brown spot, *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, no. 3, pp. 239 – 255. (In Russ.).

9. Abdulvaleev, R.R., Akhiyarov, B.G., Valitov, A.V., Akhiyarova, L.M. (2024), Resistance of corn hybrids to major diseases and pests, *Permskiy agrarnyy vestnik*, no. 2, pp. 24 – 31. (In Russ.).

10. Hyutti, A.V., Rybakov, D.A., Gavrilenko, T.A., Afanasenko, O.S. (2020), Resistance to pathogens of late blight and globoderosis of modern assortment of seed potatoes and its phytosanitary state in various agroclimatic zones of the European part of Russia, *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, no. 4, pp. 363 – 375. (In Russ.).

11. Fokina, E.M., Razantzvey, D.R. (2023), Selection to improve immunity when creating new soybean varieties, *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*, no. 4, pp. 30 – 37. (In Russ.).

12. Loginov, Yu.P., Gaizatlin, A.S. (2020), Potato variety - the main element in the development of organic farming, *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 2, pp. 87 – 92. (In Russ.).

13. Kanevskaya, I.Yu., Kasynkina, O.M. (2022), Phytopathological assessment of winter triticale, *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, no. 7, pp. 19 – 21. (In Russ.).

14. Shpanev, A.M., Laptiev, A.B., Goncharov, N.R., Voropaev, V.V. (2018), Integrated protection of winter wheat in the North-West of Russia, *Zashchita i karantin rasteniy*, no. 6, pp. 28 – 34. (In Russ.).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Александр Михайлович Шпанев**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интегрированной защиты растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», <http://orcid.org/0000-0003-4346-318X>, Spin-код: 3341-1004, Scopus author ID: 56976371900, Researcher ID: V-4052-2017; [ashpanev@mail.ru](mailto:ashpanev@mail.ru)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Aleksandr M. Shpanev**, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Integrated Plant Protection, Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Institute of Plant Protection”, <http://orcid.org/0000-0003-4346-318X>, Spin-code: 3341-1004, Scopus author ID: 56976371900, Researcher ID: V-4052-2017; [ashpanev@mail.ru](mailto:ashpanev@mail.ru)

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

Поступила в редакцию / Received 22.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 12.02.2025

Принята к публикации / Accepted 12.02.2025

Научная статья/Original article

УДК: 636.1.082

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-44-53

## АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОСТИ И ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КОНКУРНЫХ ЛОШАДЕЙ, ВЫСТУПАЮЩИХ В ЗАЧЁТЕ ДЛЯ «МОЛОДЫХ ЛОШАДЕЙ»

А.В. Дорофеева<sup>1</sup>, Т.Н. Головина<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства  
пос. Дивово, Рязанская обл., Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
Пушкин, Санкт-Петербург, Россия  
✉konikurs@mail.ru


**Реферат.** Изучение рейтинга молодых конкурных лошадей сайта Equestrian.ru [www.fksr.ru](http://www.fksr.ru) и ИПС «Кони-3» показало, что данный вид конного спорта развит в основном в столичном регионе – его представляют 42% лошадей. В большинстве регионов на долю молодых лошадей, выступающих в конкуре, приходится меньше 2% от общего числа, то есть меньше 8 голов. Такое положение говорит о небольшом числе всадников, работающих с молодыми лошадьми (238 человек на всю страну) и их низкую популярность. Из 378 голов лошадей большая часть (67,2%) рождена в России и представлена в основном полукровными помесями – 111 голов, немецкими спортивными и тракененскими лошадьми – по 29 голов. На долю импорта из Германии приходится 8,5%, Голландии – 7,1%, Бельгии – 5,3%. Наиболее многочисленными являются турниры для лошадей 5 лет, в которых принимало участие 136 голов (35%), из которых 70,6 % приходится на лошадей, рождённых в России. Наибольшее число отечественных лошадей (80,9%) выступает в конкуре для лошадей 4-х лет – это 72 из 89 голов. Достаточно популярны также конкур для шестилетних лошадей, в них приняли участие 119 голов (31%), но среди них количество отечественных снижается до 62,2 %. Лидером среди поставщиков конкурных лошадей на рынок является Кировский конный завод. В рейтинге заводчиков в основном представлены хозяйства, занимающиеся разведением лошадей западноевропейского корня. Отсутствие общенациональной системы поиска и отбора талантливых молодых лошадей и всадников негативно сказывается на развитии конкур, что приводит к отставанию от европейских стандартов.

**Ключевые слова:** конкур, всадник, возраст, турнир, порода, заводчик, рейтинг, лошадь, регион

**Для цитирования:** Дорофеева А.В., Головина Т.Н. Анализ численности и породной принадлежности конкурных лошадей, выступающих в зачёте для «молодых лошадей» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С. 44–53 – DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-44-53.

## ANALYSIS OF THE NUMBER AND BREED OF COMPETITIVE HORSES COMPETING IN THE COMPETITION FOR «YOUNG HORSES»

A.V. Dorofeeva<sup>1</sup>, T.N. Golovina<sup>2</sup>

All-Russian Research Institute of Horse Breeding  
Divovo village, Ryazan Region, Russia  
Saint-Petersburg State Agrarian University  
Pushkin, St. Petersburg, Russia  
konikurs@mail.ru

**Abstract.** Studying the rating of young competitive horses on the websites Equestrian.ru and "Koni-3" showed that this equestrian sport is mainly developed in metropolitan regions, where 42% of all horses are represented. In other regions, the number of young horses participating in show jumping is significantly lower, with less than 2% in most cases, which is less than eight horses. This indicates that there are a small number of people working with young horses and that show jumping is not very popular. Of the total number of horses, most (67.2%) were born in Russia and are half-blood hybrid horses (111) or German sport and Trakehner breeds (29 each). Horses imported from Germany account for 8.5%, with the Netherlands (7.1%) and Belgium (5.3%) also contributing. Most tournaments are for horses aged five years, with 35% participating, of which most (70.6%) were Russian-bred. The majority of domestic horses participate in show jumping competitions. For horses aged four, 81% participate, with most (72 out of 89) being Russian-bred horses. Show jumping for 6-year-old horses is also popular, with 31% (119 horses) participating, but the number of domestic breeds is decreasing at the Kirov Stud Farm, which is a leader in supplying competition horses for market. Breeders' ratings mainly include farms that breed horses of Western European origin. The lack of a national system for finding and selecting talented young horses and riders has a negative impact on the development of the sport and leads to a lag behind European standards in show jumping competitions.

**Keywords:** show jumping, rider, age, tournament, breed, breeder, rating, horse, region

**For citation:** Dorofeeva A.V., Golovina T.N. (2025), "Analysis of the number and breed of competitive horses competing in the competition for «Young horses»", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no 79, pp. 44–53 (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-44-53.

**Введение.** Соревнования для молодых лошадей – важный элемент конного спорта и выявления рабочих качеств лошади [1, 2]. Самый известный турнир по конкуру для молодых лошадей ежегодно проходит в бельгийском г. Ланакене<sup>2</sup>, в котором принимают участие до 1 000 лошадей разных пород и студбуков. В 2010 г. в г. Ланакене среди лошадей 5 лет, шестое место в «Малом» финале (с высотой препятствий 125 см) занял тракененский жеребец Герех от Хардинга, рождённый в Белоруссии [3].

Конкур – один из самых зрелищных, эмоциональных по накалу и объективности судейства вид конного спорта [4, 5]. К настоящему времени в нашей стране сохранилось не так много ресурсов для развития конного спорта, так как маточное ядро верховых пород России насчитывает около 2 000 кобыл. К примеру, в Германии число кобыл верховых пород доходит до 70 000 голов, а в Нидерландах – до 30 000 [6]. При высоком уровне развития

<sup>2</sup>Nathalie De Martin. Can a World Championship predict the future? [Электронный ресурс]. — 2020. — Режим доступа: <https://www.hippomundo.com> (дата обращения: 24.04.2024).

конного спорта, европейским странам необходим рынок сбыта продукции, которым на 20 прошедших лет стала Россия. Конкурировать с развитыми странами по числу и качеству подготовки спортивных лошадей мы оказались не готовы [7, 8]. Рынок, переполненный импортным поголовьем, привёл к катастрофическому сокращению маточного поголовья отечественных пород [9].

Одновременно с числом маток сокращается и число лошадей, участвующих в турнирах: так, в Красноярском крае в 2019 г. в конкуре выступало на 52% меньше лошадей, чем в 2015 г. [6]. Сокращение племенного поголовья, таких специализированных для конкура пород как тракененская и будённовская, приводит к бессистемному скрещиванию и увеличению числа помесей разного толка, выступающих в любительских конкурах: например, в Краснодарском крае такие лошади составляют до 30% [10].

**Цель исследования.** Целью данной работы является изучение соотношения импортных и отечественных лошадей в конкурах для молодых лошадей, определение их численности, породного состава и возраста, составление рейтинга хозяйств – поставщиков конкурных лошадей, а также определение регионов, за которые выступают молодые лошади.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В статье использованы материалы рейтинга сайта [equestrian.ru](http://equestrian.ru)<sup>3</sup> по конкуру лошадей 4–7 лет за период с февраля 2022 г. по февраль 2023 г. Выборка не является полной, так как не все технические результаты из региональных Федераций конного спорта попадают в рейтинг. Данные обработаны с помощью программы Microsoft Excel. Происхождение лошадей, породу, страну рождения уточняли по базе данных [www.fksr.ru](http://www.fksr.ru)<sup>4</sup> и ИПС «Кони-3»<sup>5</sup>. Всего в обработке 406 всадников и 378 лошадей в возрасте от 4 до 7 лет.

**Результаты исследования.** Молодые лошади – будущее конкура, и залог их успеха заключается в правильной подготовке. Участие в соревнованиях для молодых лошадей представляет собой проверку нервной системы на стрессоустойчивость, работу в незнакомой обстановке и получение стартового опыта.

По числу всадников, подготовивших молодых лошадей и выступающих на них, можно судить о потенциале конкура в нашей стране. В первоначальной выборке – 406 всадников, из них на 1 лошади в сезоне выступало 154 человека, на 2 – 44, на 3 – 21, на 4 – 7, на 5 – 8, на 6 – 2. Максимальное число лошадей под одним всадником – 10 голов. После корректировки числа всадников остаётся 238 человек на всю страну.

В зачёте для молодых лошадей выступало 378 лошадей, из них 254 головы (67,2%) – рождены в России и 124 (32,8%) – в других странах, в том числе 94 (24,9%) в Европе и США. Наиболее многочисленной была группа лошадей 5 лет – 136 голов, из которых 96 (70,6%) рождены в России. На втором месте группа шестилетних лошадей – 119 голов, из которых 74 (62,2%) рождены в России. На третьем месте лошади 4-х лет (2018 г.р.) – 89 голов, из которых 72 (80,9%) рождены в России. Лошади 7 лет, выступающие параллельно в основном зачёте, составляют самую немногочисленную группу – 34 головы, из которых 12 отечественных.

---

<sup>3</sup>Рейтинг по конкуру [Электронный ресурс]. — 2023. — Режим доступа: <https://www.equestrian.ru/sport/jumping/ratings/7yo/2023-02-28> (дата обращения: 01.03.2023).

<sup>4</sup>Catalog of horses [Электронный ресурс]. — 2023. — Режим доступа: <https://www.fksr.org/index.php?page=horses> (дата обращения: март 2023 – апрель 2024).

<sup>5</sup>Каталог лошадей ганноверской, тракененской пород [Электронный ресурс]. — 2023. — Режим доступа: <https://base.ruhorses.ru/horses/10/ru> (дата обращения: март 2023 – апрель 2024).

Таблица 1. Распределение лошадей 4-7 лет по странам рождения и возрасту  
Table 1. Distribution of horses 4-7 years old by country of birth and age

Страна рождения	Всего голов		4 года		5 лет		6 лет		7 лет	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Россия	254	67,2	72	80,9	96	70,6	74	62,2	12	35,3
Германия	32	8,4	1	1,1	12	8,8	13	10,9	6	17,6
Нидерланды	27	7,1	4	4,5	9	6,6	7	5,9	7	20,6
Бельгия	20	5,3	4	4,5	4	2,9	7	5,9	5	14,7
Украина	19	5,0	2	2,2	6	4,4	8	6,7	3	8,8
Беларусь	9	2,3	3	3,4	4	2,9	1	0,8	1	2,9
Латвия	7	1,9	1	1,1	3	2,2	3	2,5	-	-
Чехия	3	0,8	1	1,1	-	-	2	1,7	-	-
Эстония	2	0,5	-	-	-	-	2	1,7	-	-
Польша	1	0,3	1	1,1	-	-	-	-	-	-
США	1	0,3	-	-	1	0,7	-	-	-	-
Узбекистан	1	0,3	-	-	1	0,7	-	-	-	-
Франция	1	0,3	-	-	-	-	1	0,8	-	-
Швеция	1	0,3	-	-	-	-	1	0,8	-	-
Всего:	378	100	89	23	136	35	119	31	34	8

Из таблицы 1 следует, что больше всего молодых лошадей 4-7 лет, выступающих в конкуре, рождено в России – 67,2 %, на 2 месте Германия – 8,4% и на 3 – Нидерланды – 7,1%. Во всех возрастных группах по численности лидируют лошади, рождённые в России, но особенно это заметно по группе лошадей 4-х лет – 80,9%. К примеру, среди лошадей 6 лет, процент рождённых в России снижается до 62,2%, так как параллельно идёт ввоз импортных лошадей.

Остановимся подробнее на породном составе российских лошадей, ещё раз акцентируя внимание на том, что у некоторых из них порода не подтверждена официально.

Таблица 2. Распределение лошадей, рождённых в РФ, по породному составу, численности и возрасту

Table 2. Distribution of horses born in the Russian Federation by breed composition, number and age

Породы	Голов		4 года 2018		5 лет 2017		6 лет 2016		7 лет 2015	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Полукровные	111	43,6	30	41,6	41	42,7	34	45,9	6	50,0
Тракененская	29	11,4	6	8,3	15	15,6	6	8,1	2	16,7
Немецкая спорт.	29	11,4	12	16,7	8	8,3	9	12,2	-	-
Голштинская	21	8,3	7	9,7	4	4,2	9	12,2	1	8,3
Ганноверская	17	6,7	4	5,6	5	5,2	6	8,1	2	16,7
Вестфальская	16	6,3	5	6,9	8	8,3	3	4,1	-	-
Будённовская	13	5,1	4	5,6	7	7,3	2	2,6	-	-
Голландская	5	2,0	1	1,4	2	2,1	1	1,4	1	8,3
Орловская рыс.	4	1,6	2	2,8		0,0	2	2,6	-	-
Чистокровная верх.	4	1,6	1	1,4	2	2,1	1	1,4	-	-
Русская верховая	3	1,2	-	-	2	2,1	1	1,4	-	-
Ахалтекинская	2	0,8	-	-	2	2,1	-	-	-	-
Всего:	254	100	72	100	96	100	74	100	12	100

Согласно таблице 2, наиболее многочисленная группа – 111 голов (43,6%) – это «полукровные» лошади, что в данном контексте означает помеси верховых пород или неизвестных лошадей. Полукровные лошади составляют от 30% и более в каждой возрастной группе.

На 2 месте по численности траккененская и немецкая спортивные породы – по 29 голов. Траккененских лошадей разводят во многих хозяйствах страны, а «Немецкой спортивной» обычно обозначают лошадей Кировского конного завода. Последние не регистрируются в Российской Федерации, в связи с чем, определить корректность присвоения породы не представляется возможным. К тому же, согласно сведениям базы ФКСР, некоторые лошади этого хозяйства записаны как вестфальские. Наибольшее представительство в соревнованиях для молодых лошадей имеют «немецкие спортивные» лошади 4-летнего возраста – 12 голов (16,7%); в группе траккененских наибольшее представительство 5-летних – 15 голов (15,6%). Также довольно популярны на соревнованиях для молодых лошадей голштинские – 21, ганноверские – 17 и вестфальские – 16 голов. К сожалению, от них отстают будённовские лошади – всего 13 голов. Больше всего в этом виде конкур лошадей АФ «Целина» – 3 головы, по две лошади конных заводов им. С.М. Будённого и Первой Конной армии. В конце 80-х годов численность маток будённовской породы в этих ведущих конных заводах доходила до 230 и 450 голов соответственно. К 2022 г. в конном заводе им. «Первой Конной армии» осталось 40 маток, а в конном заводе им. С.М. Будённого – 70 голов.

**Таблица 3. Численность лошадей по хозяйству рождения (от 4-х голов), возрасту, высоте барьеров**

**Table 3. The number of horses by household of birth (from 4 heads), age, height of barriers**

Место	Место рождения или заводчик	голов	4 года (2018) Высоты		5 лет (2017) Высоты		6 лет 2016 Высоты		7 лет 2015 Высота	
			n	min-max	n	min-max	n	min-max	n	max
1	ЗАО «Кировский КЗ»	32	13	100–120	11	<b>100-125</b>	8	110-135	–	–
2	РКПХ Грабовских	14	2	100–115	5	<b>115-125</b>	6	100-130	1	130
3	КСК «Взлёт»	12	5	80–110	4	110-125	3	110-120	–	–
4	Пуга О.А.	9	4	110–115	3	<b>110-125</b>	2	115-130	–	–
5	КЗ «Вестфален-Свит»	7	–	–	4	90-120	3	120-130	–	–
6	«Михайловский»	7	–	–	3	<b>110-130</b>	2	100-125	2	140
7	ООО «КЗ «Ермак»	6	1	95	2	<b>110-120</b>	3	110-130	–	–
8	ООО «Троицкое»	5	–	–	2	<b>80-100</b>	3	100-120	–	–
9-14	Шайкевич Н.Б.	4	–	–	3	<b>95-125</b>	–	–	1	125
9-14	КФХ Шашерин Н.Д.	4	–	–	2	<b>110</b>	1	110	1	130
9-14	Разиньков Г.Н.	4	1	120	2	<b>115</b>	1	120	–	–
9-14	Старожиловский	4	–	–	3	<b>100-115</b>	1	125	–	–
9-14	КЗ «Донской»	4	2	110	2	<b>100-115</b>	–	–	–	–
9-14	КАТТ	4	2	100-115	-	-	2	110-130	-	-

По численности лошадей среди тракененских хозяйств лидирует КФХ Н.Д. Шашерин (Пермский край) – 4 лошади, а следует за ним Московский конный завод № 1 – 3 головы. Среди предприятий, представленных в таблице 3, преобладают хозяйства, занимающиеся разведением лошадей западноевропейского корня, но главное, имеющие всадников, выступающих от имени хозяйства и делающих им рекламу.

Лидером по численности молодых лошадей в конкуре является ЗАО «Кировский конный завод» – 32 головы. Инфраструктура завода была создана в советское время: это был завод международного значения по разведению лошадей тракененской породы, количество маток в нём достигало 250 голов. Сейчас это предприятие, занимающееся разведением помесей немецких пород для внутреннего рынка. С 2019 г. регистрирует часть своей продукции в Германии, поэтому число маток неизвестно. Из таблицы 3 видно, что больше всего в конкурсах выступает лошадей 4 и 5 лет, соответственно 13 и 11 голов.

На 2 месте хозяйство В. Грабовской, основу которого составляют лошади голштинской породы. На 3 месте по численности – КСК «Взлёт».

В хозяйстве О. Пуги преобладают лошади голштинской породы, импортные помеси – в «Михайловском» и ООО «Троицкое». Среди хозяйств, занимающихся племенным разведением, в таблице 3 представлены ООО «Ермак» (ганноверская порода), КФХ Шашерин Н.Д. (тракененская порода) и Старожиловский конный завод (русская верховая порода). Из конного завода «Донской» в обработку попали будённовские и помесные лошади, из КАТТ – помесные и тракененские.

Таким образом, достижения иностранных всадников в мировом спорте, проецируется на отечественный конкур, вызывая взрыв интереса и спроса на иностранных лошадей, без оценки реального состояния уровня развития отечественного конного спорта.

Парадокс ситуации в том, что, ориентируясь в родословной на громкие имена производителей, покупатели не придают значения тому, что выступают они под седлом всадников европейской школы конкура, а не отечественной. Отсутствие успехов отечественных топ-всадников на лошадях европейской селекции на международных турнирах в течении более чем 20 лет, не вызывает вопросов ни у любителей конкура, ни у чиновников от Министерства спорта Российской Федерации и ФКСР. Тем временем поток лошадей из Европы для любительского конкура уничтожает отечественное верховое коннозаводство, которое не имеет возможности оплачивать услуги иностранных или российских всадников.

Турниры и зачёты для молодых лошадей проводятся не так часто, как основные конкур, на которых могут выступать те же молодые лошади в общем зачёте. В таблице 4 чётко видно, что конкур интенсивно развивается в столичном регионе, так как за г. Москву и Московскую область выступают 18,3% и 23,5% молодых лошадей. Лошади Ленинградской области и г. Санкт Петербурга, в сумме, также относительно большая группа – 61 голова или 8,2% и 7,9%. В десятку виртуального рейтинга молодых лошадей «Будущее конкура» вошли Краснодарский (6,3%), Пермский (3,2%), Красноярский (2,1%) края, Ростовская (4,8%), Калининградская (2,1%) области и Республика Татарстан (2,1%). Остальные регионы имеют меньше 2% молодых лошадей в конкуре, согласно рейтингу сайта эквестриан.

Для сравнения, в 2010 г. на краснодарском турнире для молодых лошадей «Надежда России» от Ростовской области выступали 8 тракенов Кировского конного завода, 9 будённовцев конзавода им. Первой Конной Армии и 8 – Будённовского [2]. Такие турниры стимулируют развитие не только конного спорта, но и коннозаводства, так как появлялся

спрос на молодых лошадей, возростал охват аудитории участников – зрителей и просто любителей лошадей.

**Таблица 4. Распределение молодых лошадей по регионам, за которые они выступают (n=378)**

**Table 4. Distribution of young horses by the regions they stand for (n=378)**

место	Регион	голов	%
1	Московская обл.	89	23,5
2	г. Москва	69	18,3
3	Ленинградская обл.	31	8,2
4	г. Санкт-Петербург	30	7,9
5	Краснодарский край	24	6,3
6	Ростовская обл.	18	4,8
7	Пермский край	12	3,2
8-10	Калининградская обл., Красноярский край, Р. Татарстан	8	2,1
11	Самарская обл.	7	1,9
12-13	Ставропольский край, ХМАО Югра	6	1,6
14-15	Свердловская обл., Ярославская обл.	5	1,3
16-19	Р. Алания, Нижний Новгород, Хабаровск, ЯНАО	4	1,1
20-24	Владимир, Крым, Саратов, Тюмень, Челябинск	3	0,8
25-30	Курск, Орёл, Оренбург, Приморье, Рязань, Р. Чувашия	2	0,5
31-39	Воронеж, Иркутск, Калуга, Кемерово, Р. Коми, Новосибирск, Тамбов, Тула, Р. Удмуртия	1	0,3

#### **Выводы.**

1. На соревнованиях для молодых лошадей в период с февраля 2022 г. по февраль 2023 г. выступало 238 всадников и 378 лошадей в возрасте от 4 до 7 лет, среди которых 254 головы: 67,2% рождены в России, 32 головы (8,5%) импортированы из Германии, 27 (7,1%) – из Нидерландов, 20 (5,3%) – из Бельгии.

2. По происхождению наибольшую численность имеют полукровные помеси — 111 голов (43,7%). На втором месте с показателем 29 голов (11,4%) находятся немецкие спортивные и траккененские лошади. Далее, в порядке убывания, голштинские – 21 голова, ганноверские – 17 голов, вестфальские – 16 голов, будённовские – 13 голов и т.д.

3. В числе 10 лучших заводчиков конкурных лошадей хозяйства, занимающиеся разведением лошадей западноевропейского корня. На 1 месте по численности своих питомцев Кировский конный завод – 32 головы, на 2 РКПХ Грабовских – 14 голов и на 3 – КСК «Взлёт» – 12 голов. Среди хозяйств, занимающихся племенным разведением, на 1 месте ООО «Ермак» – 6 голов, на 2 КФХ Шашерин Н.Д. – 4 головы и на 3 Старожиловский конный завод – 4 головы.

4. Почти половина молодых конкурных лошадей сосредоточена в столичном регионе – 18,3%, на долю Московской области приходится 23,5%, что в сумме составляет 41,8%. На долю Ленинградской области приходится 8,2%, г. Санкт-Петербурга – 7,9%. Больше 3% молодых лошадей в конкуре в Краснодарском и Пермском краях, Ростовской области. В остальных 32 регионах этот важный вид конкура развит очень слабо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Е. И., Кузьмина А.А. Оценка молодняка верховых пород по спортивной работоспособности // Аграрная наука и инновационное развитие АПК: состояние, проблемы и перспективы: Сборник материалов международной научной конференции, Смоленск, 18 апреля 2024 года. Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2024. С. 3-7.
2. Алексеева Е. И. Эффективность комплексной оценки племенных лошадей спортивного направления использования // Конная индустрия и современное общество: перспективы, тенденции, регулирование: материалы национальной научно-практической конференции (форума), Санкт-Петербург – Пушкин, 27 апреля 2023 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2023. С. 3-13.
3. Дорофеева А.В. Ежегодный турнир по конкуру Южного Федерального округа «Надежда России» // Коневодство и конный спорт. 2010. № 6. С. 26-27.
4. Камбегов Б.Д., Демин В.А., Политова М.А., Харламова Г.В. Прогнозирование спортивной работоспособности русских верховых лошадей в раннем возрасте // Аграрная наука. 2009. № 12. С. 20-22.
5. Фаттахова А.А. Разработка мультимедийной обучающей программы для подготовки судей по конному спорту (дисциплина конкур) // Форум молодых ученых. 2018. № 12-4 (28). С. 254-258.
6. Любимова Ю.Г., Ефимова Л.В. Породы спортивных лошадей и развитие классических видов конного спорта в Красноярском крае // Вестник АПК Ставрополя. 2020. № 2-3 (38-39). С. 20-26.
7. Киборт М.И., Николаева А.А., Филипова Н.Ю. Полукровное коннозаводство и конный спорт // Коневодство и конный спорт. 2021. № 2. С. 28-31.
8. Санганаева А. В., Тайгунов М.Е. Анализ хозяйственно-полезных признаков лошадей верховых пород конного завода «Георгенбург» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 4(69). С. 139-148.
9. Блинков М.С., Дикарев А.Г. Современное состояние коневодства в Краснодарском крае // Научное обеспечение Агропромышленного комплекса / Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Отв. за вып. А. Г. Коцаев. 2017. С. 145-146.
10. Наливайко Н.А., Дикарев А.Г. Состояние коневодства и конного спорта в разных регионах России. // Научное обеспечение Агропромышленного комплекса / Сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2017 год. Ответственный за выпуск А.Г. Коцаев. 2018. С. 309-312.

REFERENCES

1. Alekseeva E.I., Kuzmina A.A. (2024), "Assessment of young riding breeds for sports performance" [Ocenka molodnyaka verhovyh porod po sportivnoj rabotosposobnosti], *Agrarian science and innovative development of the agro-industrial complex: state, problems and prospects: Collection of materials of the international scientific conference*, Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy, pp. 3-7.
2. Alekseeva E. I. (2023), "Efficiency of a comprehensive assessment of breeding horses for sports use" [Effektivnost' kompleksnoj ocenki plemennyh loshadej sportivnogo napravleniya ispol'zovaniya], *Horse industry and modern society: prospects, trends, regulation: materials of the national scientific and practical conference (forum)*, St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, pp. 3-13.
3. Dorofeeva A.V. (2010), "Annual show jumping tournament of the Southern Federal District «Hope of Russia»" [Ezhegodnyj turnir po konkuru YUzhnogo Federal'nogo okruga «Nadezhda Rossii»], *Horse breeding and equestrian sports*, No. 6, pp. 26-27.

4. Kambegov B.D., Demin V.A., Politova M.A., Kharlamova G.V. (2009), "Forecasting the sports performance of Russian riding horses at an early age" [Prognozirovanie sportivnoj rabotosposobnosti russkikh verhovyh loshadej v rannem vozraste], *Agricultural Science*, No. 12, P. 20-22.

5. Fattakhova A.A. (2018), "Development of a multimedia training program for training judges in equestrian sports (discipline of show jumping)" [Razrabotka multimedijnoj obuchayushchej programmy dlya podgotovki sudej po konnomu sportu (disciplina konkur)], *Forum of young scientists*, No. 12-4 (28), pp. 254-258.

6. Lyubimova Yu.G., Efimova L.V. (2020), "Breeds of real horses and the development of classical equestrian sports in the Krasnoyarsk Territory" [Porody sportivnyh loshadej i razvitie klassicheskikh vidov konnogo sporta v Krasnoyarskom krae], *Bulletin of Agroindustrial complex of Stavropol*, No. 2-3 (38-39), pp. 20-26.

7. Kibort M.I., Nikolaeva A.A., Filipova N.Yu. (2021), "Semi-blood horse breeding and equestrian sport" [Polukrovnoe konnozavodstvo i konnyj sport], *Horse breeding and equestrian sport*, No. 2, pp. 28-31.

8. Sanganaeva A.V., Taigunov M.E. (2022), "Analysis of economically useful traits of horses of riding breeds at the Georgenburg stud farm" [Analiz hozyajstvenno-poleznyh priznakov loshadej verhovyh porod konnogo zavoda «Georgenburg»], *News of the St. Petersburg State Agrarian University*, No. 4(69), pp. 139-148.

9. Blinkov M.S., Dikarev A.G. (2017), "The current state of horse breeding in the Krasnodar territory" [Sovremennoe sostoyanie konevodstva v Krasnodarskom krae], *Scientific support of the Agro-industrial complex, Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko. Rep. for the issue of A. G. Koshchaev*, pp. 145-146.

10. Nalivaiko N.A., Dikarev A.G. (2018), "The state of horse breeding and equestrian sports in different regions of Russia" [Sostoyanie konevodstva i konnogo sporta v raznyh regionah Rossii], *Scientific support of the Agro-industrial complex, Collection of articles based on the materials of the 73rd scientific and practical conference of students based on the results of research in 2017. Responsible for the release of A.G. Koshchaev*, pp. 309-312.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Анна Витальевна Дорофеева**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции федерального государственного бюджетное научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства»; <http://orcid.org/0000-0002-9114-3124>, spin-код: 8912-9480; [rustrak2007@yandex.ru](mailto:rustrak2007@yandex.ru)

**Татьяна Николаевна Головина**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой модернизации технологий в АПК, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <https://orcid.org/0000-0002-3806-3328>, spin-код: 2969-2080; [konikurs@mail.ru](mailto:konikurs@mail.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anna V. Dorofeyeva**, C.Sc. (Agr.), Federal State Budgetary Scientific institution «All-Russian Research Institute of Horse Breeding»; <http://orcid.org/0000-0002-9114-3124>, spin-код: 8912-9480; [rustrak2007@yandex.ru](mailto:rustrak2007@yandex.ru)

**Tatyana N. Golovina**, C.Sc. (Agr.), Associate Professor, Department of Technology Modernization in Agriculture, Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state agrarian University"; <https://orcid.org/0000-0002-3806-3328>, spin-код: 2969-2080; [konikurs@mail.ru](mailto:konikurs@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
<b>Конфликт интересов.</b> Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	<b>Conflict of interest.</b> The authors declare no conflict of interest.

**Поступила в редакцию / Received 23.12.2024**  
**Поступила после рецензирования / Revised 11.03.2025**  
**Принята к публикации / Accepted 11.03.2025**

Научная статья/Original article

УДК 636.143.082

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-54-61

**АНАЛИЗ ГЕНЕАЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДЯЩЕГО СОСТАВА ЛОШАДЕЙ ТРАКЕНЕНСКОЙ ПОРОДЫ, РАЗВОДИМЫХ В ООО «КУРСКИЙ КОННЫЙ ЗАВОД»**А.А. Фисенко  , А.В. Санганаева , М.Д. Вайковски Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
Пушкин, Санкт-Петербург, Россия  
nerpa-2007@mail.ru


**Реферат.** В современном коневодстве особое внимание уделяется спортивному использованию лошадей. Для развития данного направления необходимо проводить целенаправленную племенную работу в конных заводах Российской Федерации. ООО «Курский конный завод» занимается разведением спортивных лошадей с 2004 года. Разведение лошадей тракененской породы в Курском конном заводе осуществляется методом чистопородного разведения с применением вводного скрещивания с жеребцами чистокровной английской и чистокровной арабской пород. Основной целью разведения лошадей тракененской породы является выращивание высококлассных спортивных лошадей для классических видов конного спорта. Материалом для исследования служили племенные карточки и паспорта лошадей тракененской породы Курского конного завода, ведомости результатов бонитировки племенных лошадей, каталоги жеребцов-производителей, государственные племенные книги лошадей тракененской породы, данные информационно-поисковой системы КОНИ-3. На предприятии содержится 61 кобыла и 9 действующих жеребцов-производителей тракененской породы. Оценка маточного состава в ООО «Курский конный завод» показала, что их генеалогическая структура представлена семью линиями: Прибой, Хиперион, Хинтерзанг, Пильгер, Дуглас хх, Пифагораз и Бурнус. Наибольшее распространение получили линии Пифагораза, Пильгера, Бурнуса и Хипериона. Основные семейства в ООО «Курский конный завод»: Клееблатт, Тинетте через Норму, Демант, Тибериусше и Фатьме через Эола, Гундулы, Спортвельт, Тинетте через Карту и Лоре. Наибольший прогресс в развитии показало семейство восточно-прусской Гундулы, с 2019 по 2023 гг. его численность увеличилась на 71,4%. Наблюдается положительная динамика изменения численности в других семействах предприятия, за исключением семейства Лоре. Маточное поголовье Курского конного завода по кровности восходит к чистокровной верховой и арабской породе. Кровность по чистокровной верховой породе в хозяйстве (19,3%) выше, чем по арабской (6%).

**Ключевые слова:** коневодство, тракененская порода, генеалогическая структура, линии, семейства, выдающиеся жеребцы, родословная, потомки

**Для цитирования:** Фисенко А.А., Санганаева А.В., Вайковски М.Д. Анализ генеалогической структуры производящего состава лошадей тракененской породы, разводимых в ООО «Курский конный завод» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1 (79). – С. 54–61. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-54-61

## ANALYZING TRAKEHNER BREED GENEALOGICAL STRUCTURE OF THE HORSE BREEDING STOCK IN THE KURSK STUD FARM

A.A. Fisenko  , A.V. Sanganaeva , M.D. Vaikovski 

Saint Petersburg state agrarian University,  
Pushkin, Saint Petersburg, Russia  
nerpa-2007@mail.ru

**Abstract.** In the field of modern equine breeding, a particular emphasis is placed on the sportive utilization of horses. To foster this endeavor, it is imperative to conduct purposeful breeding efforts at stud farms within the Russian Federation. Kursk Stud Farm, LLC, has been engaged in the breeding of sport horses since the year 2004. The breeding of Traken horses at the Kursk stud farm is conducted through the implementation of purebred breeding practices, incorporating the introduction of sires from purebred English and Arabian breeds. The primary objective of Traken breeding is the production of elite horses for classical equestrian disciplines. The research materials included breeding records, passport data for Traken horses from the farm, breeding performance records, catalogs of breeding sires, and state stud books for Traks. Additionally, information from the KONI-3 system was utilized. The stud farm boasts a total of 61 broodmares and 9 actively breeding sires.. The assessment of the genetic stock at Kursk Stud Farm, LLC revealed that their pedigree is comprised of seven distinct lines: Surf, Hyperion, Hintersang, Pilger, Douglas, Pythagoras, and Burnous. Among these lines, the most prevalent are Pythagoras, Pilgr, Burnous, and Hyperion. The primary families at Kurst Stud Farm include Kleeblatt, Norm, Demant, Tiberius, Fatme, Aelus, Gundull, Sportvelt, and Tinett. The Gundul family from East Prussia demonstrated remarkable progress, with a population increase of 71.4% between 2019 and 2023. Other families within the company also experienced positive growth, with the exception of the Lore family. The breeding stock at Kursk traces its origins to purebred horses and Arabian horses. The proportion of purebred lines at the farm exceeds that of Arabian horses by 19.3%, while Arabian horses account for 6% of the total.

**Keywords:** horse breeding, Trakehner breed, genealogical structure, lines, families, outstanding stallions, pedigree, descendants

**For citation:** Fisenko A.A., Sanganaeva A.V., Vaikovski M.D. (2025), @Analyzing Trakehner breed genealogical structure of the horse breeding stock in the Kursk stud farm”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no 79, pp. 54-61 (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-54-61.

**Введение.** Современное коневодство охватывает широкий спектр деятельности, включая конный спорт, разведение и продажу лошадей, производство кормов и ветеринарных препаратов. В некоторых регионах лошадь всё ещё используется как рабочая сила, в других она вносит вклад в развитие туризма. Однако наиболее актуальным остаётся спортивное использование лошадей. Олимпийские игры, международные турниры и национальные чемпионаты привлекают внимание миллионов зрителей по всему миру. В связи с этим, одним из наиболее актуальных направлений является племенное коневодство, цель которого – выведение новых и совершенствование имеющихся заводских пород, востребованных в конной индустрии<sup>6</sup> [1, 2].

<sup>6</sup> Новицкий, И. Коневодство в России: особенности и основные виды / И. Новицкий.- Текст: электронный // Сельхоз-портал: официальный сайт.- 2016.- URL: <https://сельхозпортал.рф> (дата обращения: 25.11.2024)

Одной из ведущих и наиболее распространенных в мире пород спортивного направления является тракененская порода лошадей. Кроме использования представителей породы в спортивных состязаниях, выносливость тракенов и покладистый нрав позволяют считать породу универсальной. История создания и совершенствования тракененской породы насчитывает более 290 лет. Этим лошадям разводят более чем в 30 странах мира всех континентов от Новой Зеландии до Бразилии и Южной Африки [3–5]. Самая большая популяция тракененских лошадей (более 5000 маток) находится в Германии, а второе место по количеству производящего состава занимает Россия.

История выведения тракененской породы берёт своё начало в Восточной Пруссии, когда в XVIII веке в деревне Тракенен был основан королевский конный завод, где начали разводить эту удивительную породу. Родоначальниками тракененских лошадей являются литовские кобылы, покрытые неаполитанскими, туркменскими, арабскими и восточными жеребцами. К концу XVIII века тракененская порода считалась одной из лучших высококровных пород для верховой езды. Она была хорошо адаптирована к условиям конюшенно-пастбищного содержания и обладала достаточно устойчивыми племенными качествами, что позволило ей стать основным улучшателем в обширном регионе, включая Литву, Бранденбург, Познань, Лейбос и Померанию. В самом начале разведения тракененские лошади имели разностороннее хозяйственное и кавалерийское назначение, но в начале XX века из-за демилитаризации Германии и механизации сельского хозяйства в разведении стали специализироваться на спортивных качествах лошадей. Для формирования породы, в качестве улучшателей верховых способностей остальных лошадей, приоритет приобретали жеребцы чистокровной верховой породы [6].

Тракененская порода лошадей получила широкую известность и начала использоваться в России с 1920-х годов. Однако Вторая мировая война привела к приостановке её разведения. Активное восстановление работ по разведению тракененской породы началось в 1945 году на базе конного завода имени С.М. Кирова, расположенного в Ростовской области. Племенной состав был сформирован за счет выведенного из головного конного завода поголовья. Благодаря селекционной работе были выведены ведущие линии, потомки которых наилучшим образом проявили себя на различных соревнованиях [7-10].

В Российской Федерации ООО «Курский конный завод» занимается разведением лошадей тракененской породы. Этот завод – одно из ведущих предприятий России в области разведения племенных лошадей спортивного направления. С 2005 года предприятие активно занимается разведением, продажей и начальной подготовкой молодняка к испытаниям. Лошади, рождённые в этом хозяйстве, неоднократно становились призёрами различных соревнований, турниров и чемпионатов<sup>7</sup>.

**Цель исследования** – провести анализ генеалогической структуры поголовья тракененской породы, разводимых в ООО «Курский конный завод» Фатежского района Курской области.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследование проводили на базе ООО «Курский конный завод» в Фатежском районе Курской области, селе Игино.

Объектом исследования являлись лошади тракененской породы различных половозрастных групп. Материалом служили племенные карточки и паспорта лошадей,

---

<sup>7</sup> ООО «Курский конный завод». Из истории. - Текст: электронный // Русские тракены: официальный сайт. - URL: <https://rustraken.com/> (дата обращения: 12.11.2024)

ведомости результатов бонитировки племенных лошадей, каталоги жеребцов-производителей, государственные племенные книги лошадей тракененской породы, данные информационно-поисковой системы КОНИ-3<sup>8</sup>. В рамках исследований была проанализирована 61 голова маточного поголовья Курского конного завода, а также 9 жеребцов тракененской, чистокровной верховой и арабской пород из производящего состава хозяйства. Расчеты проводились в программе MS Excel 2016.

**Результаты исследования.** В 2023 году на конном заводе содержалось 70 голов лошадей тракененской породы. В структуре поголовья преобладали кобылы, на долю которых приходится 87,1%. Жеребцы составляли 12,9 % от общего числа животных.

В настоящее время в конном заводе используются 9 жеребцов-производителей: тракененской, чистокровной верховой и арабской пород. Среди них четыре жеребца – Гуте-кениг, Каприз, Зальцбург и Заказ – сыновья Заалькёнига, продолжатели линии Пифагораза (44,4 % от общего поголовья жеребцов). Жеребец Бекет является представителем линии чистокровного верхового Хипериона, жеребец Вино Россо – линии Бурнуса, два жеребца – Кайзер и Канцлер – линии Прибоя. Кардинал восходит к линии арабского Насима (таблица 1).

Таблица 1. **Жеребцы-производители Курского конного завода**  
Table 1. **Stallions of the Kursk stud farm**

Кличка	Год рождения	Масть	Происхождение		Линия
			Отец	Мать	
Бекет хх	2000	Серая	KingTerek хх	Бефахх	Хиперион
Гуте-кениг	2013	Караковая	Заалькёниг	Гуте Майнунг	Пифагораз
Каприз	2015	Вороная	Заалькёниг	Корделия	Пифагораз
Зальцбург	2015	Вороная	Заалькёниг	Гуте Майнунг	Пифагораз
Заказ	2015	Темно-гнедая	Заалькёниг	Забавная	Пифагораз
Вино Россо	2014	Темно-гнедая	Шварцгольд	Виргиния VI	Бурнус
Кайзер	2016	Гнедая	Иванхое	Космик герл	Прибой
Канцлер	2016	Темно-гнедая	Иванхое	Корнандиа	Прибой
Кардинал ох	2002	Рыжая	Анчар 24	Камея 23	Насим

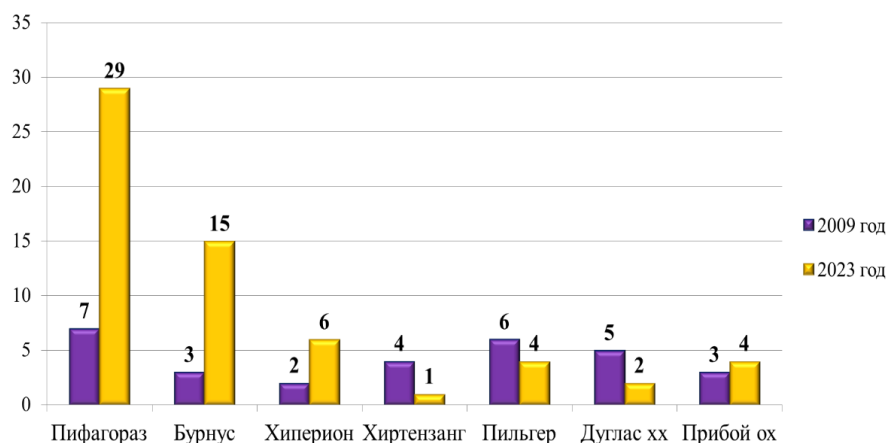
Маточный состав Курского конного завода представлен 61 маткой, которые принадлежат к линиям: Пильгера (4 головы – 6,6 %), Пифагораза (29 голов – 47,5 %), Бурнуса (15 голов – 24,6 %), Дугласа (2 головы – 3,3 %), Хинтерзанга (1 голова – 1,6 %), Хипериона (6 голов – 9,8 %) и Прибоя (4 головы – 6,6 %) (рисунок 1). Эти линии восходят к чистокровным английским, арабским и тракененским родоначальникам.

<sup>8</sup> ИПС КОНИ-3: официальный сайт. - URL: <https://www.base.ruhorses.ru/> (дата обращения: 27.10.2024)

Рассматривая изменение генеалогической структуры во временном аспекте, можно сделать вывод, что в 2009 году наиболее многочисленными были линии: Пифагора – 7 кобыл (22,6 %), Пильгера – 6 кобыл (19,3 %) и Дугласа хх – 5 кобыл (16,1 % от общего маточного поголовья). К 2023 году практически в два раза выросло число используемых конематок в заводе, что указывает на развитие хозяйства и востребованность лошадей этой породы.

За период с 2009 по 2023 год в 4,1 раза выросло поголовье маток линии Пифагора, в 5 раз – линии Бурнуса, в 3 раза – линии Хипериона. Однако стоит отметить и снижение представительства других линий: Хиртензанга – до 1 головы, Дугласа – до 2 голов. Активное использование жеребцов из Германии – Заалькёнига и Лафайетта привело к заметному сокращению линейного разнообразия.

Не меньшее значение для разведения лошадей имеет принадлежность кобыл к маточным семействам. В настоящее время в производящем составе Курского конного завода насчитывается 61 кобыла, 42 (68,9 %) из них принадлежат 8 старотракененским семействам, 11 (18,0%) – восточно-прусским, а 8 (13,1 %) – чистокровным верховым. Кобылы, относящиеся к старотракененским семействам, являются наиболее ценными, поскольку их генетическая память формировалась на протяжении почти 300 лет существования породы.



**Рисунок 1. Принадлежность маточного поголовья Курского конного завода к выдающимся линиям (голов)**

**Picture 1. The breeding stock of the Kursk stud farm belongs to the outstanding lines (number of heads)**

Из данных диаграммы (рисунок 2) следует, что в настоящее время в конном заводе культивируется 11 маточных семейств: Гундулы, Клеебат, Тинетте, Демант, Спортвейт, Лоре, Тибериусше, Фатьме и два чистокровных семейства хх № 13 и хх № 22. Наиболее многочисленными являются семейства: Гундулы – 18%, Клеебат – 13,1 %, Тинетте через Норму – 11,5 %, Тибериусше и Фатьме – по 9,8 %. Меньше всего кобыл семейства Лоре (3,2 % от общего маточного поголовья).

За исследуемый период (2009–2023 гг.) представительство кобыл всех семейств выросло. Наибольший прогресс в развитии показало семейство восточно-прусской Гундулы. Его численность увеличилась с двух до семи голов – на 71,4%. На 62,5 % увеличилось число кобыл семейства Клеебат. Выросло число кобыл, восходящих к чистокровным семействам № 13 и № 22 – с одной до четырёх голов (на 75%). В остальных семействах динамика изменения

численности положительная, за исключением семейства Лоре. Численность кобыл этого семейства не изменилась за рассматриваемый период.

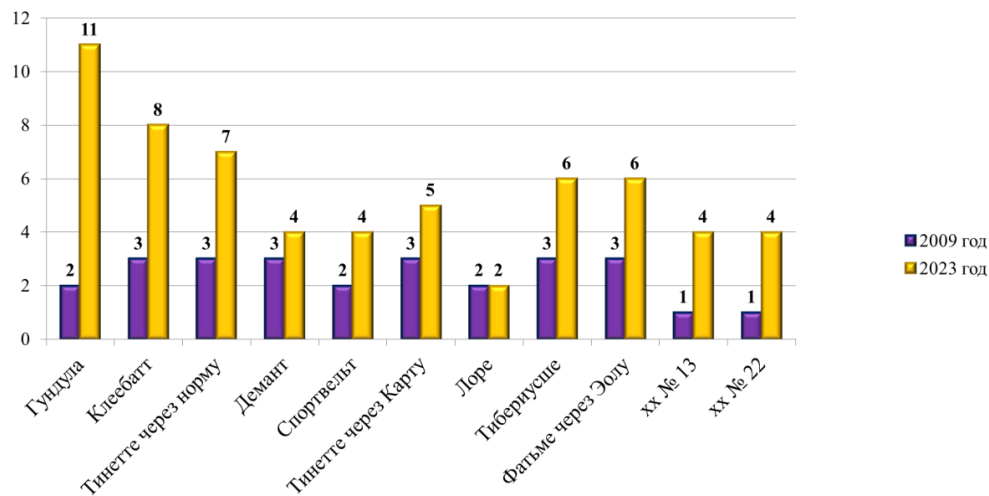


Рисунок 2. Принадлежность маточного поголовья Курского конного завода к выдающимся семействам (количество голов)

Picture 2. The breeding stock of the Kursk stud farm belongs to outstanding families (number of heads)

**Выводы.** В производящем составе лошадей тракененской породы Курского конного завода используются лошади семи линий. Ведущей по численности является линия Пифагораза, представленная четырьмя жеребцами-производителями и 29 конематками.

Кобылы конного завода принадлежат к 11 маточным семействам. Наиболее многочисленным из которых является семейство Гундулы.

За прошедший более чем 20-летний период в заводе не утрачено ни одной линии и маточного семейства. Расширенная генеалогическая структура позволяет разводить лошадей в соответствии с запросами конного рынка.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aurich, J., Aurich, C. Developments in European horse breeding and consequences for veterinarians in equine reproduction. // *Reprod. Domest. Anim.* – 2006. – Vol.41 (4). – P. 275-279. – DOI: 10.1111/j.1439-0531.2006.00719.

2. Рыбалко, О. А. Особенности оценки и учета лошадей разных направлений использования / О. А. Рыбалко // *Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации* : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации, Пермь, 10–13 октября 2023 года. – Пермь: "От и До", 2023. – С. 324-327.

3. Teegen, R., Edel, C., Thaller, G. Population structure of the Trakehner Horse breed. // *Animal.* – 2009. Vol. 3(1). – P. 6-15. – DOI: 10.1017/S1751731108003273.

4. Горская, Н. И. Тракененская порода в классических видах конного спорта / Н. И. Горская // *Коневодство и конный спорт.* – 2007. – № 2. – С. 28-32.

5. Дорофеева, А. В. 285 лет конному заводу Тракенен (1732-2017 гг.) / А. В. Дорофеева // *Коневодство и конный спорт.* – 2017. – № 4. – С. 28-30.

6. Дорофеева А.В. Исторические сведения о появлении лошадей тракененской породы на территории России [Электронный ресурс] // Информационный выпуск ВНИИК «Тракененская порода лошадей». — 1999. — 4 с. — Режим доступа: <https://www.ruhorses.ru/files/docs/1767.pdf>. — Дата обращения: 15.10.2024.

7. Камзолов, Б.В. История тракененской лошади // Мн.: ИООО "Кавалер Паблицерс", 2002. – 384 с.

8. Бачурина Е. М., Полковникова В. И. Оценка молодняка лошадей тракененской породы по экстерьеру и спортивным качествам // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3 (95). – С. 357-363.

9. Калашников, В. В. Генетические ресурсы коневодства России и биотехнологические методы их сохранения / В. В. Калашников, А. М. Зайцев, Л. Ф. Лебедева // Коневодство и конный спорт. – 2024. – № 3. – С. 4-9. – DOI 10.25727/HS.2024.3.60837.

10. Gerling C. Anteil und Einfluss von Spezialblut auf die aktive Trakehner Zuchtstutenpopulation aus dem Jahr 2014 und deren Nachkommen: D. Sc. Thesis. — Berlin, Deutschland, 2018.

### REFERENCES

1. Aurich, J. and Aurich, C. (2006), “Developments in European horse breeding and consequences for veterinarians in equine reproduction”, *Reproduction in Domestic Animals*, vol. 41, no. 4, pp. 275-279. – DOI: 10.1111/j.1439-0531.2006.00719.

2. Rybalko, O. A. (2023), “Features of assessment and accounting of horses of different directions of use”, *Agrotekhnologii XXI veka: strategiya razvitiya, tekhnologii i innovacii : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchyonnoj Desyatiletiju nauki i tekhnologii v Rossijskoj Federacii* [Agrotechnologies of the XXI century: development strategy, technologies and innovations : Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation], *Agrotekhnologii XXI veka: strategiya razvitiya, tekhnologii i innovacii Perm, 10–13 oktyabrya 2023 goda* [Agrotechnologies of the 21st century: development strategy, technology and innovation Perm, October 10-13, 2023], Perm, Russia, 10-13 October 2023, pp. 324-327.

3. Teegen, R., Edel, C. and Thaller, G. (2009), “Population structure of the Trakehner Horse breed”, *Animal*, vol. 3, no. 1, pp. 6-15. – DOI: 10.1017/S1751731108003273.

4. Gorskaya, N. I. (2007), “Traken breed in classical equestrian sports”, *Konevodstvo i konnyj sport*, no. 2, pp. 28-32.

5. Dorofeeva, A. V. (2017), “285 years of Trakenen Stud Farm (1732-2017)”, *Konevodstvo i konnyj sport*, no. 4, pp. 28-30.

6. Dorofeyeva, A.V. (1999) “Istoricheskiye svedeniya o poyavlenii loshadey trakenenskoy porody na territorii Rossii”, available at: [tpts://www.ruhorses.ru/files/docs/1767.pdf](https://www.ruhorses.ru/files/docs/1767.pdf) (Accessed 15 november 2024).

7. Kamzolov, B.V. (2002), *Istoriya trakenenskoy loshadi* [The history of the Traken horse], ИООО "Кавалер Паблицерс", Minsk, Belarus.

8. Bachurina E. M. and Polkovnikova V. I. (2022), “Evaluation of young Trakenen horses by exterior and athletic qualities”, *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 95, no. 3, pp. 357-363.

9. Kalashnikov, V. V., Zaitsev A. M. and Lebedeva L.F. (2024), “Genetic resources of Russian horse breeding and biotechnological methods of their conservation”, *Konevodstvo i konnyj sport*, no. 3, pp. 4-9. – DOI 10.25727/HS.2024.3.60837.

10. Gerling, C. (2018), "Proportion and influence of special blood on the active Trakehner broodmare population from 2014 and their offspring", D. Sc. Thesis, Veterinary medicine, Freien Universität Berlin, Berlin, Germany.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Анна Александровна Фисенко**, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры крупного животноводства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-0995-1334>, SPIN-код: 8629-3697, Scopus ID: 55882959400, Researcher ID: IVV-6929-2023; e-mail: nerpa-2007@mail.ru.

**Анастасия Викторовна Санганаева**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры крупного животноводства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0002-5529-9949>, SPIN-code: 2284-1349, e-mail: asyvs@mail.ru.

**Марина Даниеловна Вайковски**, магистрант института животноводства и аквакультуры имени В.И. Наумова, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Пушкин, Санкт-Петербург, Россия; <http://orcid.org/0009-0007-2444-0640>, SPIN-code: 2660-3948, e-mail: marina28040202@mail.ru.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anna A. Fisenko**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Lecturer, of the Department of Large Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg state agrarian University"; <http://orcid.org/0000-0002-0995-1334>, SPIN-code: 8629-3697, Scopus ID: 55882959400, Researcher ID: IVV-6929-2023; e-mail: nerpa-2007@mail.ru.

**Anastasia V. Sanganaeva**, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of the Department of Large Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg state agrarian University"; <http://orcid.org/0000-0002-5529-9949>, SPIN-code: 2284-1349, e-mail: asyvs@mail.ru.

**Marina D. Vaikovski**, Master's student, Institute of Animal Husbandry and Aquaculture named after V.I. Naumov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg state agrarian University"; <http://orcid.org/0009-0007-2444-0640>, SPIN-code: 2660-3948, e-mail: marina28040202@mail.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><b>Конфликт интересов.</b> Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p><b>Conflict of interest.</b> The authors declare no conflict of interest.</p>

Поступила в редакцию / Received 28.01.2025  
Поступила после рецензирования / Revised 18.02.2025  
Принята к публикации / Accepted 18.02.2025

Обзорная статья/ Review article

УДК 639.3.043.13

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-62-77

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ РЫБ В ПРОЦЕССЕ КОРМЛЕНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ

М.Т. Темиров , С.У. Темирова , Т.А. Нечаева ✉

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
Пушкин, Санкт-Петербург, Россия  
✉tamara.73@list.ru


**Реферат.** Рост объемов мировой аквакультуры приводит к росту производственных затрат, в том числе и на приобретение высококачественных кормов. Для оптимизации данных затрат, повышения эффективности кормления и снижения потерь корма, необходимым становится внедрение средств автоматизации процессов кормления рыбы, а также средств автоматизации мониторинга параметров среды. Осуществление процесса кормления рыбы с использованием оптического, акустического и сенсорного оборудования, а также автоматизированных алгоритмов обработки данных, получаемых с помощью перечисленного оборудования, позволит сделать процесс гибким, эффективным и снизить производственные издержки предприятий. Цель данной статьи – обзор технологий и методов, используемых в последние годы для автоматизации распознавания поведения рыб в процессе кормления. В настоящее время в аквакультуре активно применяется технология компьютерного зрения, позволяющая определять размеры рыб, идентифицировать их по полу и видовой принадлежности, а также осуществлять мониторинг состояния и поведения рыбы. Применение данной технологии ограничивается прозрачностью воды. Эти недостатки компенсируются за счет использования акустических методов контроля. Необходимо отметить, что большинство проведенных исследований проведены в лабораторных условиях, поэтому требуются дополнительные исследования для разработки алгоритмов мониторинга и оценки поведения рыб во время кормления в условиях рыбоводных хозяйств. Современная тенденция в исследованиях пищевого поведения рыб заключается в объединении и совокупном анализе данных, получаемых с современных датчиков и систем наблюдения. Дальнейшие исследования позволят разработать более точные и эффективные системы контроля процесса кормления, что в свою очередь будет способствовать совершенствованию технологий аквакультуры.

**Ключевые слова:** аквакультура, мониторинг кормления, технологии компьютерного зрения, акустические технологии

**Для цитирования:** Темиров М.Т., Темирова С.У., Нечаева Т.А. Обзор современных методов мониторинга и анализа поведения рыб в процессе кормления в аквакультуре// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С.62–77. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-62-77.

## REVIEW OF MODERN METHODS OF MONITORING AND ANALYSIS OF FISH BEHAVIOR DURING THE FEEDING PROCESS IN AQUACULTURE

M.T. Temirov , S.U. Temirova , T.A. Nechaeva  

Sankt-Petersburg State Agricultural University  
Pushkin, Saint Petersburg, Russia  
tamara.73@list.ru

**Abstract.** The expansion of global aquaculture has led to an increase in production costs, particularly in the acquisition of high-quality feed. To optimise these costs, improve feeding efficiency, and minimise feed wastage, it is essential to implement automated solutions for fish-feeding operations and environmental monitoring parameters. By implementing a fish-feeding process that incorporates optical, acoustic, and sensor equipment along with automated data processing algorithms from these instruments, the process will become more flexible, efficient, and reduce production costs for businesses. The aim of this paper is to explore the technologies and methods employed in recent years to automate the detection of fish behaviour during feedings. Currently, computer vision technology plays a pivotal role in aquaculture. It enables the determination of fish size, gender, and species identification as well as monitoring fish health and behavior. The deployment of this technology is constrained by the opacity of the aquatic environment, but these limitations can be mitigated through acoustic monitoring techniques. Most studies conducted so far have been laboratory-based and require further research to develop robust algorithms for monitoring and assessing fish behavior during feeding processes in aquaculture settings. A prevailing trend in fish feeding research is the integration of data from advanced sensors and surveillance systems, which holds promise for developing more precise and efficient monitoring systems for feeding activities.

**Keywords:** aquaculture, feeding monitoring, computer vision technologies, acoustic technologies

**For citation:** Temirov M.T., Temirova S.U., Nechaeva T.A. (2025), "Review of modern methods of monitoring and analysis of fish behavior during the feeding process in aquaculture", *Izvestia Saint-Petersburg State Agricultural University*", vol. 1, no 79, pp. 62–77. (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-62-77.

**Введение.** Увеличение объемов производства аквакультуры сопряжено с ростом производственных издержек, значительную долю которых составляют затраты на приобретение качественных кормов, оплату труда и электроэнергию, которые в современных промышленных хозяйствах достаточно велики. С целью оптимизации расходов, а также минимизации рисков, связанных с человеческим фактором, становится необходимым внедрение средств автоматизации процессов кормления рыбы и способов автоматизации мониторинга параметров среды.

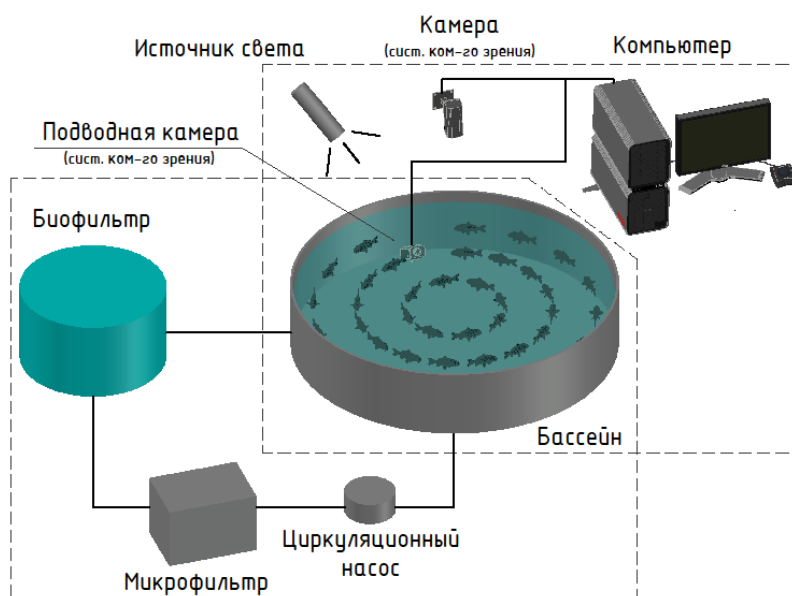
Так, наиболее распространёнными на предприятиях элементами автоматизации процессов являются автоматические кормушки, которые позволяют уменьшить участие человека в процессе производства. Периодичность кормления задается и корректируется на основании опыта фермера (рыбовода). По мнению ряда исследователей, такая организация процесса кормления является достаточно грубой, так как не учитывает поведение рыбы до начала и в процессе кормления [1, 2]. Использование автоматических кормушек может приводить к излишнему расходу корма, что снижает экономическую эффективность работы предприятия [3, 4].

Осуществление процесса кормления рыбы с использованием оптических, акустических и сенсорных систем, а также автоматизированных алгоритмов обработки данных, получаемых с помощью перечисленного оборудования, позволит сделать процесс гибким, эффективным и снизить производственные издержки предприятий. За несколько последних десятилетий было проведено большое количество научных исследований, посвященных изучению пищевого поведения рыб в условиях аквакультуры [5, 6]. В данных работах основной акцент был сделан на пищевом поведении рыб, их реакциях на стрессовые факторы, а также на особенностях плавательного и группового поведения.

**Цель исследования.** Целью данной статьи является обзор технологий и методов, используемых в последние годы, для автоматизации распознавания поведения рыб в процессе кормления.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Материалами данной работы послужили зарубежные литературные источники, описывающие технологии, применяемые для мониторинговых исследований питания рыб при выращивании в аквакультуре. Рассмотрены основные методы такого контроля – технология компьютерного зрения и акустические технологии. Объекты исследования – рыбы, содержащиеся в искусственных условиях. В процессе подготовки статьи был проведен поиск и анализ литературы из баз данных ScienceDirect, Scopus, ResearchGate и eLIBRARY.

**Результаты исследования.** В последние годы в аквакультуре активно применяется технология компьютерного зрения [7, 8, 9]. Данная технология используется при определении размера, идентификации пола, видов и популяций, а также мониторинга состояния и поведения рыбы [10]. Компьютерное зрение является эффективным средством для проведения исследований в режиме реального времени [11]. Схема данной технологии представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Схема системы распознавания поведения рыб при кормлении на основе компьютерного зрения**

**Picture 1. Computer vision-based fish feeding recognition scheme**

В зависимости от длины волны, используемой камерами, свет можно разделить на видимый и инфракрасный.

Технология компьютерного зрения, основанная на использовании света в видимом спектре, широко используется по сравнению с другими типами источников света. Исследование поведения рыб в процессе кормления проводится по двум методам – прямому и косвенному. К прямым относятся методы, использующие изображение рыб, получаемое с камер для анализа поведения в процессе кормления (при исследовании). Методы, при которых изображение, получаемое с камер, используется для наблюдения и оценки иных параметров (к примеру, оценки количества остатков корма в воде), относятся к косвенным.

Различные характеристики изображения, такие как текстура, форма и площадь распределения кормящихся рыб, могут отражать интенсивность питания [12,13]. Так, исследования, проведенные на японской камбале [14], показали, что рыба в состоянии голода плавает с более высокой скоростью и преимущественно сосредотачивается в верхнем слое воды. Исследовательские работы, выполненные в 2000 г., также подтвердили ранее полученные результаты. Следовательно, уровень голода является важным фактором, определяющим поведение рыб. Скорость, ускорение, угловая скорость и степень сосредоточения рыб также могут различаться в зависимости от степени голода [15, 16]. Данные, полученные по результатам указанных исследований, дают новые возможности для оптимизации, контроля и управления процессом кормления рыбы.

В 2013 году в Department of Mechatronics and Biomedical Engineering была спроектирована и реализована устойчивая система кормления для аквакультуры – «Sustainable Aquaculture Feeding System» (SAFS), которая использует машинное зрение и специальный алгоритм для оценки степени голода рыб. Используя изображение, получаемое с камеры наблюдения, система способна с точностью до 80% обнаруживать и подсчитывать количество рыб в различных зонах емкости и, анализируя совокупность данных, оценивать уровень потребности пищи. Pautsina, A., Cisar, P., Stys, D., Terjesen, B.F., Espmark, A.M.O. изучили и опробовали систему инфракрасного отражения (IREF), основанную на способности воды поглощать свет в ближнем инфракрасном диапазоне. Преимуществами системы IREF перед традиционными системами стереозрения являются низкая стоимость оборудования и меньший объем вычислений. Однако точность отслеживания требует дальнейшего совершенствования [17].

В последние годы получает распространение применение нейронных сетей для анализа поведения рыб. В 2019 году был предложен метод анализа интенсивности питания рыбы с использованием нейронной сети LeNet-5, позволяющий классифицировать активность питания рыбы на 4 стадии, точность классификации составила 90%. Применение сверточных нейронных сетей ограничивается различными техническими сложностями, для преодоления которых в настоящее время проводятся различные исследования и эксперименты [18]. В 2023 году был представлен модуль, получивший название MSIF-MobileNet V3 (создан на основе нейросети Google MobileNet V3 на действующей системе УЗВ компании Laizhou Mingbo Co., Ltd) [19]. Было проведено исследование работы модуля, при котором наблюдали поведение 50 рыб. Далее выполнено обучение предложенной нейронной сети MSIF-MobileNetV3: было использовано 7200 изображений, классифицированных по стадиям профессиональными рыбаками. После обучения нейросеть выполнила классификацию 2400 изображений на стадии питания, точность классификации составила 96,4%.

Обнаружение несъеденных гранул – ещё один способ использования компьютерного зрения для идентификации и оценки интенсивности кормления [20]. Parsonage K.D. разработал

систему обработки изображений для отслеживания кормовых гранул в условиях большой плотности и переменной освещенности (при выращивании атлантического лосося в садках). Система включает в себя алгоритм оптимизации изображения и устранения ложных целей [21].

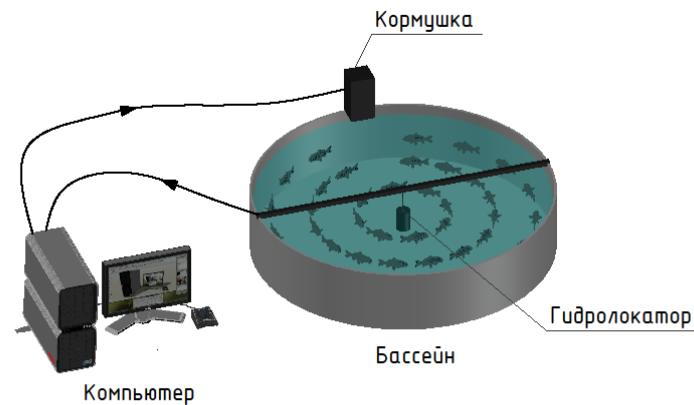
В 2015 году был представлен алгоритм для измерения количества гранул на изображениях с неоднородным освещением, который, обрабатывая изображение с подводной камеры, позволяет оценить количество гранул, осевших на дно емкости. Обработка изображения была основана на адаптивном пороговом преобразовании Оцу. В условиях неравномерного освещения гранулы корма обнаруживались и подсчитывались с погрешностью не более 8% [22]. Пространственное и временное распределение пищевых гранул в садках имеет большое значение для изучения пищевого поведения рыб [23]. Skoien, K.R., Alver, M.O., Alfredsen, J.A [24] разработали детектор гранул, позволяющий определить пространственное распределение пищевых гранул. Система, анализируя изображение, обнаруживает и подсчитывает объем пищевых гранул, опускающихся через воронку. Устройство способно оперативно обнаружить и оценить количество несъеденных гранул с погрешностью не более 1,3%.

Применение компьютерного зрения в инфракрасном диапазоне позволяет получить качественное изображение в среде с низким уровнем освещения [25]. Так, путем применения инфракрасного фотоэлектрического датчика для наблюдения за стайным поведением угрей, разработана система контроля кормления. При отсутствии признаков агрегации система рекомендует прекратить кормление, что способствует эффективному расходу корма и уменьшению загрязнения воды [26].

В работе 2018 года автоматическое кормление было реализовано в сочетании с искусственной нейронной сетью, основанной на нечеткой системе вывода Такаги-Сугено (ANFIS). Результаты показали, что точность принятия решения о кормлении модели ANFIS составила 98%, а коэффициент конверсии корма (FCR) снижен на 10,77% по сравнению с таблицей кормов [10].

Инфракрасные датчики и технология получения изображений в ближнем инфракрасном диапазоне, по сравнению с традиционными камерами, больше подходят для наблюдений в мутной воде при низком освещении. Данный метод все чаще используют для оценки биомассы в аквакультуре, 2D или 3D отслеживания и анализа поведения рыб.

Применение компьютерного зрения является эффективным и недорогим методом, но имеет некоторые ограничения. Возможности этой технологии обычно ограничиваются прозрачностью воды. Если большое количество рыб находится на дне емкости или вдали от источника света, система камер может оказаться не в состоянии обеспечить точное изображение рыбы. Данные недостатки можно компенсировать за счет использования акустических методов. Схема работы такой системы представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2. Схема системы распознавания пищевого поведения рыб, основанной на акустической технологии**

**Picture 2. Fish eating behaviour recognition scheme based on acoustic technology**

Методы получения акустических данных можно разделить на методы с использованием пассивной акустики и методы с использованием активной акустики [27].

Пассивное акустическое распознавание и мониторинг кормления рыб осуществляются на основе слышимого звука [28, 29]. Известно, что более 800 видов рыб издают звуки, и в исследованиях эти звуки изучались для получения данных о численности, распределении и поведении рыб [30]. Tricas, T.C. и Boyle, K.S. записали 85 звуков, принадлежащих 45 видам рыб, обитающих на коралловых рифах Гавайев [31]. Звуки были связаны с такими аспектами, как конкуренция, размножение, защита, кормление и бдительность. Большинство звуков, не относящихся к питанию, представляли собой одиночные импульсы или их последовательности, продолжительностью менее 100 мс. В то же время некоторые рыбы-попугаи и барракуды издавали уникальные нерегулярные звуки во время кормления с высокой частотой (26 кГц), что служит важным количественным показателем их пищевой активности.

Lagardere J.P. выполнил наблюдение за поведением тюрбо [32] –проанализировал частотный спектр звуков, издаваемых в процессе питания. В исследовании отмечено, что звуки, издаваемые в процессе кормления, варьировались от 15 дБ до 20 дБ в диапазоне частот 7–10 кГц, что могло отражать изменения интенсивности питания рыб. Фоновый шум является фактором, влияющим на точность распознавания пищевого поведения рыб в этих исследованиях. Позже MallekhR. и Lagardere, J.P разработали метод мониторинга звуков, издаваемых при питании тюрбо, позволяющий исключить фоновые шумы. Результаты исследования предложенного метода продемонстрировали, что сигнал, зафиксированный акустическим детектором, имеет линейную зависимость от активности кормления, что указывает на то, что система имеет хороший потенциал для применения [33]. По сравнению с пассивной акустикой более обширные исследования были проведены с использованием активной акустики. Работы выполнены с целью мониторинга распределения, оценки массы, местоположения и отслеживания, а также анализа поведения рыбы [34, 35]. В исследованиях применяли гидролокаторы с изображением и без изображения.

Применение технологии акустической телеметрии способно дополнить традиционные методы наблюдения за состоянием объектов аквакультуры. В последние годы эта технология

используется для оценки биомассы, обнаружения и отслеживания рыбы, мониторинга ее поведения, а также обнаружения повреждений аквакультуры садков. Кроме того, данный метод имеет потенциал в обнаружении и идентификации пищевого поведения рыб.

Begout-Anras и М., Lagardere, J.P. [36] выполнили исследования с использованием телеметрической системы акустического позиционирования для изучения различий в плавательном поведении меченых рыб при различной интенсивности кормления. Исследования показали, что перемещение в зону нагула является основной особенностью пищевого поведения рыб. Развитие и миниатюризация чипов сделали метод акустической эмиссии пригодным для изучения поведения рыб.

Пищевая активность отражается в характере вертикального движения рыбы [37]. Fore, Martin, Alfredsen, J.A., Gronningsater A. [38] использовали две метки акустической эмиссии (глубина и ускорение) для мониторинга пищевого поведения рыбы. Метка глубины эффективно различает поведение при кормлении и другие модели активности. В ходе эксперимента пищевая активность выражалась в колебаниях вблизи поверхности с необычно высокими скоростями вертикального движения.

В дополнение к прямому мониторингу поведения рыб также использовался метод эхоинтеграции для определения количества подаваемого корма, когда рыба находилась в сытом состоянии или, когда интенсивность кормления была снижена [39].

Акустическая визуализация имеет более очевидное преимущество перед компьютерным зрением в темной или мутной воде [40]. В последние десятилетия произошел большой прогресс в применении гидроакустических технологий в рыболовстве: от простых аналоговых однолучевых и одночастотных систем до более сложных цифровых многолучевых и многочастотных систем [41]. Основным принцип системы акустического зондирования заключается в получении информации с использованием эхолота.

Метод обработки гидролокационных изображений аналогичен традиционному методу обработки оптических изображений. Кроме того, он также включает в себя интенсивность эха, энергию и другую информацию, которой больше, чем информации, содержащейся в оптическом изображении.

Также применение акустических методов на предприятиях аквакультуры позволяет решить задачи мониторинга параметров отдельных рыб и рыбных скоплений. Так, разработанный ООО КБМЭ «Вектор» гидроакустический комплекс для мониторинга рыбы позволяет осуществить мониторинг рыбы, выращиваемой в садках (определение размерного ряда, биомассы), выявлять прорывы и другие нарушения целостности сетчатого полотна по всему периметру садка, что предотвращает потерю выращиваемой рыбы и ограничивает несанкционированный доступ. [42]. Комплекс включает в себя активный эхолот, размещенный на понтоне и соединенный с устройством сканирования диаграммы направленности антенны эхолота. Данные о лоцировании передаются в блок обработки, где они сопоставляются с ранее полученным акустическим «портретом» садка.

Применение акустических технологий для контроля пищевого поведения рыб и привлечения их на кормовые участки в условиях пастбищной аквакультуры дает возможность управлять их перемещением в пределах акватории нагульного водоема. Гидроакустический комплекс, состоящий из бесконтактных дистанционных средств пассивного контроля и активного воздействия на рыб, позволяет автоматизировать процесс управления поведением рыб в период нагула, контроля перемещения и наращивания ихтиомассы объектов

аквакультуры, что может существенно повысить эффективность рыбоводства. Для этого в водную среду излучают информационные гидроакустические сигналы, имитирующие собственные звуки рыб, присутствующие на всех стадиях их развития и служащие средством акустической сигнализации и связи как в стае, так и между стаями данного вида. В качестве гидроакустических средств применяют пневматические излучатели. Конструкция ПИ-имитатора звуков дает возможность регулировать параметры излучаемых звуков в зависимости от видового и размерного состава объектов пастбищной аквакультуры, на которые направлено воздействие. Сигналы привлекают рыб и удерживают их на участках акватории с богатой кормовой базой. Это позволяет повысить сохранность молоди, выращенной в условиях рыбоводных заводов и выпущенной для дальнейшего нагула в естественный водоем. Данный способ также может быть использован для привлечения в зону облова и концентрации объектов выращивания [43, 44].

Помимо исследований с применением оптических и акустических технологий, имеют место исследования с использованием датчиков мониторинга различных параметров, последующий анализ которых позволяет оценить поведение рыб в процессе кормления. Так используются датчики ускорения и контроля параметров воды (растворенного кислорода, pH и температуры воды).

Акселерометры в последнее время начали применяться в морских биологических исследованиях для анализа поведения рыб. Пищевое поведение большинства вызывает специфические изменения в ускорении, отличающиеся от их обычной активности [45]. Для глубокого исследования пищевого поведения можно измерить эти характерные изменения ускорения [46].

Изменения основных параметров воды (температуры, концентрации растворенного кислорода, значения pH, аммиачно-азотных соединений) также зависят от интенсивности питания рыбы [47, 48, 49]. В процессе кормления рыб вышеуказанные параметры колеблются. Наличие несъеденных гранул на дне емкости также приводит к изменению концентрации растворенного кислорода и соединений аммиачного азота.

Схема, показывающая структуру системы распознавания поведения рыб с помощью разнообразных датчиков, представлена на рисунке 3.



Рисунок 3. Схема, показывающая структуру системы распознавания поведения рыб при кормлении на основе других датчиков

Picture 3. Schematic showing the structure of the fish feeding behaviour recognition system based on other sensors

Таким образом, данные датчиков параметров воды, следует анализировать и принимать во внимание при разработке интеллектуальных систем принятия решений и контроля процесса кормления.

Имеющиеся на сегодняшний день исследования показывают, что параметры воды, такие как температура и концентрация растворенного кислорода, могут косвенно отражать степень голода и точно отслеживать потребности рыб в корме.

Помимо вышеупомянутых методов, биотелеметрия достигла значительных успехов в дистанционном мониторинге физиологических показателей у рыбы во время плавания. Исследователи провели эксперимент, разделив рыб на группы с разными уровнями голода: голодающие и насыщающиеся. Десяти процентам рыб из каждой группы были установлены ЭМГ-передатчики (N = 10; модель CEMG-R11–25, LotekWireless, Ньюмаркет, Онтарио), которые регистрировали электропотенциалы в осевой красной мышечной ткани в различных состояниях голода. При этом рыбы в голодной группе проявляли более высокую мышечную активность во время кормления, чем рыбы в сытой группе [50]. Данные исследования показали, что датчики позволяют с высокой достоверностью оценить степень голода и могут быть применены в процессе кормления.

**Выводы.** Непрерывное совершенствование анализа данных и постоянная оптимизация алгоритмов обработки изображений существенно повышают точность отслеживания и распознавания поведения рыб. Однако большинство проведенных исследований ограничены лабораторными условиями, поэтому требуются дополнительные исследования для разработки алгоритмов мониторинга и оценки поведения рыб во время кормления.

Текущая тенденция в исследованиях пищевого поведения заключается в объединении и совокупном анализе данных, получаемых при помощи современных датчиков и систем наблюдения.

Анализ полученных данных и дальнейшие исследования, несомненно, приведут к разработке более точных и эффективных систем отслеживания рыб, что в свою очередь будет способствовать совершенствованию процесса их выращивания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Begout, M.L., Kadri, S., Huntingford, F., Damsgard, B. The Tools for studying the behaviour of farmed fish // *Aquaculture and behaviors*. Blackwell Publishing Ltd. – 2012. – P. 65–86. doi: 10.1002/9781444354614.
2. Zhao, J., Bao, W.J., Zhang, F.D., Ye, Z.Y., Liu, Y., Shen, M.W., Zhu, S.M. Assessing appetite of the swimming fish based on spontaneous collective behaviors in a recirculating aquaculture system // *Aquacultural Engineering*. – 2017. – № 78. – P.196–204. doi: 10.1016/j.aquaeng.2017.07.008.
3. Ang, K.P., Petrell, R.J. Pellet wastage, and subsurface and surface feeding behaviours associated with different feeding systems in sea cage farming of salmonids // *Aquacultural Engineering*. – 1998. doi: 10.1016/s0144-8609(98)00026-0;
4. Liu, Z., Li, X., Fan, L., Lu, H., Liu, L., Liu, Y. Measuring feeding activity of fish in RAS using computer vision // *Aquacultural Engineering*. – 2014. doi:10.1016/j.aquaeng.2014.03.005.
5. Jobling, M., Arnesen, A.M., Baardvik, B.M. Christiansen, J.S., Jorgensen, E.H. Monitoring feeding behaviour and food intake: methods and applications // *Aquacultural Nutrition*. – 1995. – №1 (3). – P. 13–143. doi:10.1111/j.1365-2095.1995.tb00037.x.
6. Fore, Martin, Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J.A., Dempster, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Sunde, L.M., Schellewald, C., Skoien, K.R., Alver, M.O. Berckmans, D.

Precision fish farming: a new framework to improve production in aquaculture // *Biosystems Engineering*. – 2018. № 173. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014.

7. Zion, B. The use of computer vision technologies in aquaculture -a review//*Computers and Electronics in*. – 2012. - № 88. – P.125–132. doi:10.1016/j.compag.2012.07.010.

8. Hassan, S.G., Hasan, M., LI, D. Information fusion in aquaculture: a state-of-the art Review // *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. – 2016. – № 3. – P. 206. doi: 10.15302/J-FASE-2016111.

9. Saberioon, M., Gholizadeh, A., Cisar, P., Pautsina, A., Urban, J. Application of machine vision systems in aquaculture with emphasis on fish: state-of-the-art and key issues // *Reviews in Aquaculture*. – 2017. – № 9. – P.369–387. doi:10.1111/raq.12143.

10. Zhou, C., Lin, K., Xu, D., Chen, L., Guo, Q., Sun, C., Yang, X. Near infrared computer vision and neuro-fuzzy model-based feeding decision system for fish in aquaculture // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2018. – № 146 – P. 114–124. doi:10.1016/j.compag.2018.02.006;

11. Begout, M.L., Kadri, S., Huntingford, F., Damsgard, B. The Tools for studying the behaviour of farmed fish. *Aquaculture and behaviors* // Blackwell Publishing Ltd. – 2012. – P.65–86. doi: /10.1002/9781444354614.

12. Hu, J., Li, D., Duan, Q., Han, Y., Chen, G., Si, X. Fish species classification by color, texture and multi-class support vector machine using computer vision // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2012. – № 88. – P.133–140. doi:10.1016/j.compag.2012.07.008.

13. Jyothi, S., Sucharita, V., Mamatha, D.M. A survey on computer vision and image analysis based techniques in aquaculture // *Digital Image Process*. – 2013. <https://www.researchgate.net/publication/309209818>

14. Ang, K.P., Petrell, R.J. Control of feed dispensation in seacages using underwater video monitoring: effects on growth and food conversion // *Aquacultural Engineering*. – 1997. – № 16, 45–62. doi: 10.1016/s0144-8609(96)01012-6.

15. Cha, B.J., Bae, B.S., Cho, S.K., Oh, J.K. A simple method to quantify fish behavior by forming time-lapse images // *Aquacultural Engineering*. – 2012. – № 51. – P.15–20. doi:10.1016/j.aquaeng.2012.05.001.

16. Zhao, J., Gu, Z., Shi, M., Lu, H., Li, J., Shen, M, Ye, Z., Zhu, S-M. Spatial behavioral characteristics and statistics-based kinetic energy modeling in special behaviors detection of a shoal of fish in a recirculating aquaculture system // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2016. – № 127. – P. 271–280. doi:10.1016/j.compag.2016.06. 025.

17. Pautsina, A., Cisař, P., Štys, D., Terjesen, B.F., Espmark, A.M.O. Infrared reflection system for indoor 3D tracking of fish // *Aquacultural Engineering*. – 2015. – № 69. – P.7–17. doi:10.1016/j.aquaeng.2015.09.002.

18. Zhou, C., Xu, D., Chen, L., Zhang, S.,Sun, C.,Yang, X.,Wang,Y. Evaluation of fish feeding intensity in aquaculture using a convolutional neural network and machine vision // *Aquaculture*. – 2019. – № 507. – P.457–465. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.04. 056.

19. Foster, M., Petrell, R., Ito, M.R., Ward, R. Detection and counting of uneaten food pellets in a sea cage using image analysis // *Aquacultural Engineering*. – 1995. – № 14. – P.251–269. doi: 10.1016/0144-8609 (94)00006-m.

20. Parra, L., Sendra, S., Garcia, L., Lloret, J. Design and deployment of low-cost sensors for monitoring the water quality and fish behavior in aquaculture tanks during the feeding process // *Sensors*. – 2018. – № 18 (3). – P. 750. doi: 10.3390/s18030750.

21. Parsonage, K.D., Petrell, R.J. Accuracy of a machine-vision pellet detection system // *Aquacultural Engineerin g*– 2003. – № 29(3). – P.109–123. doi: 10.1016/s0144-8609(03)00049-9.

22. Liu, H., Xu, L., Li, D. Detection and recognition of uneaten fish food pellets in aquaculture using image processing // *SPIE 94430G*. – 2015. doi:10.1117/12.2179138.

23. Skoien, K.R., Alver, M.O., Zolich, A.P., Alfredsen, J.A. Feed spreaders in sea cage aquaculture –motion characterization and measurement of spatial pellet distribution using an

unmanned aerial vehicle // Computers and Electronics in Agriculture. – 2016. – № 129. – P.27–36. doi:10.1016/j.compag.2016.08.020.

24. Skoien, K.R., Alver, M.O., Alfredsen, J.A. A computer vision approach for detection and quantification of feed particles in marine fish farms // IEEE International Conference on Image Processing, IEEE. – 2015. doi:10.1109/ICIP.2014.7025330.

25. Hung, C., Tsao, S., Huang, K., Jang, J., Chang, H., Dobbs, F.C. A highly sensitive underwater video system for use in turbid aquaculture ponds // Scientific Reports. – 2016. – № 6. doi: 10.1038/srep31810.

26. Mattos, B.O.D., Nascimento-Filho, E.C.T., Anjos-Santos, A.D., Sanchez-Vazquez, F.J., Fortes-Silva, R. Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (*Arapaima gigas*) // Aquaculture. – 2016. – № 465. – P. 152–157. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.005.

27. Smith, D.V., Tabrett, S. The use of passive acoustics to measure feed consumption by *Penaeus monodon* (giant tiger prawn) in cultured systems // Aquacultural Engineering. – 2013. – № 57. – P. 38–47. doi:10.1016/j.aquaeng.2013.06.003.

28. Gannon, D.P. Passive acoustic techniques in fisheries science: a review and prospectus // Transactions of the American Fisheries Society. – 2008. – № 137. – P. 638–656. doi:10.1577/T04-142.1.

29. Ullman, C., Rhodes, M.A., Allen Davis, D. Feed management and the use of automatic feeders in the pond production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* // Aquaculture. – 2019. – № 498. – P. 44–49. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.08.040.

30. Juanes, F. Listening to fish: an international workshop on the application of passive acoustics in fisheries // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2020. – № 12. – P. 105–106. doi:10.1023/A:1022698020541.

31. Tricas, T.C. Boyle, K.S. Acoustic behaviors in Hawaiian coral reef fish communities // Marine Ecology Progress Series. – 2014. – № 511. – P. 1–16. doi:10.3354/meps10930.

32. Lagardere, J.P. Feeding sounds of turbot (*Scophthalmus maximus*) and their potential use in the control of food supply in aquaculture I. Spectrum analysis of the feeding sounds // Aquaculture. – 2000. – 189 (3). – P. 251–258. doi:10.1016/S0044-8486(00)00375-6.

33. Mallekh, R., Lagardere, J.P. An acoustic detector of turbot feeding activity // Aquaculture. – 2003. – № 221 (1–4). – P. 481–489. doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00074-7.

34. Xu, X., Zhang, X. A remote acoustic monitoring system for offshore aquaculture fish cage // IEEE International Conference on Image Processing, IEEE. – 2007. – P. 86–90. doi:10.1109/MMVIP.2007.4430721.

35. Polonschii, C., Bratu, D., Gheorghiu, E., Appraisal of fish behaviour based on time series of fish positions issued by a 3D array of ultrasound transducers // Aquacultural Engineering. – 2013. – № 55. – P. 37–45. doi:10.1016/j.aquaeng.2013.03.001.

36. Begout-Anras, M., Lagardere, J.P. Measuring cultured fish swimming behavior: first results on rainbow trout using acoustic telemetry in tanks // Aquaculture. – 2004. – № 240. – P. 175–186. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.02.019.

37. Kolarevic, J., Aas-Hansen, Oyvind, Espmark, A., Baeverfjord, G., Terjesen, Bendik, Damsg, B. The use of acoustic acceleration transmitter tags for monitoring of Atlantic salmon swimming activity in recirculating aquaculture systems (RAS) // Aquacultural Engineering. – 2016. – № 72(3). – P. 30. doi:10.1016/j.aquaeng.2016.03.002.

38. Fore, Martin, Alfredsen, J.A., Gronningsater, A. Development of two telemetrybased systems for monitoring the feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in aquaculture sea-cages. // Computers and Electronics in Agriculture. – 2011. – № 76 – P. 240–251. doi:10.1016/j.compag.2011.02.003.

39. Llorens, S., Perez-Arjona, I., Soliveres, E., Espinosa, V. Detection and target strength measurements of uneaten feed pellets with a single beam echosounder // Aquacultural Engineering. – 2017. – № 78. – P. 216–220. doi:10.1016/j.aquaeng.2016.10.008.

40. Rakowitz, G., Tušer, M., Řiha, M., Jůza, T., Balk, H., Kubečka, J. (2012). Use of highfrequency imaging sonar (DIDSON) to observe fish behaviour towards a surface Trawl // *Fisherships Research*. – 2012. – № 123-124. – P. 37–48. doi:10.1016/j.fishres.2011.11.018.
41. Chu, D.. Technology evolution and advances in fisheries acoustics // *Journal of Marine Science and Technology*. – 2011. – № 19. – P. 245–252. doi:10.51400/2709-6998.2188
42. Патент № 2697430 С1 Российская Федерация, МПК G01S 15/96. Гидроакустический комплекс для мониторинга рыбы в садках предприятий индустриальной аквакультуры: № 2018142447: заявл. 30.11.2018: опубл. 14.08.2019 / А.Н. Долгов, В.Н. Максимов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Конструкторское бюро морской электроники «Вектор» (ООО КБМЭ «Вектор») [https://elibrary.ru/ /item.asp?id=38416240&ysclid=m77iwrhunq849630602](https://elibrary.ru/item.asp?id=38416240&ysclid=m77iwrhunq849630602)
43. Кузнецов, Ю.А., Поленюк, В.В., Кузнецов, М.Ю. Гидроакустические технологии дистанционного управления поведением рыб в рыбоводстве // *Научные труды Дальрыбвтуза*. – 2008. – № 20. – 103–111 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=16654502&ysclid=m77ec6wk1b835780046>
44. Митителло А. В., Ключарева, Н.Г., Кравченко, Ю.Н. Эффективность акустического метода управления поведением рыб и факторы, влияющие на нее А.В. // *Труды ВНИРО*. – 2019. – Т. 177. – 180–191 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41420403>
45. Horie, J., Sasakura, T., Arai, N., Horie, J., Ina, Y., Mashino, Y., Mitamura, H., Moriya, K., Noda, T. Development of a pinger for classification of feeding behavior of fish based on axis-free acceleration data//*Techno-Ocean*. – 2016. – P. 268–271. doi:10.1109/Techno-Ocean.2016.7890659. IEEE.
46. Parra, L., Sendra, S., Garcia, L., Lloret, J. Design and deployment of low-costsensors for monitoring the water quality and fish behavior in aquaculture tanksduring the feeding process // *Sensors*. – 2018. – № 18. – P. 750. doi:10.3390/s18030750.
47. Xie, S., Zhang, L., Wang, D. Effects of several organic acids on the feeding behavior of *Tilapia nilotica* // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2003. – № P. 19. – P. 255–257. doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00451.x.
48. Stoner, A.W., Ottmar, M.L., Hurst, T.P. Temperature affects activity and feeding motivation in Pacific halibut: implications for bait-dependent fishing // *Fisheries Research*. – 2006. – № 81. – P. 202–209. doi:10.1016/j.fishres.2006.07.005.
49. Remen, M., Sievers, M., Torgersen, T., Oppedal, F. The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent // *Aquaculture*. – 2016. – № 464. – P. 582–592. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.07.037.
50. McFarlane, W.J., Cubitt, K.F., Williams, H., Rowsell, D., Moccia, R., Gosine, R., McKinley, R.S. Can feeding status and stress level be assessed by analyzing patterns of muscle activity in free swimming rainbow trout // *Aquaculture*. – 2004. – P. 239. – P. 467–484. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.05.039.

## REFERENCES

1. Begout, M.L., Kadri, S., Huntingford, F., Damsgard, B. (2012), The Tools for studying the behaviour of farmed fish, *Aquaculture and behaviors*. Blackwell Publishing Ltd., pp. 65–86. doi:10.1002/9781444354614.ch.3
2. Zhao, J., Bao, W.J., Zhang, F.D., Ye, Z.Y., Liu, Y., Shen, M.W., Zhu, S.M. (2017), Assessing appetite of the swimming fish based on spontaneous collective behaviors in a recirculating aquaculture system, *Aquacultural Engineering*, no. 78, pp. 196–204. doi:10.1016/j.aquaeng.2017.07.008.
3. Ang, K.P., Petrell, R.J. (1998), Pellet wastage, and subsurface and surface feeding behaviours

associated with different feeding systems in sea cage farming of salmonids, *Aquacultural Engineering*, doi:10.1016/s0144-8609(98)00026-0

4. Liu, Z., Li, X., Fan, L., Lu, H., Liu, L., Liu, Y. (2014), Measuring feeding activity of fish in RAS using computer vision, *Aquacultural Engineering*, doi:10.1016/j.aquaeng.2014.03.005

5. Jobling, M., Arnesen, A.M., Baardvik, B.M., Christiansen, J.S., Jorgensen, E.H. (1995), Monitoring feeding behaviour and food intake: methods and applications, *Aquacultural Nutrition*, no.1 (3). pp. 131 – 143. doi:10.1111/j.1365-2095.1995.tb00037.x.

6. Fore, Martin, Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J.A., Dempster, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Sunde, L.M., Schellewald, C., Skoien, K.R., Alver, M.O., Berckmans, D. (2018), Precision fish farming: a new framework to improve production in aquaculture, *Biosystems Engineering*, no. 173. doi:10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014.

7. Zion, B. (2012), The use of computer vision technologies in aquaculture -a review, *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 88, pp. 125–132. doi:10.1016/j.compag.2012.07.010.

8. Hassan, S.G., Hasan, M., LI, D. (2016), Information fusion in aquaculture: a state-of-the art review, *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, no. 3., pp. 206. doi:10.15302/J-FASE-2016111.

9. Saberioon, M., Gholizadeh, A., Cisar, P., Pautsina, A., Urban, J. (2017), Application of machine vision systems in aquaculture with emphasis on fish: state-of-the-art and key issues, *Reviews in Aquaculture*, no. 9, pp. 369–387. doi:10.1111/raq.12143.

10. Zhou, C., Lin, K., Xu, D., Chen, L., Guo, Q., Sun, C., Yang, X. (2018), Near infrared computer vision and neuro-fuzzy model-based feeding decision system for fish in aquaculture, *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 146, pp. 114–124. doi:10.1016/j.compag.2018.02.006;

11. Begout, M.L., Kadri, S., Huntingford, F., Damsgard, B. (2012), The Tools for studying the behaviour of farmed fish. Aquaculture and behaviors. *Blackwell Publishing Ltd*, pp. 65–86. 43https://doi.org/10.1002/9781444354614.

12. Hu, J., Li, D., Duan, Q., Han, Y., Chen, G., Si, X. (2012), Fish species classification by color, texture and multi-class support vector machine using computer vision, *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 88, pp. 133–140. doi:10.1016/j.compag.2012.07.008.

13. Jyothi, S., Sucharita, V., Mamatha, D.M., (2013), A survey on computer vision and image analysis based techniques in aquaculture, *Digital Image Process*, <https://www.researchgate.net/publication/309209818>

14. Ang, K.P., Petrell, R.J. (1997), Control of feed dispensation in seacages using underwater video monitoring: effects on growth and food conversion, *Aquacultural Engineering*, no. 16, pp. 45–62. doi:10.1016/s0144-8609(96)01012-6.

15. Cha, B.J., Bae, B.S., Cho, S.K., Oh, J.K. (2012), A simple method to quantify fish behavior by forming time-lapse images, *Aquacultural Engineering*, no. 51, pp. 15–20. doi:10.1016/j.aquaeng.2012.05.001.

16. Zhao, J., Gu, Z., Shi, M., Lu, H., Li, J., Shen, M., Ye, Z., Zhu, S-M. (2016), Spatial behavioral characteristics and statistics-based kinetic energy modeling in special behaviors detection of a shoal of fish in a recirculating aquaculture system, *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 127, pp. 271–280. doi:10.1016/j.compag.2016.06.025.

17. Pautsina, A., Cisař, P., Štys, D., Terjesen, B.F., Espmark, A.M.O. (2015), Infrared reflection system for indoor 3D tracking of fish, *Aquacultural Engineering*, no. 69, pp. 7–17. doi:10.1016/j.aquaeng.2015.09.002.

18. Zhou, C., Xu, D., Chen, L., Zhang, S., Sun, C., Yang, X., Wang, Y. (2019), Evaluation of fish feeding intensity in aquaculture using a convolutional neural network and machine vision, *Aquaculture*, no. 507, pp. 457 – 465. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.04.056.

19. Foster, M., Petrell, R., Ito, M.R., Ward, R. (1995), Detection and counting of uneaten food pellets in a sea cage using image analysis, *Aquacultural Engineering*, no. 14, pp. 251–269. doi:10.1016/0144-8609(94)00006-m.

20. Parra, L., Sendra, S., Garcia, L., Lloret, J., (2018). Design and deployment of low-cost sensors for monitoring the water quality and fish behavior in aquaculture tanks during the feeding process. *Sensors*, no.18, P. 750. doi:10.3390/s18030750.
21. Parsonage, K.D., Petrell, R.J. (2003), Accuracy of a machine-vision pellet detection system, *Aquacultural Engineering*. no. 29, pp. 109–123. doi:10.1016/s0144-8609(03)00049-9.
22. Liu, H., Xu, L., Li, D. (2015), Detection and recognition of uneaten fish food pellets in aquaculture using image processing, *SPIE 94430G*. doi:10.1117/12.2179138.
23. Skoien, K.R., Alver, M.O., Zolich, A.P., Alfredsen, J.A., (2016), Feed spreaders in sea cage aquaculture – motion characterization and measurement of spatial pellet distribution using an unmanned aerial vehicle, *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 129, pp. 27–36. doi:10.1016/j.compag.2016.08.020.
24. Skoien, K.R., Alver, M.O., Alfredsen, J.A. (2015), A computer vision approach for detection and quantification of feed particles in marine fish farms, *IEEE International Conference on Image Processing, IEEE*, doi:10.1109/ICIP.2014.7025330.
25. Hung, C., Tsao, S., Huang, K., Jang, J., Chang, H., Dobbs, F.C. (2016), A highly sensitive underwater video system for use in turbid aquaculture ponds, *Scientific Reports*, no. 6. doi:10.1038/srep31810.
26. Mattos, B.O.D., Nascimento-Filho, E.C.T., Anjos-Santos, A.D., Sanchez-Vazquez, F.J., Fortes-Silva, R. (2016), Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (*Arapaima gigas*), *Aquaculture*, no. 465, pp. 152–157. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.09.005.
27. Smith, D.V., Tabrett, S. (2013), The use of passive acoustics to measure feed consumption by *Penaeus monodon* (giant tiger prawn) in cultured systems, *Aquacultural Engineering*, no. 57, pp. 38–47. doi:10.1016/j.aquaeng.2013.06.003.
28. Gannon, D.P. (2008), Passive acoustic techniques in fisheries science: a review and prospectus, *Transactions of the American Fisheries Society*, no. 137, pp. 638–656. doi:10.1577/T04-142.1.
29. Ullman, C., Rhodes, M.A., Allen Davis, D. (2019), Feed management and the use of automatic feeders in the pond production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, *Aquaculture*, no. 498, pp. 44–49. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.08.040.
30. Juanes, F. (2002), Listening to fish: an international workshop on the application of passive acoustics in fisheries, *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, no. 12, pp. 105–106. doi:10.1023/A:1022698020541.
31. Tricas, T.C., Boyle, K.S. (2014), Acoustic behaviors in Hawaiian coral reef fish communities, *Marine Ecology Progress Series*, no. 511, pp. 1–16. doi:10.3354/meps10930.
32. Lagardere, J.P. (2000), Feeding sounds of turbot (*Scophthalmus maximus*) and their potential use in the control of food supply in aquaculture I. Spectrum analysis of the feeding sounds. *Aquaculture*, no. 189 (3), pp. 251–258. doi:10.1016/S0044-8486(00)00375-6.
33. Mallekh, R., Lagardere, J.P. (2003), An acoustic detector of turbot feeding activity, *Aquaculture*, no. 221 (1–4), pp. 481–489. doi:10.1016/S0044-8486(03)00074-7.
34. Xu, X., Zhang, X. (2007), A remote acoustic monitoring system for offshore aquaculture fish cage, *IEEE International Conference on Image Processing, IEEE*, pp. 86–90. doi:10.1109/MMVIP.2007.4430721.
35. Polonschii, C., Bratu, D., Gheorghiu, E. (2013), Appraisal of fish behaviour based on time series of fish positions issued by a 3D array of ultrasound transducers, *Aquacultural Engineering*, no. 55, pp. 37–45. doi:10.1016/j.aquaeng.2013.03.001.
36. Begout-Anras, M., Lagardere, J.P. (2004), Measuring cultured fish swimming behavior: first results on rainbow trout using acoustic telemetry in tanks, *Aquaculture*, no. 240, pp. 175–186. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.02.019.
37. Kolarevic, J., Aas-Hansen, Oyvind, Espmark, A., Baeverfjord, G., Terjesen, Bendik, Damsg, B. (2016), The use of acoustic acceleration transmitter tags for monitoring of Atlantic salmon

swimming activity in recirculating aquaculture systems (RAS), *Aquacultural Engineering*, no. 72(3), P. 30. doi:10.1016/j.aquaeng.2016.03.002.

38. Fore, Martin, Alfredsen, J.A., Gronningsater, A. (2011), Development of two telemetrybased systems for monitoring the feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in aquaculture sea-cages, *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 76, pp. 240–251. doi:10.1016/j.compag.2011.02.003.

39. Llorens, S., Perez-Arjona, I., Soliveres, E., Espinosa, V. (2017), Detection and target strength measurements of uneaten feed pellets with a single beam echosounder, *Aquacultural Engineering*, no. 78, pp. 216–220. doi:10.1016/j.aquaeng.2016.10.008.

40. Rakowitz, G., Tušer, M., Řiha, M., Jůza, T., Balk, H., Kubečka, J. (2012), Use of highfrequency imaging sonar (DIDSON) to observe fish behaviour towards a surface trawl, *Fisheries Research*, no. 123-124, pp. 37–48. doi:10.1016/j.fishres.2011.11.018.

41. Chu, D., (2011), Technology evolution and advances in fisheries acoustics, *Journal of Marine, Science and Technology*, no. 19, pp. 245–252. doi:10.51400/2709-6998.2188

42. Patent No. 2697430 C1 Russian Federation, MPK G01S 15/96. Hydroacoustic complex for monitoring fish in cages of industrial aquaculture enterprises: No. 2018142447: avv. 30.11.2018: published 14.08.2019 / A.N. Dolgov, V.N. Maksimov; applicant Limited Liability Company “Design Bureau of Marine Electronics ‘Vector’ (LLC KBME ‘Vector’) <https://elibrary.ru/item.asp?id=38416240&ysclid=m77iwrhunq849630602>

43. Kuznetsov, Yu.A., Polenyuk, V.V., Kuznetsov, M.Yu. (2008), Hydroacoustic technologies for remote control of fish farming, *Scientific works of Dalrybvvtuza*, no. 20, pp.103–111. [https://elibrary.ru/item.asp?id=16654502&ysclid=m77ec6wk1b83578\\_0046](https://elibrary.ru/item.asp?id=16654502&ysclid=m77ec6wk1b83578_0046)

44. Mititello, A.V., Klyuchareva, N.G., Kravchenko, Yu.N. (2019), Efficiency of the acoustic method of controlling fish behavior and factor influencing it A.V. Proceedings of VNIRO, V. 177, 180–191. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41420403>

45. Horie, J., Sasakura, T., Arai, N., Horie, J., Ina, Y., Mashino, Y., Mitamura, H., Moriya, K., Noda, T. (2016), Development of a pinger for classification of feeding behavior of fish based on axis-free acceleration data, *Techno-Ocean*, pp. 268–271. doi:10.1109/Techno-Ocean.2016.7890659. IEEE.

46. Parra, L., Sendra, S., Garcia, L., Lloret, J. (2018), Design and deployment of low-cost sensors for monitoring the water quality and fish behavior in aquaculture tanks during the feeding process, *Sensors*, no. 18, P. 750. doi:10.3390/s18030750.

47. Xie, S., Zhang, L., Wang, D. (2003), Effects of several organic acids on the feeding behavior of *Tilapia nilotica*, *Journal of Applied Ichthyology*, no. 19, pp. 255–257. doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00451.x.

48. Stoner, A.W., Ottmar, M.L., Hurst, T.P. (2006), Temperature affects activity and feeding motivation in Pacific halibut: implications for bait-dependent fishing, *Fisheries Research*, no. 81, pp. 202–209. doi:10.1016/j.fishres.2006.07.005.

49. Remen, M., Sievers, M., Torgersen, T., Oppedal, F. (2016), The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent, *Aquaculture*, no. 464, pp. 582–592. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.07.037.

50. McFarlane, W.J., Cubitt, K.F., Williams, H., Rowsell, D., Moccia, R., Gosine, R., McKinley, R.S. (2004), Can feeding status and stress level be assessed by analyzing patterns of muscle activity in free swimming rainbow trout, *Aquaculture*, no. 239, pp. 467–484. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.05.039.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Магомед Темирович Темиров**, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0009-0008-5479-616X>; [temirovmag@gmail.com](mailto:temirovmag@gmail.com)

**Сайма Умаргаджиевна Темирова**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0003-3114-9070>, spin-code: 7811-0652, Scopus author ID: 57210314042; [sayma-63@mail.ru](mailto:sayma-63@mail.ru)

**Тамара Алексеевна Нечаева**– доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; <http://orcid.org/0000-0003-4858-567X>, spin-code: 4455-4012, Scopus author ID: 58695250800; [tamara.73@list.ru](mailto:tamara.73@list.ru)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Magomed T. Temirov**, postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; <http://orcid.org/0009-0008-5479-616X>; [temirovmag@gmail.com](mailto:temirovmag@gmail.com)

**Saima U. Temirova**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Aquatic Biological Resources and Aquaculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; <http://orcid.org/0000-0003-3114-9070>, spin-code: 7811-0652, Scopus author ID: 57210314042; [sayma-63@mail.ru](mailto:sayma-63@mail.ru)

**Tamara A. Nechaeva**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Aquatic Biological Resources and Aquaculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; <http://orcid.org/0000-0003-4858-567X>, spin-code: 4455-4012, Scopus author ID: 58695250800; [tamara.73@list.ru](mailto:tamara.73@list.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><b>Конфликт интересов.</b> Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p><b>Conflict of interest.</b> The authors declare no conflict of interest.</p>

Поступила в редакцию / Received 24.12.2024  
Поступила после рецензирования / Revised 06.03.2025  
Принята к публикации / Accepted 06.03.2025

Научная статья/Original article

УДК 621.436:519.87

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-78-89

## ВЫБОР МЕСТ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ С ТЕПЛОВЫМ АККУМУЛЯТОРОМ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА К ДИЗЕЛЬНОМУ ДВИГАТЕЛЮ

Ф.З. Габдрафиков , Р.Д. Исламгулов ✉, М.А. Абраров 

Башкирский государственный аграрный университет  
Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
✉radmir\_islamgulov@bk.ru

**Реферат.** В статье рассматриваются вопросы оптимального размещения предпускового подогревателя с тепловым аккумулятором на основе материалов с фазовым переходом (ТАФП) в системе охлаждения дизельного двигателя. Целью работы является анализ различных схем подключения подогревателя для повышения эффективности прогрева двигателя в условиях низких температур. Применение ТАФП позволяет значительно улучшить теплообмен, уменьшить время прогрева и минимизировать износ компонентов двигателя. В отличие от традиционных подогревателей, ТАФП системы не зависят от внешнего источника энергии и обеспечивают автономную работу, что делает их идеальными для эксплуатации в удаленных местах. В ходе исследования использовалось моделирование в среде SolidWorks Flow Simulation для анализа теплотехнических характеристик при различных схемах подключения подогревателя. Подключение теплового аккумулятора по схеме А-С и С-В обеспечивают наибольшую эффективность прогрева, достигая температуры до 78 °С, что способствует более равномерному прогреву всех цилиндров двигателя и снижению расхода топлива. Приведены сравнительные расчеты расхода топлива двигателем при предпусковом подогреве, без него и с тепловым аккумулятором. Исследование показало, что использование системы топливного автономного подогрева позволяет сократить расход топлива при предпусковом прогреве за счет уменьшения времени его продолжительности. Внедрение данных систем может значительно увеличить надежность и экономическую эффективность дизельных двигателей, особенно в условиях северных климатических зон. При использовании теплового аккумулятора в системе охлаждения двигателя (схема А-С) и температуре окружающей среды –20 °С расход топлива в режиме прогрева дизеля снижается на 0,22 кг/мин.

**Ключевые слова:** предпусковой подогреватель, тепловой аккумулятор, фазовый переход, дизельный двигатель Д-243, теплотехническая оптимизация

**Для цитирования:** Габдрафиков Ф.З., Исламгулов Р.Д., Абраров М.А. Выбор мест подключения предпускового подогревателя с тепловым аккумулятором фазового перехода к дизельному двигателю // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С. 78–89. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-78-89.

## SELECTION OF THE CONNECTION POINTS OF THE PREHEATER WITH A THERMAL ACCUMULATOR OF THE PHASE TRANSITION TO A DIESEL ENGINE

F.Z. Gabdrafiqov<sup>id</sup>, R.D. Islamgulov<sup>id</sup>✉, M.A. Abrarov<sup>id</sup>

Bashkir State Agrarian University  
Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia  
✉radmir\_islamgulov@bk.ru

**Abstract.** The article discusses the optimal placement of a preheater with a thermal accumulator, based on phase transition materials, in the cooling system of a diesel engine. The aim of the work is to analyze different heater connection schemes in order to increase the efficiency of engine heating at low temperatures. The use of thermal accumulators significantly improves heat transfer, reducing the warm-up time and minimizing wear on engine components. Unlike traditional heaters, thermal accumulator systems do not rely on an external energy source and can operate autonomously, making them ideal for remote locations. During the study, SolidWorks Flow Simulation was used to model and analyze the thermal characteristics of different heater connection schemes. The connection of the thermal accumulator according to the A-C and C-B schemes provides the highest heating efficiency, reaching temperatures of up to 78 °C. This contributes to a more uniform heating of all engine cylinders and a reduction in fuel consumption. Comparative calculations of fuel consumption with and without preheating, as well as with the use of a thermal accumulator, are provided. The study shows that the use of an autonomous fuel heating system reduces fuel consumption during pre-heating by reducing its duration. The implementation of these systems can significantly increase the reliability and economic efficiency of diesel engines, especially in northern climates. When using a thermal accumulator in the cooling system (A-C scheme) and an ambient temperature of -20 °C, fuel consumption is reduced by 0.22 kg/min in diesel heating mode.

**Keywords:** starting heater, heat accumulator, phase transition, diesel engine D-243, thermal optimization

**For citation:** Gabdrafiqov, F. Z., Islamgulov, R. D. and Abrarov M. A. (2025) ‘Selection of the connection points of the preheater with a thermal accumulator of the phase transition to a diesel engine’, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no 79, pp. 78–89 (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-78-89.

**Введение.** В условиях холодного климата особую важность приобретает подготовка дизельных двигателей к запуску [1-2]. Современные технологии предлагают эффективное решение – использование тепловых аккумуляторов, работающих на материалах с фазовым переходом (ТАФП). Такие устройства обеспечивают высокую концентрацию энергии и её рациональное использование для прогрева. Правильный предпусковой подогрев не только увеличивает срок службы двигателя, но и способствует экономии горючего, а также минимизирует вредное влияние на экологию. Это особенно актуально, когда речь идет о повышении эксплуатационной надежности и оптимизации топливных затрат в регионах с низкими температурами [3].

Сами вещества с фазовым переходом представляют собой материалы, способные накапливать и выделять большое количество тепловой энергии в процессе изменения своего

агрегатного состояния, например, при переходе из твердого состояния в жидкое и обратно, что весьма актуально для нашей системы предпускового подогрева [4]. В качестве таких материалов часто используются парафины, соли, гидраты солей или органические соединения, которые обладают высокой теплоемкостью и стабильностью при циклических процессах нагрева и охлаждения [5]. Учитывая, что эти материалы способны аккумулировать теплоту в течение длительного времени и отдавать ее при необходимости, они становятся востребованными для длительного хранения тепловой энергии в тепловых аккумуляторах [6-7].

Материалы с фазовым переходом в составе тепловых аккумуляторов предпусковых подогревателей обеспечивают комплексное улучшение характеристик двигателя. Благодаря такой системе значительно ускоряется процесс прогрева и достигается существенная экономия горючего [8]. Кроме того, подобное техническое решение способствует минимизации негативного воздействия на окружающую среду за счет сокращения вредных выбросов, а также продлевает срок службы двигательных компонентов, предотвращая их преждевременный износ [9].

Для упрощения пуска двигателей в зимний период активно используются различные системы предварительного подогрева: электрические устройства нагрева, автономные подогреватели Webasto и Теплостар, а также специальные системы прогрева масла. Электрические модели работают от внешней электросети, нагревая охлаждающую жидкость или масляную систему. Однако их главным минусом является необходимость подключения к электричеству, что затрудняет эксплуатацию вдали от населенных пунктов. В свою очередь, Webasto и Теплостар функционируют независимо, используя штатное топливо двигателя, благодаря чему могут применяться в любой местности.

Тем не менее, их существенным недостатком является повышенное потребление горючего и электричества, а также трудности при монтаже и использовании. К тому же эти механизмы нуждаются в постоянном сервисном обслуживании во время работы [10].

Подогреватели картера двигателя нагревают только масло, что снижает в целом нагрузку и уменьшает износ, но не прогревают другие элементы системы, такие как цилиндры или охлаждающая жидкость, что ограничивает их эффективность. Эти недостатки способствуют поиску альтернативных решений, таких как применение тепловых аккумуляторов с веществами фазового перехода, которые способны повысить эффективность прогрева без дополнительных энергозатрат [11].

Эффективная работа такой системы во многом зависит от правильного выбора мест подключения подогревателя к системе охлаждения двигателя [12]. В данной работе проведен анализ и оптимизация этих мест на примере дизельного двигателя Д-243.

**Целью исследования** является изучение различных схем подключения предпускового подогревателя к системе охлаждения дизельного двигателя для повышения эффективности.

#### **Материалы, методы и объекты исследования.**

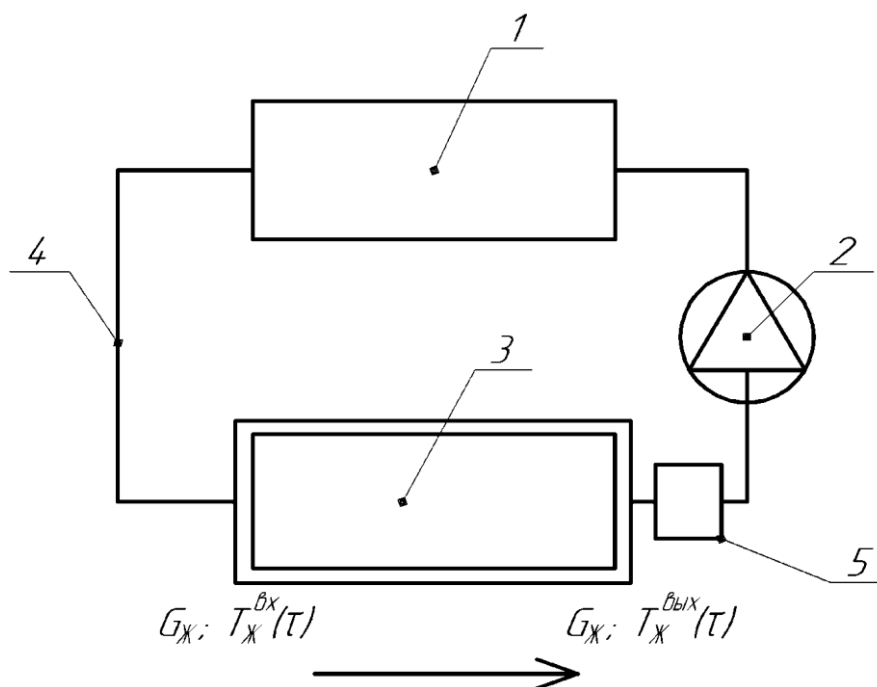
Комплексное исследование предпускового подогревателя с автономным тепловым аккумулятором фазового перехода было выполнено с использованием дизельного двигателя Д-243. Оно включало анализ рабочих параметров и работоспособности устройства. Эксперименты позволили изучить термодинамику системы, включая передачу тепла, время прогрева двигателя, экономию топлива и особенности запуска при низких температурах окружающей среды.

Тепловой аккумулятор является основным компонентом предпускового подогревателя. Во время зарядки он сохраняет тепло, вырабатываемое двигателем, а при разрядке передает накопленную энергию охлаждающей жидкости. Устройство не требует подключения к внешним источникам питания, обеспечивая его полную автономность. В отличие от систем с электрическими нагревателями, данное решение обладает повышенной безопасностью [6-7].

Тепловой аккумулятор на основе ТАФП накапливает тепло в процессе фазового перехода материала и выделяет его при понижении температуры окружающей среды. Подключение происходит к системе охлаждения двигателя, обеспечивая прогрев ключевых узлов – головки блока цилиндров, гильзы стенок цилиндров и основного блока двигателя.

Оптимизация мест подключения таких систем требует учета сложных тепловых и гидродинамических процессов в процессе предпускового подогрева [8].

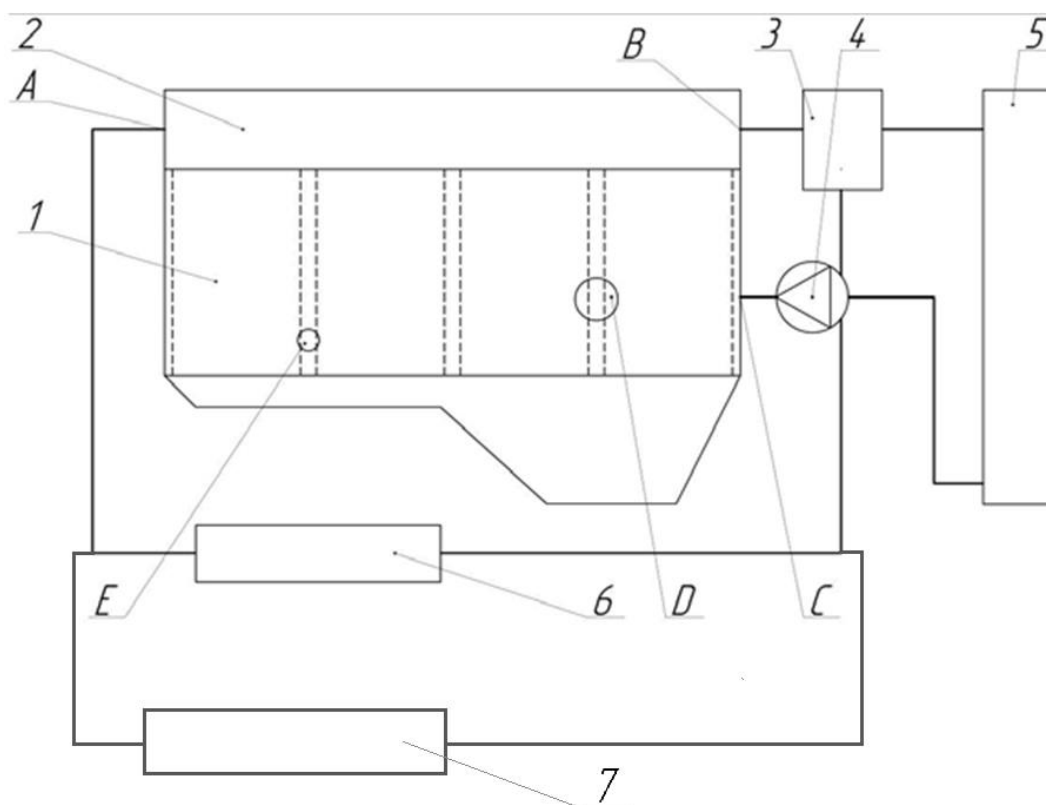
Для создания имитационной модели нами была разработана концептуальная модель режима предварительного подогрева, представленная на рисунке 1.



**Рисунок 1. Концептуальная схема модели режима предпускового подогрева**  
**1 – двигатель; 2 – насос; 3 – тепловой аккумулятор; 4 – соединительные шланги; 5 –**  
**электронный блок управления**

**Figure 1. Conceptual diagram of the preheating mode model**  
**1 – motor; 2 – pump; 3 – heat accumulator; 4 – connecting hoses; 5 – electronic control unit**

При включении автономного электронасоса (2) (рисунок 1) при температуре окружающей среды  $T_0$  охлаждающая жидкость циркулирует в замкнутом контуре «двигатель – тепловой аккумулятор»: характеризуясь как  $G_{ж} = \text{const}$  (расход охлаждающей жидкости),  $T_{ж\text{ вх}}(\tau)$  и  $T_{ж\text{ вых}}(\tau) = \text{var}$  (температуры на входе и выходе из аккумулятора теплоты), она поступает в аккумулятор теплоты (3), где получает часть тепла от теплоаккумулирующего вещества и с  $G_{ж} = \text{const}$  и  $T_{ж\text{ вых}}(\tau) = \text{var}$  возвращается обратно в двигатель (1), выделяя полученное тепло. В результате этого процесса аккумулятор теплоты (3) разряжается, нагревая дизельный двигатель 1.



**Рисунок 2. Принципиальная схема двигателя с тепловым аккумулятором: 1 – блок цилиндров; 2 – головка блока; 3 – термостат; 4 – циркуляционный насос; 5 – радиатор системы охлаждения; 6 – радиатор отопителя кабины; 7 – тепловой аккумулятор; точки А, В, С, D, Е – возможные места подключения**

**Figure 2. Schematic diagram of an engine with a thermal accumulator: 1 – cylinder block; 2 – block head; 3 – thermostat; 4 – circulation pump; 5 – radiator of the cooling system; 6 – radiator of the cabin heater; 7 – thermal accumulator; points A, B, C, D, E – possible connection points**

Данная система (рисунок 2) работает в 2 режимах – разрядки и зарядки.

Для предпускового теплового подогрева двигателя включается режим разрядки теплового аккумулятора. В этом режиме начинается циркуляция жидкости в дополнительном контуре системы охлаждения, пока температура на выходе из теплового аккумулятора (7) не станет равной температуре на выходе из головки блока (2) двигателя (1).

В программной среде SolidWorks Flow Simulation было проведено моделирование процессов теплопередачи для оценки температурного режима цилиндрических стенок двигателя Д-243 при различных вариантах подсоединения теплоаккумулятора с фазовым превращением. Моделирование охватывало исследование теплообмена между теплоносителем и стенками цилиндров с учетом исходных параметров: температуры среды, характеристик материалов, а также скоростных и расходных показателей теплоносителя.

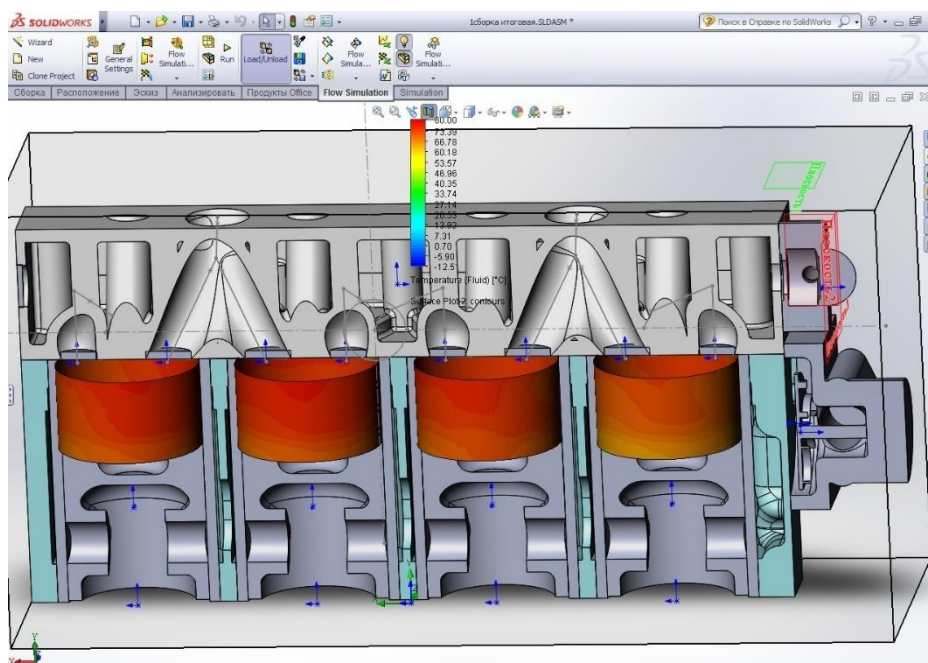


Рисунок 3. Трёхмерная модель двигателя Д-243  
 Figure 3. Three-dimensional model of the D-243 engine

Программное обеспечение позволило отследить динамику изменения температуры во времени и оценить эффективность каждой из схем подключения. Такой подход обеспечил точность и наглядность анализа. В ходе эксперимента сначала была создана детализированная 3D-модель системы, включающая двигатель (рисунок 3), тепловой аккумулятор и каналы циркуляции теплоносителя. Настройка физических условий эксперимента предусматривала выбор теплоносителя, способного к фазовому переходу (например, смеси воды и антифриза), а также задание параметров теплопередачи, включая конвекцию, теплопроводность и коэффициенты теплообмена между теплоносителем и стенками цилиндров.

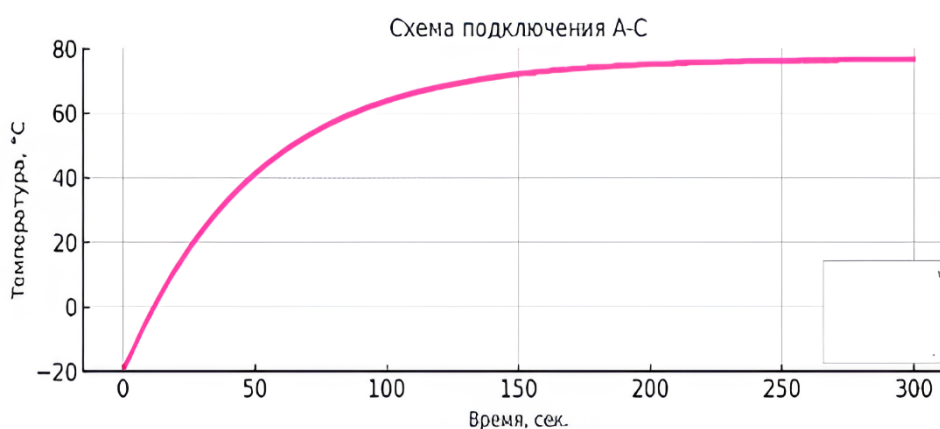


Рисунок 4. График зависимости изменения температуры блока двигателя от длительности прогрева при схеме подключения А-С  
 Figure 4. Graph of the dependence of the temperature change of the engine block on the duration of the warm-up with the A-C connection scheme

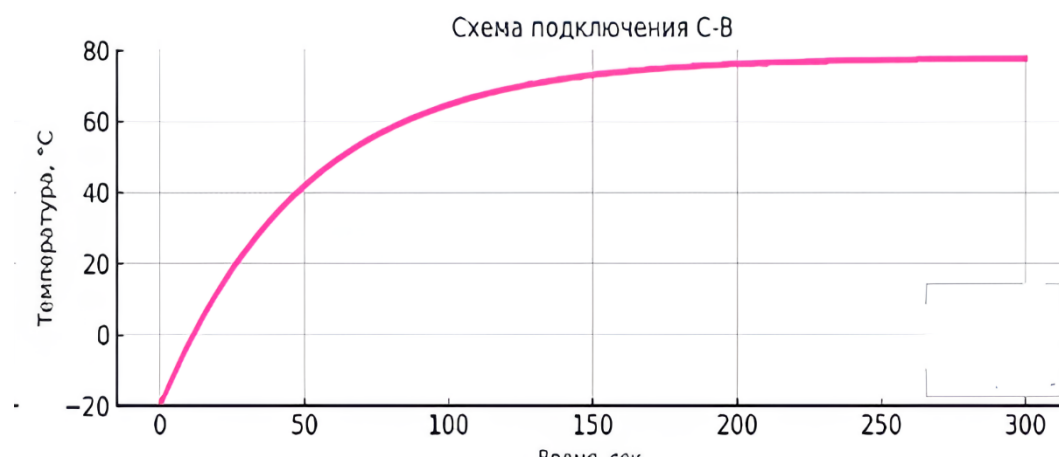


Рисунок 5. График зависимости изменения температуры блока двигателя от длительности прогрева при схеме подключения С-В

Figure 5. Graph of the dependence of the temperature change of the engine block on the duration of the warm-up with the C-B connection scheme

**Результаты исследования.** Начальная температура всех компонентов системы, включая двигатель и теплоноситель, составляла  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что практически соответствует условиям запуска двигателя в холодном климате. Скорость циркуляции теплоносителя была задана на уровне  $0,4\text{ кг/с}$ , что соответствует нормальной работе насоса системы охлаждения. Граничные условия включали фиксированные значения температуры и давления на входе и выходе теплоносителя, а также конвективный теплообмен с окружающей средой при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для стенок цилиндров были использованы характеристики материала, свойства которого соответствуют реальному, включая теплопроводность, плотность и теплоёмкость.

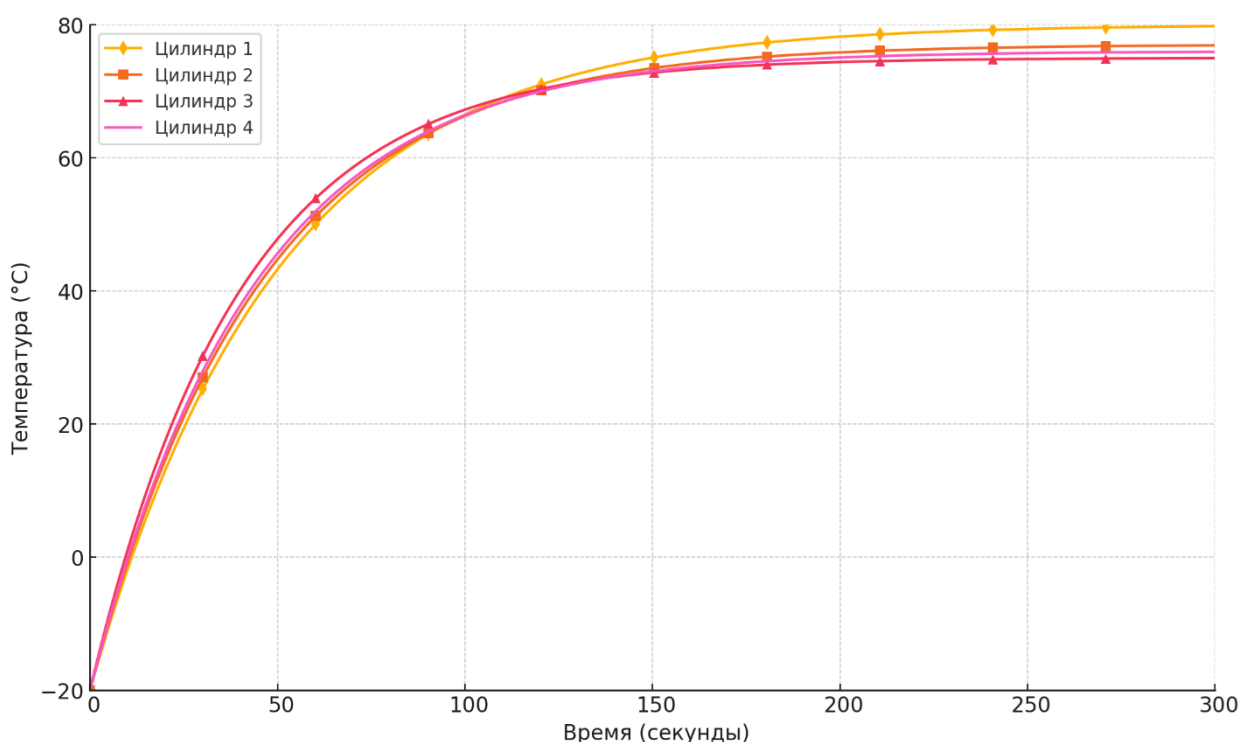
Процесс моделирования теплопередачи осуществлялся в течение 300 секунд, в ходе которого наблюдалось изменение температуры стенок цилиндров и распределение тепловых потоков в системе. По результатам исследования были построены температурные графики для каждого цилиндра двигателя с оценкой эффективности различных схем подключения теплового аккумулятора. Проведённое моделирование помогло воспроизвести условия эксплуатации двигателя в зимний период и определить наиболее эффективные схемы подключения теплового аккумулятора для ускорения прогрева двигателя и повышения его надёжности в условиях низких температур.

Графики изменения температуры блока двигателя для различных схем подключения приведены на рисунке 4. Они построены при минимальной ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и максимальной температуре, зависящей от конкретной схемы подключения. Для схемы подключения А-С максимальная температура достигает  $77\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а для схемы С-В –  $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что делает их наиболее эффективными в прогреве цилиндров двигателя. В остальных случаях наблюдаются следующие максимальные температуры: для схемы В-С –  $75,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для схемы С-А –  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для схемы А-Д –  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для схемы Д-А –  $75,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для схемы В-Е –  $75,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для схемы Е-В –  $75,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, наибольшую эффективность в прогреве цилиндров двигателя демонстрирует схема подключения А-С.

Результаты исследования при различных схемах подключения теплового аккумулятора отражены на графиках изменения температуры стенок цилиндров двигателя (рисунок 5).

Минимальная температура во всех случаях составляет  $-20^{\circ}\text{C}$ , что соответствует начальным условиям. Наиболее эффективными схемами подключения являются А-С (рисунок 6), где температура стенок цилиндров достигает максимальных значений  $- 78^{\circ}\text{C}$ . Эта схема обеспечивает наиболее равномерный прогрев всех цилиндров двигателя, демонстрируя высокую эффективность теплообмена.

Следует отметить, что длительность прогрева стенок цилиндров напрямую влияет на расход топлива в пусковых режимах: каждая дополнительная секунда прогрева – повышение расхода топлива. В этой связи, сокращение времени прогрева двигателя применением предпускового подогрева позволяет существенно повысить экономичность работы двигателя.



**Рисунок 6. График зависимости температуры стенок цилиндров от длительности прогрева двигателя при оптимальной схеме подключения А-С**

**Figure 6. Graph of the dependence of the temperature of the cylinder walls on the duration of engine warm-up with the optimal connection scheme A-C**

При остальных схемах подключения (В-С, С-А, А-Д, Д-А, В-Е, Е-В) максимальная температура варьируется от  $75^{\circ}\text{C}$  до  $75,5^{\circ}\text{C}$ . Эти схемы также обеспечивают прогрев цилиндров до рабочих температур, но характеризуются меньшей скоростью теплопередачи и менее равномерным распределением температуры между цилиндрами.

Для анализа эффективности теплового аккумулятора важным является определение расхода топлива двигателя Д-243 при различных временных интервалах прогрева. При расчете был использован часовой расход топлива, характеризующий количество топлива, расходуемое за единицу времени в процессе предпускового подогрева, который зависит от времени прогрева до необходимой температуры.

Как показали результаты исследования, время прогрева без теплового аккумулятора составило 360 с, а время прогрева с использованием теплового аккумулятора – 300 с.

Расход топлива рассчитывается по упрощённым методикам с использованием стандартных формул.

В условиях эксперимента рассматривается стандартное время прогрева двигателя, а также время, уменьшенное за счет использования теплового аккумулятора. Для оценки эффективности теплового аккумулятора проводятся расчеты расхода топлива для двух случаев: при прогреве двигателя за 300 с и за 360 с. Разница между этими значениями позволяет оценить влияние времени прогрева на общий расход топлива, а также подтвердить эффективность применения теплового аккумулятора для снижения эксплуатационных затрат и экономии ресурсов.

Таким образом, результаты подтверждают, что выбор схемы подключения теплового аккумулятора существенно влияет на эффективность прогрева цилиндров двигателя. Схемы А-С и С-В рекомендуются для использования, так как они позволяют достичь оптимальной температуры быстрее и с большей равномерностью, что делает их предпочтительными для условий эксплуатации при низких температурах.

Для схемы подключения А-С были проведены расчеты расхода дизельного топлива с учетом сокращения времени прогрева двигателя.

Для проведения расчетов примем значение часового расхода двигателя Д-243 равным 12,9 кг/ч.

$$G = G_{\text{час}} \cdot t \quad (1)$$

где:

$G_{\text{час}}$  – часовой расход двигателя (кг/ч)

$t$  – время (ч)

Расход двигателя в первом случае рассчитываем без использования теплового аккумулятора. Прогрев двигателя составил 6 мин.

$$G_1 = 12,9 \text{ кг/ч} \cdot 0,1 \text{ ч} = 1,29 \text{ кг}$$

Расход двигателя во втором случае, рассчитываем с использованием теплового аккумулятора. Прогрев двигателя составил 5 мин.

$$G_2 = 12,9 \text{ кг/ч} \cdot 0,0833 \text{ ч} = 1,07 \text{ кг}$$

При прогреве двигателя за 300 с расходуется 1,07 кг топлива, а за 360 с – 1,29 кг. Увеличение времени прогрева на 60 секунд приводит к дополнительному расходу топлива в размере 0,22 кг.

Использование теплового аккумулятора способного сократить время прогрева двигателя, а также позволяет существенно снизить расход топлива, что не только уменьшает эксплуатационные затраты, но и способствует снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду, повышая общую экологичность работы двигателя.

**Выводы.** Использование автономного теплового аккумулятора на основе применения материалов с фазовым переходом (ТАФП) для предпускового прогрева дизельных двигателей позволяет существенно повысить эффективность его работы сокращением времени прогрева

и снижением расхода топлива в условиях низких температур: сокращается время прогрева двигателя до температуры 78 °С на 60 секунд при применении теплового аккумулятора.

В качестве материала фазового перехода для теплового аккумулятора были использованы соли кристаллогидрата натрия, как вещество, обладающее высоким коэффициентом теплопроводности.

Наибольшая эффективность и минимальное время прогрева достигаются при использовании схемы подключения теплового аккумулятора А-С.

При подключении теплового аккумулятора по схеме А-С в систему охлаждения двигателя Д-243 при температуре –20 °С наблюдается снижение расхода топлива на 0,22 кг в течение дополнительных 60 с работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков Н.А., Дидманидзе О.Н. Повышение эффективности сельскохозяйственных перевозок // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 3. С. 104-111.
2. Большаков Н.А., Дидманидзе О.Н., Парлюк Е.П., Пуляев Н.Н. Энергоэффективность и ресурсосбережение автотракторной техники // Известия Международной академии аграрного образования. 2023. № 67. С. 38-43.
3. Вальехо Мальдонадо П.Р., Девянин С.Н., Марков В.А., Нормуродов А.А., Неверова А.А. Характеристики впрыскивания дизельного топлива, рапсового масла и их смесей в дизелях различных типов // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2021. Т. 20. № 4. С. 167–178.
4. Габдрафиков Ф.З. Энергосберегающая система предпусковой тепловой подготовки двигателя [Текст]/ Ф.З. Габдрафиков, У.С. Галиакберов, В.М. Гиндуллин // Сельский механизатор. - 2017. - №5. - С.30-31.
5. Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Уланов В.Е., Рахимов Ж.С., Емельянова А.И. Контроль параметров воздухоподдачи современных двигателей внутреннего сгорания // АПК России, 2022. Т. 29. № 4. С. 461–475.
6. Дидманидзе О.Н., Москвичев Д.А., Хакимов Р.Т., Спиридонов А.М. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (74). С. 104–113
7. Игнатов А.В., Демин Е.Е., Чекмарев В.В., Марусин А.В. Оценка фактического расхода ГСМ при эксплуатации машинно-тракторного парка // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15. № 4. С. 128– 133.
8. Хакимов Р.Т., Хабушев Р.Р., Казанцев И.Н., Шереметьева М.И. Энергоэффективность газомоторной техники в полевых условиях // Известия Международной академии аграрного образования. 2021. № 53. С. 32–38.
9. Jasoliya, D., Untaroiu, A., & Untaroiu, C. (2024). A review of soil modeling for numerical simulations of soil-tire/agricultural tools interaction. *Journal of Terramechanics*, 111, 41-64.
10. Rath R.K., Acharya S.K., Patnail P.P. CI engine performance during cold weather condition using preheated air and engine by waste energy. *International Journal of Ambient Energy* Volume 38, 2017. Pages 534–540.
11. Yuanwang Deng, Huawei Liu, Xiaohuan Zhao, Jiaqiang E, Jianmei Chen. Effects of cold start control strategy on cold start performance of the diesel engine based on a comprehensive preheat diesel engine model. *Applied Energy*, Volume 210, 15 January 2018. Pages 279-287.

12. Zhao, J. Operation-related features of diesel fuel injection systems at pressures up to 400 MPa / J. Zhao., I. Grekhov, A. Denisov, D. Onischenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "6th International Conference on Energy Engineering and Environmental Protection". - 2022, - Vol. 983. - P. 012058,

### REFERENCES

1. Bolshakov, N.A. and Didmanidze, O.N. (2021) 'Improving the efficiency of agricultural transportation' *International Technical and Economic Journal*, No. 3, pp. 104-111.
2. Bolshakov, N.A., Didmanidze, O.N., Parlyuk, E.P. and Pulyaev, N.N. (2023) 'Energy efficiency and resource conservation of automotive equipment' *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*, No. 67, pp. 38-43.
3. Vallejo Maldonado, P.R., Devyanin, S.N., Markov, V.A., Normurodov, A.A. and Neverova, A.A. (2021) 'Characteristics of injection of diesel fuel, rapeseed oil and their mixtures in diesels of various types', *Gas refueling complex + Alternative fuel*, vol. 20, No. 4, pp. 167-178.
4. Gabdrafikov, F.Z., Galiakberov, U.S., and Gindullin, V.M. (2017) 'Energy-saving system of pre-start thermal engine preparation', *Rural mechanizer*, vol.5. pp. 30-31.
5. Gritsenko, A.V., Burtsev, A.Yu., Ulanov, V.E., Rakhimov, Zh.S. and Yemelyanova, A.I. (2022) 'Control of air supply parameters of modern internal combustion engines', *Agroindustrial Complex of Russia*, vol. 29. No. 4. pp. 461-475.
6. Didmanidze, O.N., Moskvichev, D.A., Khakimov, R.T. and Spiridonov, A.M. (2023) 'Assessment of the reliability of experimental data on maintenance of modular agricultural transport', *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, No. 5 (74). pp. 104-113.
7. Ignatov, A.V., Demin, E.E., Chekmarev, V.V. and Marusin, A.V. (2023) 'Estimation of the actual fuel consumption during operation of the machine and tractor fleet', *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, vol. 15. No. 4. pp. 128-133.
8. Khakimov, R.T., Khabushev, R.R., Kazantsev, I.N. and Sheremetyeva, M.I. (2021) 'Energy efficiency of gas-powered machinery in the field', *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*, vol. 53. pp. 32-38.
9. Yasolia, D., Untaroiu, A., and Untaroiu, S. (2024) 'An overview of soil modeling methods for numerical simulation of soil interaction with tires/agricultural implements', *Journal of Terramechanics*, vol.111, pp. 41-64.
10. Rat, R.K., Acharya, S.K. and Patnail, P.P. (2017) 'Efficiency of engine operation in cold weather when using preheated air and spent engine energy', *International Journal of the Environment*, vol.38, pp. 534-540.
11. Yuanwang, Deng, Huawei, Liu, Xiaohuan, Zhao, Jiaqiang, E, Jianmei, Chen (2018) 'The influence of the cold start management strategy on the efficiency of cold start of a diesel engine based on the model of a diesel engine with preheating', *Applied Energy*, vol. 210, pp. 279-287.
12. Zhao, J., Grekhov I., Denisov, A. and Onishchenko, D.(2022) 'Operation-related features of diesel fuel injection systems at pressure up to 400 MPa', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science of 6th International Conference on Energy and Environmental Protection*. Vol. 983. - Page 012058.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Фаниль Закариевич Габдрафиков**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теплоэнергетики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», Уфа, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-9460-5697>, SPIN-code:3300-8572, Scopus author ID: 6507532052, Researcher ID: G-1565-2018; e-mail: gabdrafikov@mail.ru

**Радмир Дамирович Исламгулов**, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»; Уфа, Россия; <https://orcid.org/0009-0005-9116-8400>; SPIN-code:4872-4155; e-mail: [radmir\\_islamgulov@bk.ru](mailto:radmir_islamgulov@bk.ru)

**Марсель Альмирович Абраров**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплоэнергетики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет» Уфа, Россия; <http://orcid.org/0000-0001-6727-9614>; Researcher ID: F-3932-2018; SPIN-code:9394-1503; e-mail: [01marsel@mail.ru](mailto:01marsel@mail.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Fanil Z. Gabdrafikov**, Doc. Sci. (Eng), Associate Professor, Professor of the Department of Thermal Power Engineering and Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", Ufa, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-9460-5697>, SPIN-code:3300-8572, Scopus author ID: 6507532052, Researcher ID: G-1565-20; e-mail: [gabdrafikov@mail.ru](mailto:gabdrafikov@mail.ru)

**Radmir D. Islamgulov**, Postgraduate Student of the Department of Thermal Power Engineering and Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", Ufa, Russia; <https://orcid.org/0009-0005-9116-8400>; SPIN-code:4872-4155; e-mail: [radmir\\_islamgulov@bk.ru](mailto:radmir_islamgulov@bk.ru)

**Marsel A. Abrarov**, Cand. Sci. (Tech), Associate Professor of the Department Heat and Power Engineering and Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", Ufa, Russia; <http://orcid.org/0000-0001-6727-9614>; Researcher ID: F-3932-2018; SPIN-code:9394-1503; e-mail: [01marsel@mail.ru](mailto:01marsel@mail.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><b>Конфликт интересов.</b> Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p><b>Conflict of interest.</b> The authors declare no conflict of interest.</p>

**Поступила в редакцию / Received 10.01.2025**  
**Поступила после рецензирования / Revised 26.02.2025**  
**Принята к публикации / Accepted 28.02.2025**

Научная статья/Original article


УДК 621.892

DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-90-103

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАПСОВОГО МАСЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО  
В КАЧЕСТВЕ БИОРАЗЛАГАЕМОГО СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА****Е.П. Парлюк** 

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Москва, Россия

 Parlyuk@bmstu.ru


**Реферат.** Рапсовое масло активно используется в пищевой промышленности, производстве биотоплива, металлургии, а также в качестве смазочного материала в различных отраслях. Однако его трибологические свойства, определяющие его эффективность в качестве смазки, требуют детального изучения, особенно в контексте модификации для повышения износостойкости. В случае рапсового масла, его применение в качестве смазочного материала подразумевает высокие требования к износостойкости и долговечности. Целью исследования являлся анализ трибологических характеристик рапсовых масел, произведенных по различным технологиям и модифицированных противоизносными присадками. В рамках проведенных экспериментов были изучены трибологические свойства образцов рапсового масла, полученных разными методами переработки и дополненных специализированными противоизносными добавками. Задачей исследования является разработка смазочной композиции, созданной на основе возобновляемых ресурсов растительного происхождения, для эффективной смазки различных узлов машин и механизмов с целью улучшения их эксплуатационных характеристик и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Решение поставленной задачи достигается путем замены нефтяных и синтетических масел рапсовым растительным маслом с добавлением присадок. В статье рассмотрена возможность создания и применения биоразлагаемых смазочных материалов для узлов машин и механизмов, используемых в сельском хозяйстве, на основе рапсового масла. Приведены теоретические расчеты и экспериментальные данные о смазывающей способности рапсового масла. Трибологические испытания показали, что нерафинированное рапсовое масло имеет лучшую износостойкость по сравнению с рафинированным маслом: так, модификация 2% противоизносными присадками оказывает наибольшее влияние на рафинированное рапсовое масло. Рафинация и пониженная кислотность позволяют более эффективно работать специальным биологическим противоизносным присадкам. В результате проведенного исследования доказано, что рапсовое масло с добавлением противоизносных присадок значительно снижает износ трибосопряженных поверхностей.

**Ключевые слова:** смазочные материалы; биоразлагаемость; рапсовое масло; рафинирование; противоизносные присадки; износ; трение; кислотность

**Для цитирования:** Парлюк Е.П. Исследование рапсового масла, используемого в качестве биоразлагаемого смазочного материала // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79). – С. 90–103. DOI: 10.24411/2078-1318-2025-90-103.

## INVESTIGATION OF RAPESEED OIL USED AS A BIODEGRADABLE LUBRICANT

E.P. Parlyuk  

Bauman Moscow State Technical University  
Moscow, Russia  
 Parlyuk@bmstu.ru

**Abstract.** Rapeseed oil is widely used in the food industry, for biofuel production, and in metallurgy. It is also used as a lubricant in various industries, but its tribological properties need to be studied in order to understand its effectiveness as a lubricant. In particular, the wear resistance of rapeseed oil needs to be improved for better performance. The aim of this study was to investigate the tribological characteristics of rapeseed oils produced through different manufacturing processes and modified with anti-wear additives. Experiments were conducted on samples of rapeseed oil obtained using various processing methods and enhanced with specialized additives. The aim of the research is to create a lubricant formulation based on renewable plant-derived resources for the efficient lubrication of various machine and mechanism components in order to enhance their performance and reduce negative environmental impacts. This is achieved by substituting petroleum and synthetic oils with rapeseed oil, which is mixed with additives. The article discusses the potential of creating and using biodegradable lubricants based on rapeseed oil for machine components and agricultural machinery. The lubricity of rapeseed oil is investigated through theoretical calculations and experimental data. Tribological testing has shown that unrefined rapeseed oil exhibits better wear resistance than refined oil, and that modifying it with 2% of anti-wear additives can significantly improve its performance. Refining the oil and reducing its acidity can also enhance the effectiveness of biological anti-wear additives. As a result, rapeseed oil mixed with anti-wear additives demonstrates a significant reduction in wear on tribo-coupled surfaces.

**Keywords:** lubricants; biodegradability; rapeseed oil; refining; anti-wear additives; wear; friction; acidity

**For citation:** Parlyuk E.P. (2025), “Investigation of rapeseed oil used as a biodegradable lubricant”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no 79, pp. 90–103 (In Russ.), DOI: 10.24411/2078-1318-2025-1-90-103.

**Введение.** В последние годы внимание к экологическим аспектам производства и использованию смазочных материалов значительно возросло. Это связано с необходимостью перехода к более безопасным для окружающей среды решениям.

Низкая биоразлагаемость и экотоксичность смазочных материалов на основе нефтяных и синтетических масел приводят к загрязнению почвы и водоемов, нанося непоправимый ущерб окружающей среде. Например, всего 1 грамм минерального масла, попав в почву, разлагается лишь на 45% за 21 день, оставляя после себя зараженную площадь в 25 см<sup>2</sup>, непригодную для растительности. К этому добавляются огромные энергозатраты на добычу и переработку нефти – невозобновляемого ресурса. Поиск альтернативных, экологически безопасных решений становится все более актуальным.

**Цель исследования** – разработка смазочных композиций на основе возобновляемых ресурсов растительного происхождения.

**Задачей исследования** является разработка смазочной композиции, созданной на основе возобновляемых ресурсов растительного происхождения, для эффективной смазки различных узлов машин и механизмов с целью улучшения их эксплуатационных характеристик и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Рапсовое масло имеет самый широкий спектр применения среди других растительных масел: гидравлические масла, трансмиссионные жидкости для тракторов, жидкости для обработки металлов давлением, пищевые смазки, проникающие масла, смазки для цепей и т.д. [1]. В таблице 1 приведены смазочные свойства некоторых растительных масел.

Таблица 1 – Смазочные свойства растительных масел  
 Table 1 – Lubricating properties of vegetable oils

Масло	Критическая нагрузка, Н	Нагрузка сваривания, Н	Индекс задира
Рапсовое	790	2000	43,5
Подсолнечное	790	1580	35,4
Кукурузное	790	1410	35,0
Касторовое	630	1410	34,7
Оливковое	790	1410	33,1
Арахисовое	790	1410	32,0

Из таблицы видно, что рапсовое и подсолнечное масло демонстрируют отличные противоизносные и противозадирные свойства, что обусловлено высоким содержанием олеиновой кислоты (более 50%).

Основным критерием, по которому смазочный материал относят к категории биологически безопасных смазочных материалов является степень биоразлагаемости.

В таблице 2 приведены данные по биоразлагаемости некоторых базовых масел в сопоставлении с минеральным маслом.

Таблица 2 – Биоразлагаемость базовых масел  
 Table 2 – Biodegradability of base oils

Базовое масло	Биоразлагаемость, %
Нефтяное масло	20 – 40
Растительное масло	90 – 98
Синтетические эфиры	75 – 100

Из таблицы 2 видно несомненное преимущество растительных масел и синтетических эфиров над нефтяными маслами по данному показателю.

Однако несмотря на все преимущества, использование биологических масел в промышленном оборудовании ограничено. Главным препятствием является их низкая термическая и окислительная стабильность. При высоких температурах и воздействии кислорода происходит окисление масла, приводящее к полимеризации и разложению. Образующиеся при этом продукты разложения могут быть летучими, вызывать коррозию металлических деталей и существенно снижать смазывающие свойства материала. Скорость

окисления зависит от многих факторов, включая температуру, наличие катализаторов (металлы, загрязнения) и состав самого масла. Влияние температуры очень велико, так как при ее повышении на 10 °С скорость окисления может увеличиться в 3 раза [2].

**Материалы, методы и объекты исследования.** Анализ показателей свойств рапсового масла в сравнении с другими маслами, представленными в таблице 3, позволяет заключить, что растительные масла имеют близкие показатели по плотности. При этом они превосходят минеральные по температурам вспышки и застывания и могут служить альтернативой минеральным маслам или одной из составляющих смазочной композиции.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика растительных и минерального масел  
 Table 3 – Comparative characteristics of vegetable and mineral oils

Показатель	Рапсовое масло	Подсолнечное	Льняное масло	Моторное масло М-10Г2к
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	916	927,5	928	920
Вязкость при 100 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с	8,3	7,93	4	8,0-10,5
Индекс вязкости	155,4	167,0	166,0	92,0
Коксуемость, % (масс.)	0,465	0,505	0,231	0,150
Щелочное число, мг КОН/г	6	2,44	1,5	6,05
Температура, °С:				
вспышки	282	320	316	205
застывания	-20	-16	-20	-18

Смазывающие свойства растительных масел напрямую зависят от химической структуры и состава, а именно от содержания и типа жирных кислот, входящих в состав триглицеридов (рисунок 1). Длина углеводородной цепи жирных кислот и наличие в ней двойных связей определяют физико-химические свойства масла, в том числе и его смазывающую способность [3].

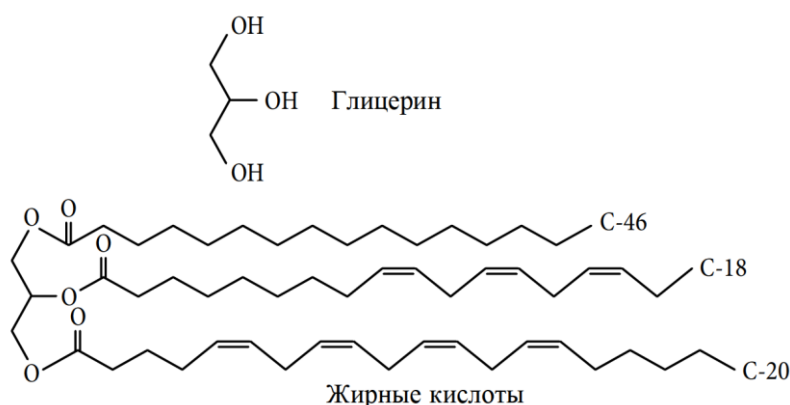


Рисунок 1 – Структура триглицеридов с различной длиной цепи жирных кислот  
 Figure 1 – The structure of triglycerides with different fatty acid chain lengths

Жирные кислоты могут быть:

1. Насыщенными: углеводородная цепь таких кислот не содержит двойных связей. Насыщенные жирные кислоты повышают вязкость масла и температуру его застывания. С

одной стороны, это придает смазке устойчивость к высоким температурам и хорошую окислительную стабильность. С другой стороны, слишком длинные цепи насыщенных жирных кислот могут привести к ухудшению низкотемпературных свойств смазки.

2. Мононенасыщенными: содержат 1 двойную связь. Они придают маслу хорошую смазывающую способность и относительно высокую устойчивость к окислению.

3. Полиненасыщенными: содержат 2 и более двойных связей. Эти кислоты делают масло более жидким, но значительно снижают его окислительную стабильность, что ограничивает их применение в качестве смазочных материалов, особенно при высоких температурах или длительном воздействии кислорода [4].

Процентное соотношение насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот в масле определяет его смазывающие свойства. Масла, богатые мононенасыщенными жирными кислотами, как правило, демонстрируют оптимальное сочетание смазывающей способности и устойчивости к окислению.

Процесс получения и обработки растительного масла существенно влияет на его химический состав и, соответственно, на смазывающие свойства. Температура и методы рафинации (процессы очистки масла) могут изменять длину цепей жирных кислот и их соотношение.

Правильно подобранный технологический процесс позволяет получить масло с оптимальным соотношением жирных кислот, свободное от вредных примесей, обладающее высокими смазывающими свойствами и требуемой стабильностью.

#### **Результаты исследования.**

В рамках исследования был проведен анализ рапсового масла на противоизносные и противозадирные свойства, а также вязкостно-температурные характеристики (таблицы 4, 5).

Трибологические свойства определялись на машинах трения МАСТ-1 по диаметру пятна износа и 2070 СМТ-1 по времени до задира роликов.

Условия проведения испытаний:

– машина трения МАСТ-1 – объем масла  $V=10$  мл, время испытаний 20 мин, нагрузка  $P=150$  Н, частота вращения  $n=1500$  об/мин;

– машина трения 2070 СМТ-1 – объем масла  $V=0,2$  мл, нагрузка  $P=1000$  Н, частота вращения  $n=1200$  об/мин.

Таблица 4 – **Противоизносные и противозадирные свойства рапсового масла**  
 Table 4 – **Anti-wear and extreme pressure properties of rapeseed oil**

Показатели	Значение
Диаметр пятна износа, мм.	0,18
Время до задира, сек.	450

Таблица 5 – **Вязкостно-температурная характеристика рапсового масла**  
 Table 5 – **Viscosity and temperature characteristics of rapeseed oil**

Температура, °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Вязкость рапсового масла, мм <sup>2</sup> /сек.	49,5	36,3	27,1	19,4	16,7	15,4	12,1	11,7	8,3

Рапсовое масло имеет неодинаковый жирно-кислотный состав, который зависит от сорта рапса, технологии возделывания, состава почвы, климатических условий и т.п. (таблица 6)

**Таблица 6 – Жирно-кислотный состав рапсового масла**  
**Table 6 – Fatty acid composition of rapeseed oil**

Кислота	Рапсовое масло в повышенным содержанием эруковой кислоты	Рапсовое масло в пониженным содержанием эруковой кислоты
Арахидовая	0,5	0,5
Бегеновая	1	1
Гадолеиновая	7	2
Линолевая	15	20
Линоленовая	7	9
Миристиновая	0,5	0,5
Олеиновая	15	60
Пальмитиновая	2	4
Стеариновая	1	1
Эруковая	50	2
Температура плавления масел, °С	-9	-15

Изменение количества тех или иных кислот влияет на вязкостно-температурную характеристику рапсового масла.

В рамках исследования были испытаны следующие смазочные масла:

- Нерафинированное рапсовое масло холодного отжима (образец №1);
- Нерафинированное рапсовое масло холодного отжима, модифицированное присадкой (образец № 1.1);
- Нерафинированное рапсовое масло горячего отжима (образец №2);
- Нерафинированное рапсовое масло горячего отжима, модифицированное присадкой (образец № 2.1);
- Рафинированное рапсовое масло холодного отжима (образец №3);
- Рафинированное рапсовое масло холодного отжима, модифицированное присадкой (образец № 3.1).

В процессе рафинирования удаляются многие природные компоненты, включая кислоты, которые могут оказывать влияние на трибологические свойства. Однако рафинирование также снижает кислотность масла, что позволяет более эффективно использовать специальные биологические противоизносные присадки [5].

В работе в качестве присадок рассматривается дополнительное введение диалкилдитиофосфата цинка, модифицированного бором (A22), Литола-24 и стеариновой кислотой.

Испытания на стабильность к окислению проводились на приборе ДК-НАМИ (ГОСТ 11063-77), условия проведения испытаний: температура – 140 °С, время опыта – 20 ч. (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты испытания по стабильности рапсового масла  
 Table 7 – Rapeseed oil stability test results

№	Исследуемые масла	Изменение кинематической вязкости, %	Осадок в петролейном эфире, %
1	Рапсовое масло (образец №3)	43	0,94
2	Рапсовое масло (образец №3) + 5% А22	35	0,76
3	Рапсовое масло(образец №3) + 5% А22 + 3% Литол 24	32	0,75
4	Рапсовое масло(образец №3) + 5% А22 + 3% Литол 24 + 2% стеариновой кислоты	29,5	0,74
5	Рапсовое масло(образец №3) + 5% А22 + 3% Литол 24 + 3% стеариновой кислоты	26	0,71
6	Рапсовое масло (образец №3)+ 5% А22 + 3% Литол 24 + 6% стеариновой кислоты	24	0,7
7	Рапсовое масло (образец №3) + 5% А22 + 3% Литол 24 + 8% стеариновой кислоты	23	0,69
8	Рапсовое масло (образец №3) + 5% А22 + 3% Литол 24 + 10% стеариновой кислоты	22	0,69

Лучшие результаты по стабильности получены при добавлении 5-10% стеариновой кислоты, а оптимальной добавкой в смазочную композицию является: рапсовое масло + 5% А-22 + 3% Литол-24 + 5% стеариновой кислоты.

Для оценки эффективности различных смазочных материалов и их влияния на износ проводились испытания на четырехшариковой машине трения, схема которой представлена на рисунке 2.

Исследование проводилось с использованием машины для испытания на трение с четырьмя шариками, которые изготовлены из стали ШХ-15 по ГОСТ 801, диаметром 12,7 мм.

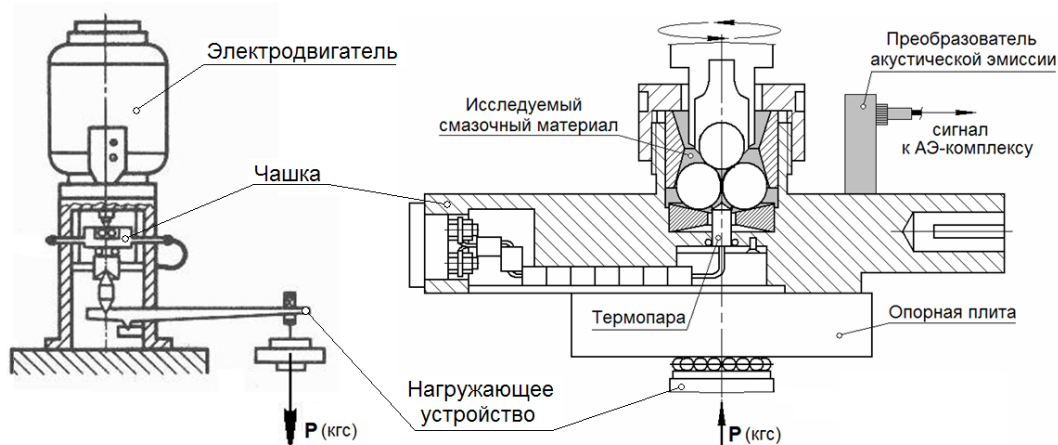
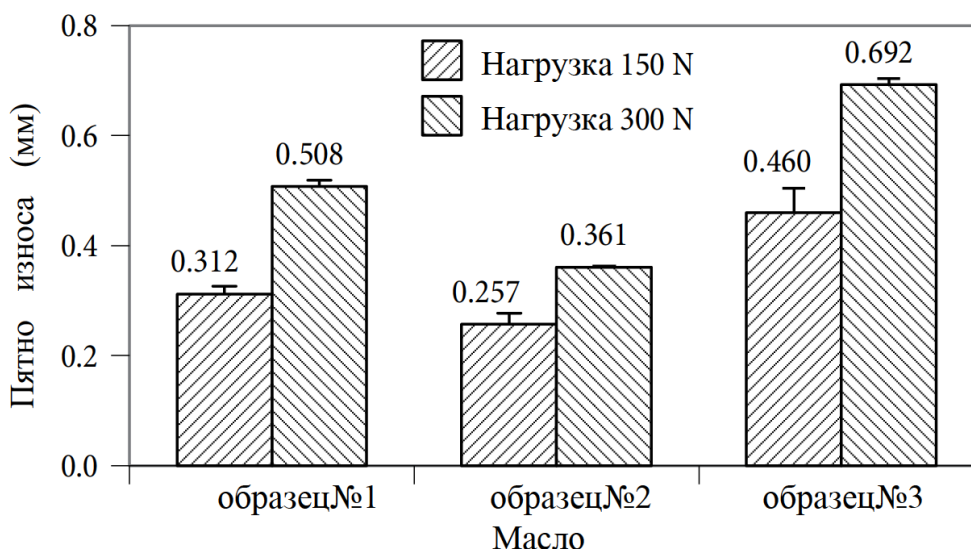


Рисунок 2 – Схема четырехшариковой машины трения (ЧМТ-1), узла трения и корпуса чашки

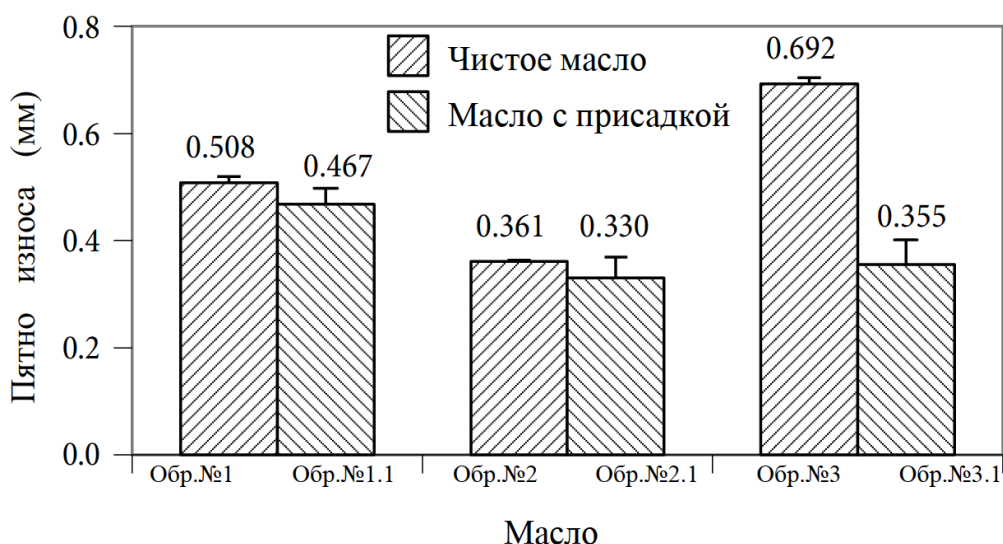
Figure 2 – Diagram of a four-ball friction machine (TBI-1), a friction unit and a cup body

В ходе эксперимента 3 шарика были надежно закреплены на дне специального контейнера, наполненного маслом, в то время как четвертый шарик был прикреплен к шпинделю вала двигателя, который вращался с заданной скоростью. Это позволило создать условия, приближенные к реальным, где один из шариков подвергался воздействию вращения, а остальные находились в статическом положении. На рисунках 3 и 4 показаны результаты эксперимента при нагрузках 150 Н и 300 Н.



**Рисунок 3 – Тестирование данных измерений износа: чистое рапсовое масло при нагрузках 150 Н и 300 Н**

**Figure 3 – Testing of wear measurement data: pure rapeseed oil at loads of 150 N and 300 N**



**Рисунок 4 – Тестирование данных измерений износа: рапсовое масло, модифицированное противозносными присадками, при нагрузке 300 Н**

**Figure 4 – Testing of wear measurement data: rapeseed oil modified with anti-wear additives at a load of 300 N**

От выбора смазочного материала зависит продолжительность срока службы всех механизмов транспортных средств. Различные масла имеют разные вязкостные характеристики, что влияет на способность образования защитных пленок на поверхностях.

Согласно исследованиям, нефилтрованное рапсовое масло обладает лучшей износостойкостью по сравнению с рафинированным аналогом [6].

Рапсовое масло благодаря своим уникальным химическим свойствам может влиять на вязкость и смазочные характеристики, что сказывается на коэффициенте трения [7]. На рисунках 5 и 6 показаны результаты исследований изменения момента трения исследуемых образцов рапсовых масел при нагрузках 150 Н и 300 Н.

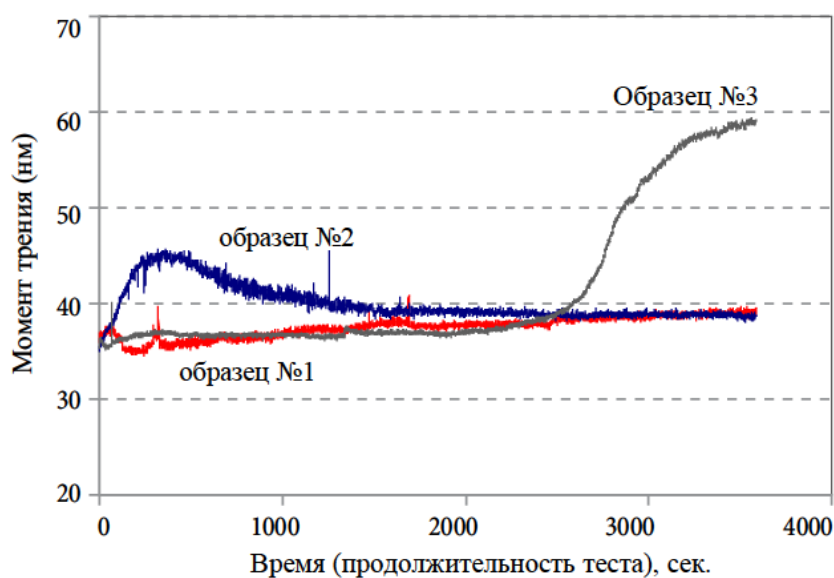


Рисунок 5 – Изменение момента трения при испытаниях чистых рапсовых масел при нагрузке 150 Н

Figure 5 – Change of the friction moment during testing of pure rapeseed oils at a load of 150 N

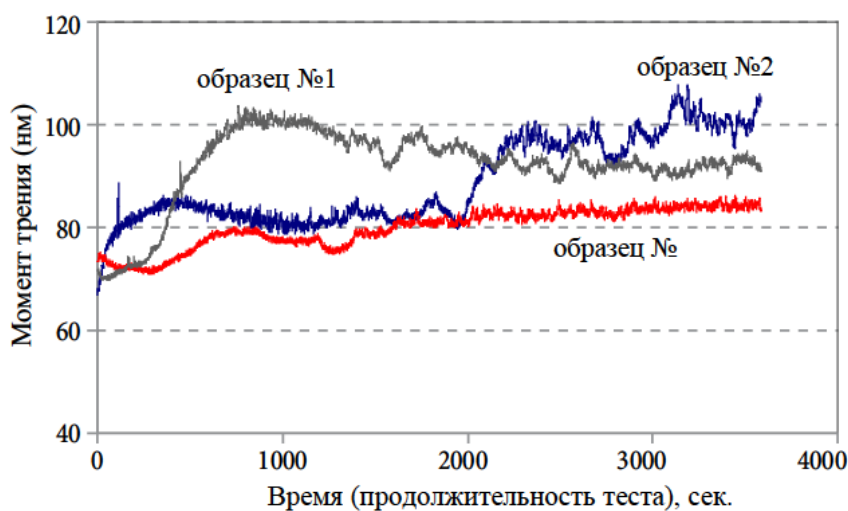
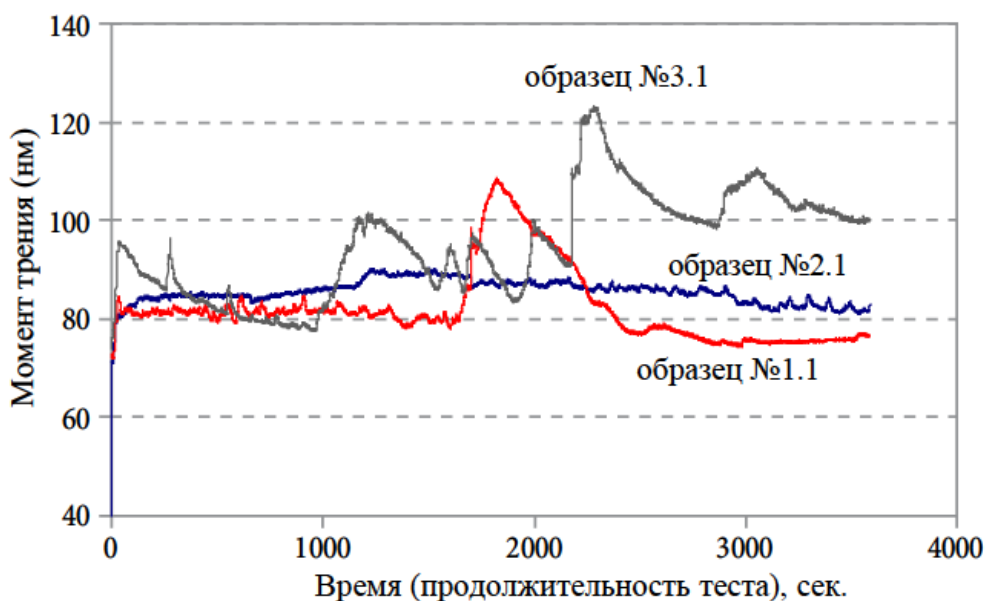


Рисунок 6 – Изменение момента трения при испытаниях чистых рапсовых масел при нагрузке 300 Н

Figure 6 – Change of the friction moment during testing of pure rapeseed oils at a load of 300 N

При увеличении нагрузки до 300 Н коэффициент трения также возрастает (рисунок 6), что объясняется ростом нагрузки и как следствие увеличения фактической площади контакта. А это в свою очередь, влечет за собой увеличение силы трения и снижение долговечности узлов и механизмов.

На рисунке 7 отражена динамика изменения момента трения при испытаниях рапсового масла с присадками (образцы 1.1, 2.1 и 3.1).



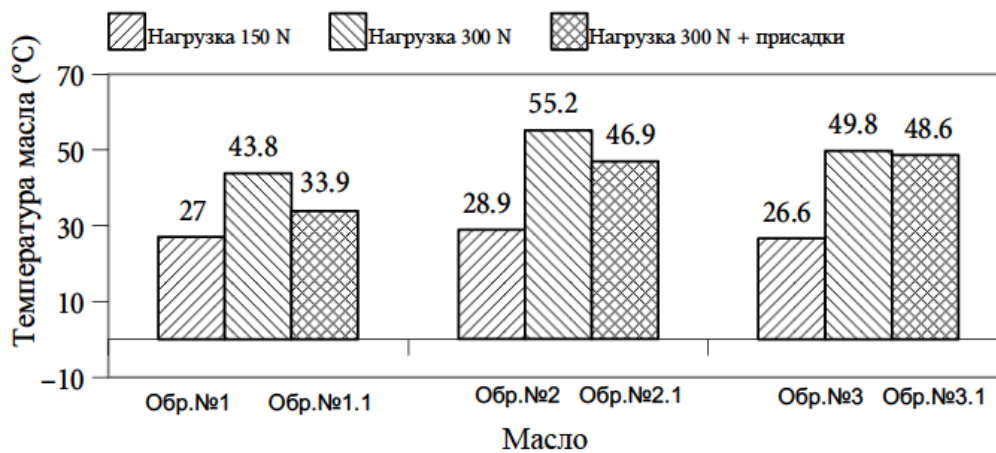
**Рисунок 7 – Изменение момента трения при испытаниях рапсового масла с присадками при нагрузке 300 Н.**

**Figure 7 – Change of the friction moment during testing of rapeseed oil with additives at a load of 300 N.**

Незначительная разница в изменении коэффициента трения у исследуемых образцов – рафинированного (образец 3) и нерафинированных масел (образцы 1 и 2) – при нагрузке 300 Н показывает, что характеристики трения и износа не всегда прямо пропорциональны друг другу.

Потери на трение и затраты энергии для всех трех видов рапсовых масел были схожи при нагрузке 300 Н, что указывает на стабильность их работы в данных условиях. При нагрузке в 150 Н рафинированное масло (образец № 3) показывает увеличение коэффициента трения к концу испытаний, что связано с изменениями в структуре поверхности, которые происходят в процессе эксплуатации.

С ростом температуры происходит уменьшение таких теплофизических характеристик, как теплопроводность и ее коэффициент. Удельная теплоемкость рапсового масла с увеличением температуры возрастает [8]. На рисунке 8 показаны результаты исследований изменения температуры чистого рапсового масла в сравнении с маслом с противоизносными присадками.



**Рисунок 8 – Повышение температуры масла при трибологических испытаниях рапсового масла.**

**Figure 8 – Increase in oil temperature during tribological tests of rapeseed oil.**

Повышение температуры масла при трибологических испытаниях рапсового масла происходит при увеличении нагрузки. Как видно на рисунке 8, при использовании противоизносной присадки температура смазочной среды изменяется незначительно по сравнению с температурой чистого рапсового масла.

В ходе исследования были проведены измерения вязкости, плотности и кислотного числа испытываемых образцов масел. Результаты представлены в таблице 8.

**Таблица 8 – Химические и физические свойства смазочных материалов на основе рапсового масла**

**Table 8 – Chemical and physical properties of lubricants based on rapeseed oil**

Масло	Образец 1.1	Образец 2.1	Образец 3.1
Вязкость 40 мм <sup>2</sup> /сек	34,607	35,103	34,357
Вязкость 100 мм <sup>2</sup> /сек	7,9788	8,0784	7,9661
Индекс вязкости	214,5	214,3	216,1
Плотность 15 г/см <sup>3</sup>	0,9198	0,9237	0,9210
Плотность 40 г/см <sup>3</sup>	0,9035	0,9071	0,9045
Плотность 100 г/см <sup>3</sup>	0,8645	0,8674	0,8648
Кислотное число	1,3	2,4	0,1

Кислотное число рапсового масла является важным показателем качества смазочного материала, так как оно отражает содержание свободных жирных кислот, которые могут негативно сказаться на его свойствах.

Рапсовое масло имеет относительно высокое кислотное число из-за повышенного содержания жирных кислот.

При горячей экстракции кислотное число рапсового масла увеличивается. В связи с чем, выбор масла с низким кислотным числом является важным для обеспечения долговечности и надежности трибосопряжений. Таким образом, понимание различий в кислотном числе между рафинированными и нерафинированными маслами, а также влияния технологии экстракции,

является ключевым для производителей и потребителей. Это знание помогает не только в выборе качественного масла, но и в оптимизации процессов его применения, что в конечном итоге способствует более эффективному использованию ресурсов и снижению затрат.

#### **Выводы.**

Исследования показали, что нерафинированное рапсовое масло демонстрирует лучшие трибологические характеристики по сравнению с рафинированным. Это связано с тем, что в нерафинированном масле сохраняются натуральные компоненты, которые способствуют образованию защитной плёнки на поверхности трения, уменьшая износ.

Исследования подтвердили, что добавление присадок в рапсовое масло значительно снижает износ компонентов, смазываемых рафинированным рапсовым маслом. В частности, было установлено, что использование таких присадок может уменьшить износ почти в 2 раза по сравнению с использованием масла без добавок.

При рафинировании удаляются побочные вещества, которые могут негативно сказаться на смазочных свойствах. Горячая экстракция масла является более предпочтительной для достижения оптимальных противоизносных свойств.

Трибологические испытания износостойких свойств рапсовых масел, проведенные при нагрузках в 150 Н и 300 Н, продемонстрировали, что нерафинированное рапсовое масло значительно превосходит рафинированное по показателям износостойкости. Нерафинированное масло, сохранившее больше природных компонентов, таких как жирные кислоты и антиоксиданты, демонстрирует лучшую защиту от износа, что делает его предпочтительным для применения в условиях высокой нагрузки.

Модифицирование рапсового масла противоизносными присадками оказывает наибольшее влияние именно на рафинированное масло. Эти добавки способны снижать уровень износа почти в 2 раза. Однако стоит отметить, что присадки имеют ограниченное влияние на величину момента трения при трибологических испытаниях, что может свидетельствовать о том, что их основное действие связано с образованием защитного слоя на поверхности трения, а не с изменением физико-химических свойств масла.

Создание смазочной композиции на основе растительных ресурсов – это не только шаг к более устойчивому производству, но и важный вклад в защиту окружающей среды. Проведенные исследования показывают, что рапсовое масло с добавлением противоизносных присадок может стать эффективной альтернативой традиционным смазочным материалам.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дидманидзе О.Н., Парлюк Е.П., Пуляев Н.Н., Прокофьев М.М. Перспективы развития тракторостроения в России // Техника и оборудование для села. — 2023. — № 5(311). — С. 2-7.

2. Гайдар С.М., Наджи Н.А.Ф., Коноплев В.Е. [и др.]. Патент № 2779092 С1 Российская Федерация, МПК С10М 125/04, С10М 129/40, С10N 30/06. Присадка к смазочным материалам: № 2021115219: заявл. 27.05.2021: опубл. 31.08.2022 / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева".

3. Парлюк Е.П. Повышение надежности силовых установок в условиях граничного трения // Чтения академика В.Н. Болтинского: семинар. — 2021. — С. 27-33.

4. Гайдар С.М., Карелина М.Ю. Повышение долговечности и экономичности автотранспортных средств модифицированием соединений поверхностно-активными веществами и применением полифункциональных ингибиторов коррозии // Инновационные технологии машиностроения в транспортном комплексе: материалы XI Международной научно-технической конференции ассоциации технологов-машиностроителей. — 2020. — С. 140-144.

5. Гайдар С.М., Пастухов А.Г., Пыдрин А.В. и др. Повышение надежности двигателей автомобилей введением антифрикционных присадок в условиях эксплуатации // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. — 2020. — № 4(28). — С. 35-44.

6. Иванов В.П., Вигерина Т.В., Голубев И.Г. Исследование износа коленчатых валов автомобильных двигателей и инновационные технологии их восстановления // Техника и оборудование для села. — 2018. — № 2. — С. 34-37.

7. Мурато А.В., Ляшенко В.В. Изнашивание деталей транспортных дизелей и способы его снижения // Вестник транспорта Поволжья. — 2020. — № 5(83). — С. 77-82.

8. Petyukov A., Goncharov R., Gonsales A. Numerical simulation of airbag module operating features // AIP Conference Proceedings. — 2023. — Vol. 2833, Issue 1.

#### REFERENCES

1. Didmanidze, O. N., Parlyuk, E.P., Pulyaev, N.N., Prokofiev, M.M. (2023), "Prospects for the development of tractor construction in Russia", Machinery and equipment for rural areas, No. 5(311), pp. 2-7.

2. Gaidar, S.M., Naji, N. A. F., Konoplev, V. E. [et al.] (2021), Patent No. 2779092 C1 Russian Federation, IPC C10M 125/04, C10M 129/40, C10N 30/06. Lubricant additive: No. 2021115219: application no. 05/27/2021 : published 08/31/2022; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University - Ministry of Agriculture named after K.A. Timiryazev".

3. Parlyuk, E. P. (2021), "Improving the reliability of power plants in conditions of boundary friction", Readings by Academician V. N. Boltinsky: seminar, pp. 27-33.

4. Gaidar, S. M., Karelina, M. Yu. (2020), "Improving the durability and efficiency of motor vehicles by modifying surfactant compounds substances and the use of multifunctional corrosion inhibitors", In collection: Innovative engineering technologies in the transport complex. Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference of the Association of Engineering Technologists, pp. 140-144.

5. Gaidar, S.M., Pastukhov, A.G., Pydrin, A.V. et al. (2020), "Improving the reliability of car engines by introducing antifriction additives in operating conditions", Innovations in agriculture: problems and prospects, N4(28), pp. 35-44.

6. Ivanov, V.P., Vigerina, T.V., Golubev, I.G. (2018), "Wear study of crankshafts of automobile engines and innovative technologies for their restoration", Machinery and equipment for rural areas, N2, pp. 34-37.

7. Murato, A.V., Lyashenko, V.V. (2020), "Wear of parts of transport diesel engines and ways to reduce it", Bulletin of Transport of the Volga Region, N5(83), pp. 77-82.

8. Petyukov A., Goncharov R., Gonsales A. (2023), Numerical simulation of airbag module operating features // AIP Conference Proceedings, Vol. 2833, Issue 1.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Екатерина Петровна Парлюк**, доктор технических наук, профессор кафедры колесных машин, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0691-3487>, SPIN-код: 3819-1821; e-mail: [Parlyuk@bmstu.ru](mailto:Parlyuk@bmstu.ru).

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Ekaterina P. Parlyuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Wheeled Vehicles, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bauman Moscow State Technical University", Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0691-3487>, SPIN code: 3819-1821; e-mail: [Parlyuk@bmstu.ru](mailto:Parlyuk@bmstu.ru).

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

**Статья поступила в редакцию / Received 20.01.2025**  
**Поступила после рецензирования / Revised 19.02.2025**  
**Принята к публикации / Accepted 20.02.2025**

## 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, разрезанный).

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>.**

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

Рецензируемый научный журнал  
4 номера в год  
№ 1 (79)

Подписано к печати 28.03.2025

Дата выхода в свет 31.03.2025

Формат 60×84 1/8. П.л. 15. Тираж 1000. **Заказ.**

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

