

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 3 (72)



**IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

2023

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 3 (72)



IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

2023

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рецензируемый научный журнал
4 номера в год
№ 3 (72)

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

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

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

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

IZVESTIYA SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Peer-reviewed scientific journal
4 issues per year
№ 3 (72)

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
№ 3 (72)

Главный редактор
Морозов Виталий Юрьевич
Доктор ветеринарных наук, ректор

Заместитель главного редактора
Колесников Роман Олегович
Кандидат ветеринарных наук, проректор
по научной, инновационной и международной работе

Выпускающий редактор
Мельникова Дарья Андреевна
Кандидат исторических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

Дидманидзе Отари Назирович, академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильный транспорт ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Чесноков Юрия 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
№ 3 (72)

Editor-in-Chief

Morozov Vitaliy Yurievich
Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputy Editor-in-Chief

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

Executive Journal Editor

Mel'nikova Darya Andreevna
Candidate of Historical Sciences

EDITORIAL BOARD

Atroshchenko Gennady Parfyonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU;
Afanasenko Olga Sylvestrovna, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Plant Immunity to Diseases, FSBSI VIZR;
Bezzubtseva Marina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technologies, FSBEI HE SPbSAU;
Bolgov Anatoly Efremovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management, FSBEI PetrSU;
Ganusevich Fedor Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Research named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU;
Gasparyan Irina Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation and High Technologies in Crop Production, FSBEI HE RSAU – MTAA;
Didmanidze Otari Nazirovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobile Transport, 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»;
Karynbaev Amanbai Kambarbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, LLP «South-West Scientific Research Institute of Livestock and Plant Production»;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Литвинович А.В., Манаков П.С., Буре В.М. Транслокация марганца в растения в процессе растворения мелиорантов в кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	9
Савенок Н.А., Жемякин С.В. Хозяйственно-биологическая оценка интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Северо-Запада России.....	18
Хуаз С.Х., Лебедев В.Н., Кошман М.Е. Влияние различных биопрепаратов на продуктивность и качество растений яровой пшеницы и овса.....	26
Цивка К.И. Фотосинтетические пигменты, входящие в состав почвенного органического вещества: вероятные диагностические характеристики.....	35

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Максимова О.В. Физико-технологические свойства шерсти кроссбредных овец при различных условиях пастбищно-стойлового содержания.....	42
Мачахтыров Г.Н., Мачахтырова В.А., Андреева М.В., Шадрин Я.Л. Инфузория <i>Charonina ventriculi</i> из якутской породы крупного рогатого скота.....	49
Борисова А.В., Санганая А.В. Современное состояние владимирской породы лошадей и совершенствование ее хозяйственно-полезных качеств.....	57

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алексеев В.А. Эффективность применения вертикально-осевой двухроторной ветроэнергетической установки на объектах АПК.....	66
Даус Ю.В., Коршунова О.Н., Проскуряков М.С. Анализ подходов к определению оптимального угла наклона фотоэлектрических модулей энергоустановок на базе возобновляемых источников энергии.....	73
Керимов М.А. Повышение технической надёжности и качества функционирования кормораздаточных машин.....	80
Миклашевский Н.В., Бекренев А.В. Теоретические предпосылки разработки технологии очистки жидкой фракции при сепарации навозных масс свинокомплексов промышленного типа.....	91
Ракутько Е.Н., Медведев Г.В., Ракутько С.А. Применение отражательных свойств листа растения в агроэкомониторинге.....	99
Худякова В.М., Матюшева Н.В., Жадан О.В. Разработка предохранительного устройства автовышки для обеспечения безопасности работников на высоте в агропромышленном комплексе.....	107

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Litvinovich A.V., Manakov P.S., Bure V.M. Manganese translocation to plants during ameliorants dissolution in acidic sod-podzolic light loamy soil	9
Savenok N.A., Zhemyakin S.V. Economic and biological evaluation of introduced garden strawberry varieties in the conditions of North-West Russia.....	18
Khuaz S.H., Lebedev V.N., Koshman M.E. Influence of different biopreparations on productivity and quality of spring wheat and oats plants.....	26
Tsivka K.I. Photosynthetic pigments in soil organic matter: probable diagnostic characteristics.....	35

ANIMAL AND VETERINARY SCIENCE

Maksimova O.V. Physical and technological properties of wool of crossbred sheep under different conditions of pasture and stable management.....	42
Machakhtyrov G.N., Machakhtyrova V.A., Andreyeva M.V., Shadrina Ya.L. Infusoria Charonina ventriculi from the Yakut cattle breed.....	49
Borisova A.V., Sanganaeva A.V. Current state of the Vladimir breed of horse and improvement of its economic and useful qualities	57

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGY

Alekseenko V.A. Application efficiency of a vertical-axis two-rotor wind power plant at agricultural facilities.....	66
Daus Yu.V., Korshunova O.N., Proskuryakov M.S. Analysis of approaches to determining the optimal tilt angle of photovoltaic modules for power units based on renewable energy sources.....	73
Kerimov M.A. Increasing technical reliability and quality of feeder functioning.....	80
Miklashevskiy N.V., Bekrenev A.V. Theoretical background of the development of the technology for cleaning the liquid fraction when separating manure masses of industrial type pig farms.....	91
Rakutko E.N., Medvedev G.V., Rakutko S.A. Reflectance properties application of the plant leaf in agroecomonitoring.....	99
Khudiakova V.M., Matyusheva N.V., Zhadan O.V. Safety device development for a tower vehicle to ensure the safety of workers at height in the agro-industrial complex...	107

Научная статья

УДК 631.4

Код ВАК 4.1.3

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-9-18

ТРАНСЛОКАЦИЯ МАРГАНЦА В РАСТЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАСТВОРЕНИЯ МЕЛИОРАНТОВ В КИСЛОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Андрей Витальевич Литвинович¹, Павел Сергеевич Манаков²,
Владимир Мансурович Буре³

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14, 195220, Россия; avlitvinovich@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4580-1974>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; manakov248@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0196-4077>

³Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7-9, г. Санкт-Петербург, 199034, Россия; Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14, 195220, Россия; vlb310154@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-7018-4667>

Реферат. Цели проведённых исследований заключались в следующем: установление динамики убыли массы частиц доломитовой муки (ДМ) и известняковой муки (ИМ), используемых для мелиорации кислой дерново-подзолистой почвы; разработка эмпирических моделей скорости растворения мелиорантов карбонатной природы в процессе проведения эксперимента, а также выявление количественных параметров накопления марганца растениями различных биологических семейств в процессе взаимодействия мелиорантов с почвами. В многолетнем полевом опыте проведено сопряжённое изучение скорости растворения ДМ и ИМ муки, внесённых в кислую дерново-подзолистую почву в научно обоснованной дозе 1 Нг (доза, рассчитанная по гидролитической кислотности). Установлено, что ДМ по скорости растворения не уступала стандартной ИМ. Спустя 1 год после мелиорации с почвой прореагировало 84,9% от внесённого количества ИМ и 84,5% ДМ. Спустя 2 года – 86,5% и 93,1%, спустя 3 года – 90,8% и 93,4% соответственно. Разложение заканчивалось на седьмой год после мелиорации. Наиболее чувствительными к воздействию марганца оказались растения семейства бобовых. В варианте опыта без известкования растения семейства бобовых накапливали марганец в значительно большем количестве, чем растения семейства капустных (973 мг/кг воздушно-сухой массы – вика и 508-414 – бобы). Растения семейства капустных: 212,8–236,3 мг/кг – горчица и 296 мг/кг – рапс. Известкование способствовало снижению накопления марганца в тканях растений. Применение ДМ было более эффективно, чем ИМ. Содержание марганца в тканях растений и семейства бобовых, и капустных после мелиорации укладывалось в диапазон концентраций, обеспечивающих нормальное функционирование растений. Разработаны эмпирические модели скорости разложения мелиорантов карбонатной природы в процессе проведения эксперимента.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, известкование, мелиоранты карбонатной природы, транслокация марганца в растения, эмпирические модели

Цитирование. Литвинович А.В., Манаков П.С., Буре В.М. Транслокация марганца в растения в процессе растворения мелиорантов в кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72) – С. 9–18, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-9-18

**MANGANESE TRANSLOCATION TO PLANTS DURING AMELIORANTS
DISSOLUTION IN ACIDIC SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL**

Andrey V. Litvinovich¹, Pavel S. Manakov², Vladimir M. Bure³

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; Agophysical Research Institute, Grazhdansky Ave., 14, St. Petersburg, 195220, Russia; avlitvinovich@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4580-1974>

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; Agophysical Research Institute, Grazhdansky Ave., 14, St. Petersburg, 195220, Russia; manakov248@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0196-4077>

³St. Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7-9, St. Petersburg, 199034, Russia; Agophysical Research Institute, Grazhdansky Ave., 14, St. Petersburg, 195220, Russia; vlb310154@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7018-4667>

Abstract. The objectives of the conducted research were as follows: to establish the dynamics of mass loss of dolomite flour (DM) and limestone flour (LM) particles used for amelioration of acid sod-podzolic soil; to develop empirical models of dissolution rate of ameliorants of carbonate nature in the process of experimentation, as well as to identify quantitative parameters of manganese accumulation by plants of different biological families in the process of interaction of ameliorants with soils. In a long-term field experiment, a conjugate study of the dissolution rate of dolomite flour (DF) and limestone (LF) flour introduced into acidic sod-podzolic soil in a scientifically justified dose 1 Hg (dose calculated by hydrolytic acidity) was carried out. It was found that DM was not inferior to the standard IM in terms of the dissolution rate. One year after reclamation, 84,9% of the amount of MI and 84,5% of DM reacted with the soil. After 2 years 86,5 and 93.1%, after 3 years 90,8 and 93,4%, respectively. Decomposition ended in the seventh year after reclamation. The plants of the legume family were the most sensitive to the effects of manganese. In the variant of the experiment without liming, plants of the legume family accumulated manganese in significantly greater quantities than plants of the cabbage family (973 mg/kg of air-dry mass – vetch and 508 – 414 – beans). Plants of the cabbage family: 212,8–236,3 – mustard and 296 mg/kg – rapeseed. Liming helped to reduce the accumulation of manganese in plant tissues. The use of DM was more effective than IM. The content of manganese in the tissues of plants of both the legume and cabbage families after reclamation fell within the range of concentrations that ensure the normal functioning of plants. Empirical models of the decomposition rate of ameliorants of carbonate nature during the experiment have been developed.

Keywords: *sod-podzolic soil, liming, carbonate ameliorants, manganese translocation into plants, empirical models*

Citation. Litvinovich A.V. Manakov P.S., Bure V.M. (2023) 'Manganese translocation to plants during ameliorants dissolution in acidic sod-podzolic light loamy soil', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no 3, pp. 9–18 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-9-18

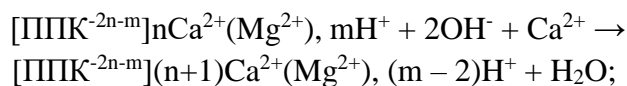
Введение. К настоящему времени существуют достаточно полные представления о механизме растворения кальцийсодержащих мелиорантов в почвах [1–3].

Взаимодействие известковых материалов с почвой происходит при участии 2 механизмов:

1. За счёт постепенного перехода оснований в почвенный раствор с последующей реакцией с почвенным поглощающим комплексом.
2. За счёт контактного обмена поверхности частиц известии и почвы. В процессе обмена не затрагиваются внутренние слои гранул.

При попадании карбоната кальция в почву протекают следующие реакции [1]:

- растворение: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$;
- гидролиз: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$;
- нейтрализация обменной кислотности:



– связывание H^+ гидролитической кислотности:



При растворении известняковой муки кальций, который содержится в отдельных полисинтетических двойниковых зёрнах, исчезает почти полностью. Остаются реликты зёрен кальцита, окружённые мелкозернистыми новообразованиями $\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_3$, которые препятствуют дальнейшему растворению, но с увеличением продолжительности взаимодействия с почвой также полностью исчезают.

Доломитовая порода, сложенная исключительно чистым доломитом $\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$, встречается очень редко. Чаще она состоит из кальцита, магнезита и собственно доломита. Обычно избыток CaCO_3 образует кальциевый цемент, скрепляющий ромбоэдрические кристаллы двойного карбоната. Растворение среднего доломита есть результирующая двух параллельно идущих процессов: 1) растворения кальцита (или магнезита), цементирующего кристаллы двойной соли; 2) растворения зёрен собственно двойной соли. Растворимость чистого кальцита или чистого магнезита выше, чем растворимость двойной соли, поэтому избирательное растворение имеет своим результатом процесс с характерными конечными продуктами. В процессе химического выветривания происходит измельчение доломита с образованием порошковидного доломита.

Доломиты, содержащие кристаллические карбонаты кальция и магния, обладают более прочным сложением, чем известняки [5].

Физиологическая роль марганца связана с его участием в окислительно-восстановительных процессах. В качестве элемента, входящего в состав ферментов, он задействован в процессах дыхания, азотном и нуклеиновых обменах. Марганец содержится во всех тканях растений. Однако отдельные растения и органы существенно различаются по его содержанию [6–9]. Известкование, в целом, приводит к осаждению в почвах доступных для растений соединений марганца [10]. Но сравнительное изучение влияния мелиорантов карбонатной природы (ИМ и ДМ) на доступность марганца растениям из различных биологических семейств, выращенных на кислой дерново-подзолистой почве, мелиорируемой ДМ и ИМ, ранее не проводилось.

Цель исследований – в условиях длительного микрополевого опыта установить динамику убыли массы частиц ДМ и ИМ, используемых для мелиорации кислой дерново-подзолистой почвы, разработать эмпирические модели скорости растворения мелиорантов карбонатной природы в процессе проведения эксперимента; выявить количественные параметры накопления марганца растениями различных биологических семейств в процессе взаимодействия мелиорантов с почвами.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследований служили дерново-подзолистая почва и мелиоранты карбонатной природы ИМ и ДМ. Физико-химическая характеристика почвы следующая: $\text{pH}_{\text{KCl}} - 4,2$; гидролитическая кислотность (Hг) – $5,6 \text{ ммоль(экв)/100 г}$; содержание гумуса – $1,76\%$, содержание частиц $< 0,01 \text{ мм} - 21,2\%$.

В микрополевом опыте изучали скорость растворения ИМ и ДМ. Схема опыта включала в себя 3 варианта (таблица 1).

Методика проведения микрополевого опыта была следующая: сосуды без дна ёмкостью 40 литров закапывали в почву на глубину 50 см. В них помещали 40 кг почвы, произвесткованной ИМ и ДМ по полной дозе рассчитанной Нг. Перед известкованием ИМ и ДМ пропускали через сито с диаметром ячеек 0,25 мм. Контролем служил вариант без применения мелиорантов. Продолжительность эксперимента 7 лет. Повторность 4-кратная.

В опыте последовательно выращивали культуры, принадлежащие к семействам бобовых и капустных, отзывчивые на известкование и характеризующиеся высоким уровнем потребления кальция. Чередование культур: рапс, вика, горчица, бобы, горчица, бобы, горчица.

При закладке опыта почва была удобрена азофоской в количестве 48 г/сосуд. Кроме того, перед посевом растений ежегодно применяли по 6 г азофоски на сосуд. Уборку растений проводили в фазу цветения.

Физико-химические показатели почвы устанавливали общепринятыми методами. Содержание непрореагировавших карбонатов в почве микрополевого опыта определяли по методу И.Ф. Голубева. Содержание марганца в растениях определяли на атомно-адсорбционном спектрофотометре после озоления в муфеле.

Результаты исследований. Результаты исследования скорости растворения ИМ и ДМ приведены в таблице 1. Исследования показали, что ДМ по скорости растворения не уступала стандартной ИМ. Спустя год после мелиорации с почвой прореагировало 84,9% от внесённого количества ИМ и 84,5% доломита. Спустя 2 года – 86,5% и 93,1%, а спустя 3 года – 90,8% и 93,4% соответственно.

Следовательно, различия по плотности сложения известковых удобрений при тонком размоле в процессе растворения сглаживаются, а переход большей части кальция и магния мелиорантов тонкого помола в почвенно-поглощающий комплекс занимает 3 года.

Следует отметить, что остаточное количество непрореагировавших карбонатов находили в почве и на 4, 5 и 6-й годы после применения. Их количество по годам исследований изменялось мало и колебалось от 1,9% до 0,4% от внесённого количества. Полное растворение мелиорантов закончилось на 7-й год после применения (таблица 1).

Таблица 1. Динамика содержания непрореагировавших карбонатов
 (CaCO₃ + MgCO₃) в процессе проведения эксперимента
 Table 1. Dynamics of the unreacted carbonates content
 (CaCO₃ + MgCO₃) during the experiment

№ п/п	Вариант	Внесено CaCO ₃ + MgCO ₃ , мг/кг	Сроки							
			1	2	3	4	5	6	7	
1.	Фон (NPK)	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	Фон + ИМ по 1 Нг	2295	<u>346,8</u> 15,1	<u>310,2</u> 13,5	<u>256,3</u> 11,2	<u>44,9</u> 11,2	<u>44,4</u> 1,9	<u>10</u> 0,4	<u>Отс.</u> Отс.	
3.	Фон + ДМ по 1 Нг	2295	<u>355,7</u> 15,5	<u>159,2</u> 6,9	<u>150,6</u> 6,6	<u>38,4</u> 1,7	<u>33,0</u> 1,4	<u>30,0</u> 1,3	<u>Отс.</u> Отс.	

Примечание: над чертой – мг остаточного количества карбонатов, под чертой – % от внесённого количества.

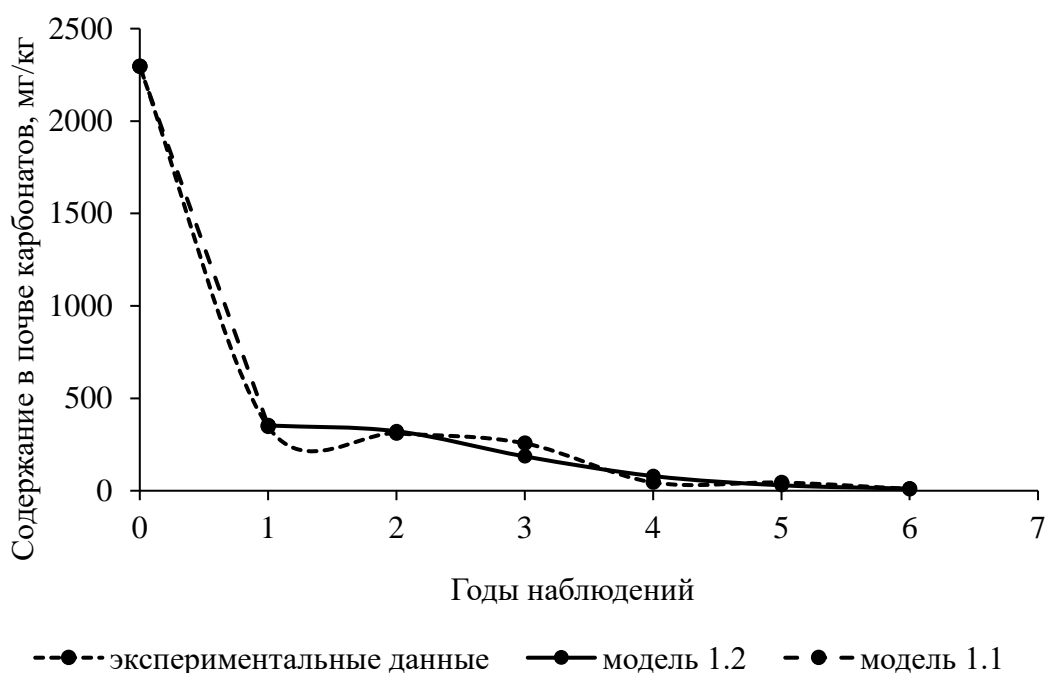


Рисунок 1. Модель растворения стандартной известняковой муки
 Picture 1. Model of dissolution of standard limestone flour

При построении модели динамики содержания «свободных» карбонатов в варианте опыта со стандартной известняковой мукой (см. рисунок 1) выделяются 2 этапа: на этапе 1 происходит резкое падение показателя (годы 0–1), на этапе 2 наблюдается относительно медленное снижение показателя (годы 1–6). Для каждого из этапов построены отдельные модели: модель 1.1 соответствует этапу 1, модель 1.2 соответствует этапу 2. В точке $t = 1$ числовые значения моделей совпадают. Таким образом, объединенная формула моделей 1.1, 1.2 представляет собой непрерывную функцию, заданную на промежутке времени (0–6).

На первом этапе построения модели произведено логарифмирование данных: из исходного содержания внесённых карбонатов в остаточное их количество после первого года наблюдений и найден логарифм числового значения модели 1.2 при $t = 1$, далее по двум точкам построен многочлен первой степени методом линейного регрессионного анализа (метод наименьших квадратов), после чего применено обратное преобразование. В результате приходим к модели (1.1):

$$y(t) = \exp(7,738 - 1,872 \cdot t), \quad (1.1)$$

где $y(t)$ – остаточное содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в почве, мг/кг.

Модель (1.1) содержит два оцениваемых параметра и построена по двум наблюдениям, поэтому она является точной.

На втором этапе произведено логарифмирование данных 1–6 года наблюдений. Далее методом линейного регрессионного анализа (метод наименьших квадратов) построен многочлен третьей степени и проведено обратное преобразование. В результате модель имеет следующий вид:

$$y(t) = \exp(5,343 + 0,884 \cdot t - 0,387 \cdot t^2 + 0,026 \cdot t^3), \quad (1.2)$$

где $y(t)$ – остаточное содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в почве, мг/кг.

Многочлен третьей степени, построенный в модели, хорошо описывает данные после логарифмирования ($R^2 = 0,94$; $F = 10,54$), коэффициент детерминации и значение F – статистики свидетельствуют о статистической значимости построенной модели на уровне значимости 10% и о хорошем качестве аппроксимации. Построенная модель (1.2) представлена на рисунке 1. Как видно из графика, модели (1.1) и (1.2) в совокупности правильно характеризуют динамику остаточного содержания $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в почве, мг/кг, на всем промежутке изучения. При этом достигается хорошее качество аппроксимации исходных данных.

В результате аналогичных действий (преобразований) приходим к модели динамики содержания «свободных» карбонатов в варианте опыта с использованием доломита с размером частиц $< 0,25$ мм (ДМ) (см. рисунок 2).

После логарифмирования данных: исходное содержание внесённых карбонатов в почвах, количество оставшихся карбонатов спустя год после применения и обратного преобразования, приходим к модели (2.1):

$$y(t) = \exp(7,738 - 1,9294 \cdot t), \quad (2.1)$$

где $y(t)$ – остаточное содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в почве, мг/кг.

Модель (2.1) содержит два оцениваемых параметра и построена по двум наблюдениям, поэтому она является точной.

После логарифмирования данных 1–6 года наблюдений приходим к модели (2.2):

$$y(t) = \exp(5,83 + 0,286 \cdot t - 0,344 \cdot t^2 + 0,038 \cdot t^3), \quad (2.2)$$

где $y(t)$ – остаточное содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}$ в почве, мг/кг.

Многочлен третьей степени, построенный в модели, хорошо описывает данные после логарифмирования ($R^2 = 0,94$; $F = 11,27$), коэффициент детерминации и значение F – статистики свидетельствуют о статистической значимости построенной модели на уровне значимости 10% и о хорошем качестве аппроксимации. Построенная модель (2.2) представлена на рисунке 2.

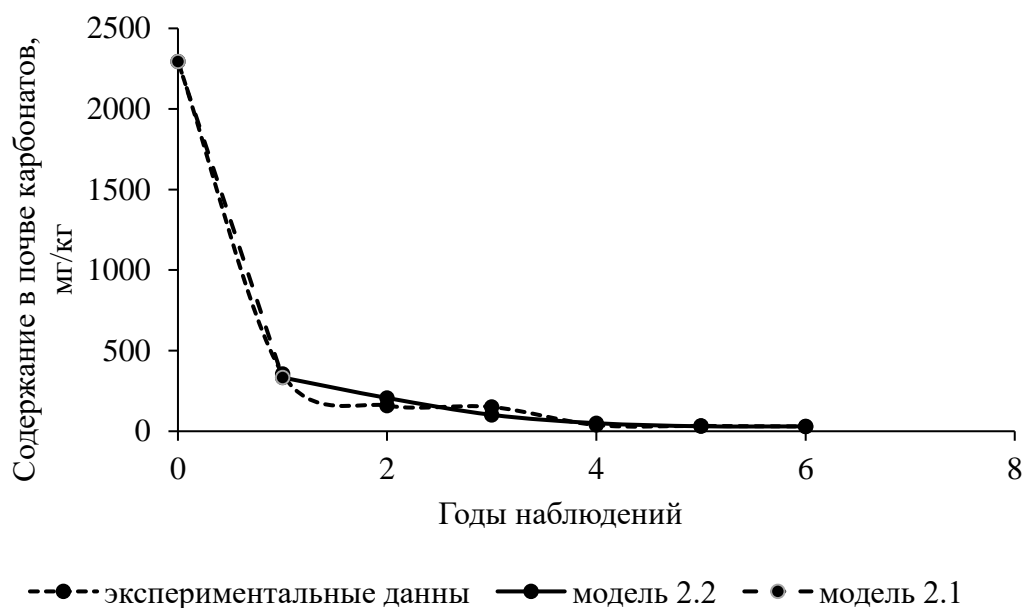


Рисунок 2. Модель растворения доломитовой муки
 Picture 2. Model of dissolution of dolomite flour

Как видно из графика на рис. 2, модели (2.1) и (2.2) в совокупности правильно характеризуют динамику остаточного содержания $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}$ в почве, мг/кг, на всем промежутке изучения (рисунок 2). При этом достигается хорошее качество аппроксимации исходных данных.

Данные содержания марганца в тканях растений из различных биологических семейств приведены в таблице 2.

Максимальным уровнем накопления марганца в сельскохозяйственных культурах характеризовались растения, выращенные на кислой дерново-подзолистой почве без известкования. Представители семейства бобовых накапливали марганец в значительно большем количестве, чем капустные. Размах колебаний укладывался в диапазон от 973 (вика 2-го года изучения) до 508,6 (бобы 4-го года изучения) мг/кг воздушно-сухой почвы.

Таблица 2. Содержание марганца в растениях различных биологических семейств, мг/кг воздушно-сухой массы растений
 Table 2. Manganese content in plants of various biological families, mg/kg of air-dry mass of plants

№ п/п	Вариант	Сроки наблюдений					
		1 рапс	2 вика	3 горчица	4 бобы	5 горчица	6 бобы
1.	Фон (NPK)	296	973,2	212,8	508,6	236,3	414,0
2.	Фон+ИМ по 1 Нг	79,15	72,0	63,9	271,3	68,9	230,0
3.	Фон+ДМ по 1 Нг	56,7	68,5	49,7	227,0	57,3	232,9

Считается установленным, что большинство растений испытывает угнетение марганцем при его содержании ≥ 500 мг/кг. Таким образом, при выращивании на кислой дерново-подзолистой почве вика и бобы накапливали марганец в количестве, превышающем уровень, обеспечивающий нормальное функционирование растений.

Размах колебаний содержания марганца в растениях семейства капустных укладывался в диапазон от 296 (рапс первого года) до 212,8 (горчица 3-го года изучения (мг/кг) сухой массы растений, т. е. был ниже критического уровня.

Можно считать установленным, что различные виды растений, возделываемые на кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, характеризуются различной устойчивостью в отношении негативного воздействия марганца.

Известкование привело к снижению подвижности марганца. В зависимости от вида культур концентрация марганца в растениях известкованных вариантов снизилась, в 1,7–14,2 раза.

Использование доломитовой муки привело к более значимому снижению подвижности марганца и, как следствие, к меньшему накоплению этого элемента в тканях растений. Исключение составляют бобы 6-го года изучения, которые характеризовались одинаковым содержанием марганца в тканях.

Считается установленным, что критический уровень марганцевой недостаточности для большинства растений находится в пределах 15–25 мг/кг сухой массы. Таким образом, установленное содержание марганца в тканях семейства бобовых и капустных укладывалось

в диапазон концентраций, обеспечивающий нормальное развитие растений. При этом бобы в известкованных вариантах накапливали марганец в количествах, значительно превышающих концентрацию этого элемента как в горчице и рапсе, так и в вике. Подобная закономерность установлена и через 4 года, и через 6 лет после известкования. В данном случае можно говорить о видовых особенностях поглощения марганца растениями.

Выводы:

1. Тонкоизмельчённый доломит (ДМ) и известняковая мука (ИМ), внесённые в кислую дерново-подзолистую почву в научно-обоснованной дозе (1 Нг), по скорости растворения не уступали друг другу. Спустя 1 год после мелиорации с почвой прореагировало 84,9% от внесённого количества ИМ и 84,5% ДМ. Спустя 2 года – 86,5% и 93,1%, спустя 3 года – 90,8% и 93,4% соответственно. Разложение заканчивалось на седьмой год после мелиорации.
2. В варианте опыта без известкования растения семейства бобовых накапливали марганец в значительно большем количестве (508–414 – бобы и 973 мг/кг воздушно-сухой массы – вика); растения семейства капустных: 212,8–236,3 – горчица и 296 мг/кг – рапс.
3. Известкование способствовало снижению накопления марганца в тканях растений. Применение ДМ при этом было более эффективно, чем ИМ. Содержание марганца в тканях растений из семейства бобовых и капустных после мелиорации укладывалось в диапазон концентраций, обеспечивающих нормальное функционирование растений.
4. Разработаны эмпирические модели скорости разложения мелиорантов карбонатной природы в почве в процессе проведения эксперимента.

Список источников литературы

1. Окорков, В.В. Взаимодействие мелиорантов с поглощающим комплексом кислых почв // *Агрохимический вестник*. – 2022. – № 5. – С. 45–51.
2. Литвинович, А.В., Берсенева, А.О., Павлова, О.Ю., Лаврищев, А.В., Буре, В.М. Процесс разложения крупных частиц доломита в сильноокислой дерново-подзолистой супесчаной почве. Динамика убыли массы доломита на разных стадиях растворения (по данным лабораторного опыта) // *Агрохимия*. – 2022. – № 3. – С. 52–60.
3. Литвинович, А.В., Павлова, О.Ю., Лаврищев, А.В., Буре, В.М., Ковлева, А.О. Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства // *Агрохимия*. – 2016 (а). – № 2. – С. 31–41.
4. Литвинович, А.В., Павлова, О.Ю., Лаврищев, А.В., Буре, В.М., Салаев, И.В. Скорость растворения в почвах мелиорантов карбонатной природы (эмпирические модели динамики растворения) // *Агрохимия*. – 2016 (б). – № 12. – С. 42–50.
5. Литвинович, А.В., Лаврищев, А.В., Буре, В.М., Павлова, О.Ю., Ковлева, А.О. Динамика содержания обменных катионов кальция и магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, мелиорируемой различными по размеру фракциями доломита (эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. – 2018. – № 3. – С. 50–61.
6. Alejandro, S., Höller, S., Meier, B., Peiter, E. (2020) 'Manganese in Plants: From Acquisition to Subcellular Allocation', *Frontiers in Plant Science*, Vol. 11, p. 300. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00300>.
7. Ijaz, A., Mumtaz, M.Z., Wang, X., Ahmad, M., Saqib, M., Maqbool, H., Zaheer, A., Wang, W., Mustafa, A. (2021) 'Insights into Manganese Solubilizing Bacillus spp. for Improving Plant Growth and Manganese Uptake in Maize', *Frontiers in Plant Science*, vol. 12. Available at: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2021.719504>.
8. Yu F., Li Y., Li C., Liu K., Li F. (2019) 'The effects of edta on plant growth and manganese (Mn) accumulation in polygonum pubescens blume cultured in unexplored soil, mining soil and tailing soil from the pingle mn mine, China', *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 173, pp. 235–242.

9. De Oliveira, V.H., de Andrade, S.A.L. (2021) 'Manganese accumulation and tolerance in *Eucalyptus globulus* and *Corymbia citriodora* seedlings under increasing soil Mn availability', *New Forests*, vol. 52, no. 4, pp. 697–711. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09819-w>.
10. Литвинович, А.В., Лаврищев, А.В., Буре, В.М., Павлова, О.Ю., Ковлева, А.О., Хомяков, Ю.В. Динамика содержания подвижного марганца в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, мелиорируемой различными по размеру фракциями доломита // *Агрохимия*. – 2018. – № 8. – С. 52–63. Doi: 10.1134/S0002188118080100.

References

1. Okorkov V.V. (2022), 'Interaction of meliorants with the absorbing complex of acidic soils', *Agrohimicheskij vestnik*, no. 5, pp. 45–51. (In Russ.).
2. Litvinovich A.V., Berseneva A.O., Pavlova O.YU., Lavrishchev A.V., Bure V.M. (2022), 'The process of decomposition of large dolomite particles in strongly acidic sod-podzolic sandy loam soil. Dynamics of dolomite mass loss at different stages of dissolution (according to laboratory experience)', *Agrohimiya*, no. 3, pp. 52–60. (In Russ.). doi: 10.31857/S0002188122030061.
3. Litvinovich A.V., Pavlova O.YU., Lavrishchev A.V., Bure V.M., Kovleva A.O. (2016a), 'Reclamation properties, fertilizing value and the rate of dissolution in soils of various size fractions of dolomite screening used for road construction', *Agrohimiya*, no. № 2, pp. 31–41. (In Russ.).
4. Litvinovich A.V., Pavlova O.YU., Lavrishchev A.V., Bure V.M., Salaev I.V. (2016b), 'The rate of dissolution of carbonate meliorants in soils (empirical models of dissolution dynamics)', *Agrohimiya*, no. 12, pp. 42–50. (In Russ.).
5. Litvinovich A.V., Lavrishchev A.V., Bure V.M., Pavlova O.YU., Kovleva A.O. (2018), 'Dynamics of the content of exchangeable calcium and magnesium cations in sod-podzolic light loamy soil reclaimed by dolomite fractions of various sizes (empirical models of the acidification process)', *Agrohimiya*, no. 3, pp. 50–61. (In Russ.).
6. Alejandro, S., Höller, S., Meier, B., Peiter, E. 2020. 'Manganese in Plants: From Acquisition to Subcellular Allocation', *Frontiers in Plant Science*, vol. 11, p. 300. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00300>.
7. Ijaz, A., Mumtaz, M.Z., Wang, X., Ahmad, M., Saqib, M., Maqbool, H., Zaheer, A., Wang, W., Mustafa, A. (2021). 'Insights into Manganese Solubilizing *Bacillus* spp. for Improving Plant Growth and Manganese Uptake in Maize', *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. Available at: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2021.719504>.
8. Yu F., Li Y., Li C., Liu K., Li F. (2019) 'The effects of edta on plant growth and manganese (Mn) accumulation in *polygonum pubescens* blume cultured in unexplored soil, mining soil and tailing soil from the pingle mn mine, China', *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 173, pp. 235–242.
9. De Oliveira, V.H., de Andrade, S.A.L. (2021), 'Manganese accumulation and tolerance in *Eucalyptus globulus* and *Corymbia citriodora* seedlings under increasing soil mn availability', *New Forests*. Vol. 52, no. 4, pp. 697–711, <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09819-w>.
10. Litvinovich A.V., Lavrishchev A.V., Bure V.M., Pavlova O.YU., Kovleva A.O., Homjakov YU.V. (2018), 'Dynamics of the content of mobile manganese in sod-podzolic light loamy soil reclaimed by different-sized fractions of dolomite', *Agrohimiya*, no. 8, pp. 52–63. (In Russ.). Doi: 10.1134/S0002188118080100.

Сведения об авторах

Литвинович Андрей Витальевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры почвоведения и агрохимии имени Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7226-2723. AuthorID: 129711.

Манаков Павел Сергеевич – младший научный сотрудник испытательной лаборатории экологического контроля объектов окружающей среды, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 8460-1796. Researcher ID: GXH-3935-2022.

Буре Владимир Мансурович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры математической теории игр и статистических решений, федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», SPIN-код: 1656-4993. AuthorID: 15814. Researcher ID: J-4889-2013.

Information about the authors

Andrey V. Litvinovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry named by L.N. Alexandrova, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint-Petersburg State Agrarian University”, SPIN-code: 7226-2723. Author ID: 129711. Scopus author ID: 10041934800, Researcher ID: P-2784-2016.

Pavel S. Manakov – Research Assistant at the Testing Laboratory of Environmental Control of Environmental Objects, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint-Petersburg State Agrarian University” SPIN-code: 8460-1796. Researcher identification number: GXH-3935-2022.

Vladimir M. Bure – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Mathematical Game Theory and Statistical Solutions, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint-Petersburg State Agrarian University”, SPIN-code: 1656-4993. Author ID: 15814. Researcher ID: J-4889-2013.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Статья поступила в редакцию 16.04.2023; одобрена после рецензирования 10.07.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 16.04.2023; approved after reviewing 10.07.2023; accepted after publication 16.08.2023.

Научная статья

УДК 634.75

Код ВАК 4.1.4

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-18-25

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Наталья Анатольевна Савенок¹, Сергей Викторович Жемякин²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; agrarian1@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-7160-5918>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; svzhem@gmail.com;
<https://orcid.org/0009-0004-0399-6082>

Реферат. Земляника (*F. grandiflora Ehrh.*) имеет большое преимущество перед другими плодово-ягодными культурами: дает урожай на следующий год после посадки, отличается высокой урожайностью, раньше других плодов и ягод в зоне возделывания поступает к потребителю на стол и пользуется неограниченным спросом у населения, широко используется для переработки, для заморозки и является высокорентабельной культурой. Отличная способность адаптации земляники садовой к различным почвенно-климатическим районам позволяет успешно ее выращивать, получать высокие урожаи ягод и размножать растения вегетативным способом. Земляника является одной из

самых трудоемких культур. До 30% общих затрат приходится на агротехнические мероприятия по возделыванию культуры, при этом по рентабельности земляника в несколько раз превосходит другие садовые культуры. Она является быстрорастущим растением, при ранней весенней посадке здоровой и крепкой рассады урожай получают уже на следующий год. Районированный сортимент земляники устарел и требует обновления сортов для выращивания в климатических условиях Северо-Западного региона, это и стало основанием для изучения биологических и хозяйственно-экономических особенностей новых интродуцированных сортов этой культуры.

Тема исследования актуальна для современного выращивания земляники садовой и в целом для отрасли ягодоводства. Благодаря ценным хозяйственно-питательным характеристикам она занимает передовое место среди ягодных культур во многих районах России. В данной статье приведены результаты двухлетних исследований с учетом биологических требований культуры и района произрастания.

Ключевые слова: земляника, агротехника, продуктивность, урожайность, вегетация

Цитирование. Савенок Н.А., Жемякин С.В. Хозяйственно-биологическая оценка интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Северо-Запада России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 18-25, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-18-25

ECONOMIC AND BIOLOGICAL EVALUATION OF INTRODUCED GARDEN STRAWBERRY VARIETIES IN THE CONDITIONS OF NORTH-WEST RUSSIA

Natalya A. Savenok¹, Sergey V. Zhemyakin²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; agrarian1@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7160-5918>

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; svzhem@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-0399-6082>

Abstract. Strawberry (*F. grandiflora* Ehrh.) has a great advantage over other fruit and berry crops: it yields a crop the next year after planting, it has a high yield, it reaches the consumer's table before other fruits and berries in the cultivation zone and is in unlimited demand among the population, widely used for processing, for freezing and is a highly profitable crop. The excellent adaptability of garden strawberries to various soil and climatic regions allows it to be successfully grown, to obtain high yields of berries and to propagate plants in a vegetative way. Strawberries are one of the most labor-intensive crops. Up to 30% of the total costs fall on agrotechnical measures for the cultivation of crops, while strawberries are several times more profitable than other horticultural crops. It is a fast growing plant, with early spring planting of healthy and strong seedlings, the harvest is obtained the next year. The zoned assortment of strawberries is outdated and requires updating varieties for growing in the climatic conditions of the North-West region, this became the basis for studying the biological and economic features of new introduced varieties of this crop.

The research topic is relevant for the modern cultivation of garden strawberries and for the berry growing industry in general. Thanks to valuable economic and nutritional characteristics, it occupies a leading position among berry crops in many regions of Russia. This article presents the results of two years of research, taking into account the biological requirements of the culture and the area of growth.

Keywords: strawberry, agrotechnics, productivity, yield, vegetation

Citation. Savenok N.A., Zhemyakin S.V. (2023) 'Economic and biological assessment of introduced strawberry varieties in the conditions of the North-West of Russia', Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University, vol. 72, no 3, pp. 18-25 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-18-25

Введение. Земляника садовая относится к роду *Fragaria L.*, семейству *Rosaceae Juss.*, виду *Fragaria x ananassa Duch.* (*F. grandiflora Ehrh.*) [1, 2]. Данная культура является многолетним вечнозелёным травянистым растением с укороченным разветвлённым стеблем и многолетним корневищем с мочковатыми корнями [3]. До самой зимы листья земляники сохраняют зеленый цвет. Земляника садовая – скороплодное растение: при ранней осенней посадке здоровой и сильной рассады первый урожай получают уже на следующий год [5]. Она имеет 3 основных срока созревания ягод – ранний, средний и поздний, что очень ценно для промышленного возделывания данной культуры в течении всего лета [6]. Эта культура очень пластична, и её можно выращивать в разнообразных почвенно-климатических условиях, в том числе на Северо-Западе России [7]. Свежие ягоды земляники обладают прекрасным вкусом, отличаются своеобразным приятным ароматом, содержат железо, фосфор, витамины, особенно много в них витамина С. Посадку саженцев земляники проводят в два срока – весенний и летне-осенний (август-сентябрь). Весеннюю посадку проводят с начала до середины мая, когда почва еще сохраняет значительную влажность [8]. Летне-осеннюю посадку растений проводят с августа до середины сентября. При летне-осенней посадке необходимо достаточное увлажнение почвы. Лучшие почвы для земляники в условиях Северо-Западной зоны – легкие и средние суглинки. Хорошо произрастает на супесчаных почвах при условии их культурного улучшения [9].

Цель исследования – изучение хозяйственно ценных качеств интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Северо-Западного региона России.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проведены в 2020-2022 гг. на базе учебно-опытного поля Санкт-Петербургского Государственного Аграрного университета в условиях открытого грунта.

Опыт был заложен 13 сентября 2020 г. Исследования проводились по методике «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1999 г.) [10].

Саженцы земляники садовой по сортам были посажены на опытном участке в открытый грунт. Применялась рядовая схема посадки растений на грядах – $\frac{0,7*0,3 \text{ м}}{0,1 \text{ м}}$, что составляет 47,6 тыс. растений на 1 га. Сорта размещали рендомизированно, количество растений в сорте 15 шт., повторность трехкратная, общее количество растений по всем изучаемым сортам 105 шт., между делянками предусмотрели разрыв в 1,0 м, чтобы избежать смешивания сортов.

Объектами исследований послужили 7 сортов зарубежной селекции: французский сорт Дероял (Deroyal), сорт Кент (Kent) канадской научно-исследовательской станции, сорт Сирия (Syria) итальянской компании New Fruits, голландский сорт Флёр (Fleur), произведенный компанией Goossens Flevoplant; английский сорт Флоренс (Florence), произведенный компанией NIAB EMR; голландский сорт Элиани (Elianny) компании Vissers Aardbeiplanten и контрольный районированный сорт Юния Смайде (Yunia Smides), созданный в Латвии в Научно-исследовательском институте земледелия.

Большое значение в изучении ягодных культур связано с определением сроков созревания ягод. Для этого нами была проведена группировка сортов земляники по данному показателю – на ранние, средние и поздние. Это необходимо для создания конвейерного выращивания растений и поэтапного сбора урожая (таблица 1).

Таблица 1. Группировка сортов земляники садовой по срокам созревания ягод
 Table 1. Grouping varieties of garden strawberries according to the ripening of berries

№	Сроки созревания ягод	Наименования сорта
1	Ранний	Деройял, Элиани, Кент, Флёр, Юния Смайде (к)
3	Средний	Сирия
4	Поздний	Флоренс

К группе сортов с ранним сроком созревания ягод отнесли Деройял, Элиани, Кент и контрольный сорт Юния Смайде. Сорт Сирия оказался в группе со средним сроком созревания ягод, а сорт Флоренс отнесли к группе с поздним сроком созревания ягод.

Результаты исследования. В ходе исследований дважды проведены наблюдения по зимостойкости всех исследуемых сортов (15 мая 2021 г. и 15 мая 2022 г.), которые проводят весной в период усиленного роста растений, когда ярко выражены признаки зимних повреждений.

Зимостойкость – важный хозяйственный признак, характеризующий адаптивность сорта к конкретным почвенно-климатическим условиям [10; 12]. Земляника относится к слабозимостойким растениям. Самой чувствительной к морозам является ее корневая система, которая подмерзает при температуре 10°C. Поэтому очень важно в зимний период защитить корневую систему от подмерзания, проводить снегозадержание и обсаживать участок защитными изгородями кустарниковых пород. Степень промерзания определяли в целом по трем повторностям и выражали в баллах от 0 (отсутствует) до 5 (полное вымерзание растений или появление отдельных зеленых мелких листочков, которые впоследствии засыхают) [10; 11]. За годы исследований (2021–2022 гг.) метеорологические условия были пригодными для оптимального развития растений земляники садовой (таблица 2).

Таблица 2. Зимостойкость сортов земляники, 2021-2022 гг.
 Table 2. Winter hardiness of strawberry varieties, 2021-2022

Сорт	Год	Сохранность растений, %	Подмерзание, балл
Деройял	2021	100,0	0,0
	2022	99,0	0,1
Кент	2021	99,0	0,1
	2022	100,0	0,0
Сирия	2021	100,0	0,0
	2022	99,0	0,1
Флёр	2021	100,0	0,0
	2022	99,0	0,1
Флоренс	2021	99,0	0,1
	2022	98,0	0,2
Элиани	2021	100,0	0,0
	2022	98,0	0,2
Юния Смайде (к)	2021	99,0	0,1
	2022	100,0	0,0

В 2021 г. небольшое подмерзание (до 0,1 балла) отмечено на сортах Кент, Флоренс и контрольном сорте Юния Смайдс. А в 2022 г. слабое подмерзание (до 0,2 баллов) было замечено на сортах Деройял, Сирия, Флёр, Флоренс и Элиани, что показывает нам, что все эти сорта пригодны для выращивания в условиях Северо-Запада РФ.

В период исследования нами проведены наблюдения за изучаемыми растениями земляники по прохождению отдельных периодов в годовом цикле их развития, в табл. 3 отмечены календарные сроки прохождения этих фенологических фаз [11].

Таблица 3. Фенологические фазы сортов земляники садовой, 2021-2022 гг.
Table 3. Phenological phases of garden strawberry varieties, 2021-2022

Сорт	Год	Начало отрастания новых листьев	Начало выдвижения цветоносов	Начало образования завязей	Начало формирования ягод
Деройял	2021	10.05	10.06	20.06	03.07
	2022	14.05	13.06	25.06	04.07
Кент	2021	17.05	09.06	21.06	03.07
	2022	16.05	06.06	22.06	28.06
Сирия	2021	15.05	23.06	09.07	13.07
	2022	18.05	20.06	06.07	20.07
Флёр	2021	15.05	10.06	02.07	13.07
	2022	16.05	13.06	04.07	14.07
Флоренс	2021	16.05	24.06	10.07	25.07
	2022	15.05	23.06	13.07	23.07
Элиани	2021	12.05	09.06	18.06	02.07
	2022	15.05	07.06	19.06	03.07
Юния Смайдс (к)	2021	15.05	09.06	18.06	02.07
	2022	16.05	11.06	19.06	04.07

Из таблицы 3 видно, что в первый год вегетации новые листья сформировались раньше всех у сорта Деройял – 10 мая 2021 г., а в 2022 г. – 14 мая, что раньше контрольного сорта Юния Смайдс на 5 дней в 2021 г. и 2 дня в 2022 г. Остальные сорта вошли в сезонный ритм развития растений.

Первое выдвижение цветоносов в 2021 и 2022 гг. раньше всех было у сорта Кент – 9 и 6 июня соответственно, у сорта Элиани и у контрольного сорта Юния Смайдс первое выдвижение цветоносов отмечено с 6 июня по 11 июня в среднем за 2 года исследования. Позднее выдвижение цветоносов показали два сорта среднего и позднего срока созревания ягод Сирия и Флоренс – с 20 июня по 24 июня в среднем за 2 года исследования.

Формирование завязей раньше всех отмечено у сорта Элиани и у контрольного сорта Юния Смайдс (18 июня в 2021 г.; 19 июня в 2022 г.); позже всех завязи формировали сорта Сирия (9 июля в 2021 г.; 6 июля в 2022 г.) и Флоренс (10 июля в 2021 г.; 13 июля в 2022 г.).

Первое формирование ягод в 2021 г. (2 июля) показали сорта Элиани и контрольный сорт Юния Смайдс. В среднем за два года с 13 по 25 июля отмечено позднее формирование ягод на сортах Сирия и Флоренс – среднего и позднего срока созревания ягод. Полученные данные показали, что исследуемые сорта укладываются в сезонный ритм развития растений в условиях Северо-Запада России.

Одним из критериев, характеризующих пригодность сорта для выращивания в Северо-Западном регионе России, является продуктивность, которая определяется 3 основными компонентами: средним количеством цветоносов на куст, средним количеством ягод на куст, средней массой ягод [10; 11]. Важнейшим показателем, определяющим ценность конкретного сорта, является урожайность ягод, которая напрямую зависит от продуктивности куста и схемы посадки растений [10; 12]. Учет урожая проведен в первый и второй годы после посадки растений. Данные урожайности представлены в табл. 4.

Таблица 4. Продуктивность и урожайность сортов земляники за 2021-2022 гг.
 Table 4. Productivity and yield of strawberry varieties for 2021-2022

Сорт	Годы	Количество цветоносов, шт./куст	Количество ягод, шт./куст	Средняя масса ягоды, г	Продуктивность, г/куст	Фактическая урожайность	
						Средняя урожайность, т/га	% к контролю
Деройял	2021	5,4	15,0	13,3	199,5	9,5	73,3
	2022	14,4	18,6	14,5	269,7	12,8	98,3
Кент	2021	4,7	25,1	11,1	278,6	13,7	102,4
	2022	13,7	26,9	13,1	352,4	16,8	124,5
Сирия	2021	3,1	10,7	11,1	118,8	5,7	43,7
	2022	10,1	11,8	12,7	149,9	7,1	52,9
Флёр	2021	8,1	23,4	15,0	381,0	18,1	140,0
	2022	16,2	24,2	15,2	398,2	19,0	140,7
Флоренс	2021	9,2	16,4	14,9	244,4	11,6	89,8
	2022	15,7	17,1	14,8	268,5	12,9	94,8
Элиани	2021	4,9	21,2	12,6	317,5	15,1	116,7
	2022	13,8	22,1	13,7	357,6	17,0	126,3
Юния	2021	6,2	19,3	14,1	272,1	13,0	100,0
Смайдс (к)	2021	13,9	19,8	14,3	283,1	13,5	100,0
-	-	-	-	-	-	НСР _{0,95} = 0,400 (2021 г.)	-
-	-	-	-	-	-	НСР _{0,95} = 0,370 (2022г.)	-

Наибольшую продуктивность за 2 года плодоношения показал ранний сорт Флёр – 381,0 г/куст (2021 г.) и 398,2 г/куст (2022 г.); наименьшая продуктивность оказалась у позднего сорта Сирия – 118,8 г/куст (2021 г.) и 149,9 г/куст (2022 г.). Максимальная урожайность за 2 года плодоношения отмечена у сорта раннего срока созревания ягод Элиани 17,0 т/га и сорта Флёр 19,0 т/га. У сорта Сирия урожайность была значительно ниже других сортов и составила в первый год 5,7 т/га, а во второй год – 7,1 т/га.

Средняя урожайность за 2 года по всем исследуемым сортам земляники садовой показала, что наибольший выход ягод дали сорта раннего срока созревания Элиани и Флёр, это обусловлено сортовыми качествами данных растений и погодными условиями в годы проведения опыта. По результатам средней урожайности исследуемых сортов за 2 года плодоношения проведена математическая обработка данных методом дисперсионного анализа однофакторного опыта по общепринятой методике полевого опыта [4], данные представлены в табл. 4.

Выводы. На основании полученных за 2 года данных по нескольким критериям оценки качества растений и хозяйственно ценным признакам изучаемые сорта земляники садовой характеризуются высоким адаптивным потенциалом при выращивании в условиях Северо-Западного региона России. Наиболее перспективными по всем изученным показателям оказались сорта раннего срока созревания ягод – Элиани и Флёр, так как они явились наиболее продуктивными, и их урожайность составила от 15 т/га до 19 т/га ягод. Таким образом, выделенные сорта представляют ценность для практического использования в промышленном садоводстве на Северо-Западе России.

Список источников литературы

1. Айтжанова, С.Д. Адаптивный и продуктивный потенциал новых сортов и отборов земляники // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России. – Орел, 2008.
2. Даньков, В.В., Скрипниченко, М.М., и др. Ягодные культуры. - СПб.: Лань, 2015.
3. W. Dierend (Hrsg.): Erdbeeranbau. Ulmer Stuttgart 2012, ISBN 978-3-8001-5982-6, P. 96.
4. Доспехов, Б.А., Методика полевого опыта // Москва: Агропромиздат, – 1985.
5. Атрощенко, Г.П., Логинова, С.Ф., Савенок, Н.А. Оценка сортов земляники на пригодность к промышленному возделыванию и размножению в условиях Северо-Запада России // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник науч. трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава (Санкт-Петербург-Пушкин, 28-30 января 2016 года). Ч. I. / СПбГАУ. – СПб., 2016.
6. Закотин, В.С. Земляника. Биологические особенности продуктивности: монография. – М.: Офсет, 2015.
7. W. Dierend (Hrsg.): Erdbeeranbau. Ulmer Stuttgart 2012, ISBN 978-3-8001-5982-6, P. 136.
8. Метлицкий, О.З. Современное мировое производства плодов и ягод // Плодоводство и ягодоводство России. – ВСТИСП, 1998.
9. Муханин, И.В., Жбанова, О.В. Интенсификация производства промышленных насаждений земляники // Проблемы садоводства в Среднем Поволжье – Самара, 2011.
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1999.
11. Савенок, Н.А. Сравнительная оценка сортов земляники садовой в условиях Ленинградской области / Н.А. Савенок // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 45. – С. 30-35.
12. Савенок, Н.А. Выращивание земляники садовой фриго (FRIGO) в условиях Ленинградской области / Н. А. Савенок // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(66). – С. 36-45. – DOI 10.24412/2078-1318-2022-1-36-45.

References

1. Aitzhanova, S.D. Adaptive and productive potential of new varieties and selections of strawberries // Problems of agroecology and adaptability of varieties in modern horticulture in Russia. – Eagle, 2008.
2. Dankov, V.V., Skripnichenko M.M., et al., Berry cultures, St. Petersburg, Lan – 2015.
3. Dierend, W. (Hrsg.): Erdbeeranbau. Ulmer Stuttgart 2012, ISBN 978-3-8001-5982-6, P. 96
4. Dospekhov, V.A., Methods of field opiate // Moscow, Agropromizdat – 1985.
5. Atroshchenko, G.P., Loginova, S.F., Savenok, N.A. Evaluation of strawberry varieties for suitability for industrial cultivation and reproduction in the conditions of the North-West of Russia. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of the Faculty (St. Petersburg-Pushkin, January 28-30, 2016). Part I. / SPBSAU. – St. Petersburg, 2016.
6. Zakotin, V.S. Strawberry. Biological features of productivity: Monograph. – M.: Offset, 2015.
7. Dierend, W. (Hrsg.): Erdbeeranbau. Ulmer Stuttgart, 2012, ISBN 978-3-8001-5982-6, p. 136.
8. Metlitsky, O.Z. Modern world production of fruits and berries // Fruit growing and berry growing in Russia. – VSTISP, 1998.
9. Mukhanin, I.V., Zhanova, O.V. Intensification of the production of industrial plantings of strawberries // Problems of gardening in the Middle Volga region. – Samara, 2011.

10. Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops. – Eagle, 1999.
11. Savenok, N.A. Comparative assessment of garden strawberry varieties in the conditions of the Leningrad region / N.A. Savenok // Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2016. – No. 45. – P. 30 – 35.
12. Savenok, N.A. Growing wild strawberry frigo (FRIGO) in the conditions of the Leningrad region / N. A. Savenok // Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2022. – No. 1 (66). – P. 36-45. – DOI 10.24412/2078-1318-2022-1-36-45.

Сведения об авторах

Савенок Наталья Анатольевна – старший преподаватель кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7449-5883.

Жемякин Сергей Викторович – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4057-7404.

Information about the authors

Savenok Natalya Anatolyevna – Senior Lecturer at the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 7449-5883.

Zhemyakin Sergey Viktorovich – Ph. D. Sci., Associate Professor at the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 4057-7404.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. The authors of this article reviewed and approved the final version.

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

Статья поступила в редакцию 20.07.2023; одобрена после рецензирования 07.08.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 20.07.2023; approved after reviewing 07.08.2023; accepted after publication 16.08.2023.

Научная статья

УДК 581.1:631.8

Код ВАК 4.1.3

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-26-35

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО РАСТЕНИЙ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ОВСА****Светлана Хазретовна Хуаз¹, Виталий Николаевич Лебедев²,
Мария Егоровна Кошман³**

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия;
huazsveta@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3112-9133>

²Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, наб. Мойки, д. 48,
г. Санкт-Петербург, 191186, Россия; antares-80@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия;
mari_koschman@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1181-7054>

Реферат. Яровые сорта пшеницы обыкновенной (*Triticum aestivum L.*) и овса посевного (*Avena sativa L.*) являются основными зерновыми культурами, составляющими основу продовольственной безопасности Российской Федерации.

Статья посвящена изучению влияния инокуляции семян растений новыми микробиологическими препаратами (МФ-1 и SS-1) на показатели продуктивности (сухая масса растений и масса зерна) и качество исследуемых культур, а также сравнению их эффективности по исследуемым показателям с эталонным препаратом Флавобактерин. Использованные биопрепараты были предоставлены ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург–Пушкин). Критерием определения качества являлось содержание в соломе и зерне основных элементов минерального питания: азота, фосфора и калия.

Данный опыт был заложен на малом опытном поле СПбГАУ в г. Пушкин. Объектами служили растения яровой пшеницы (сорта Дарья) и ярового овса (сорта Лев). Результаты исследований показали, что влияние инокуляции Флавобактерином способствовало накоплению сухой массы и увеличению зерновой продуктивности у пшеницы на 15%, а у овса на 5%.

Биопрепарат SS-1 повлиял на повышение накопления сухой массы у овса на 15%, при этом увеличивал зерновую продуктивность пшеницы на 11%, а у овса – на 6%.

Биопрепарат МФ-1 стимулировал накопление сухой массы исследуемых культур, но не влиял на их зерновую продуктивность. Флавобактерин и МФ-1 способствовали существенному увеличению содержания всех исследуемых элементов питания в зерне пшеницы, тогда как препарат SS-1 увеличивал только содержание калия. Применение инокуляции повышало накопление азота в зерне овса, существенно уменьшая содержание калия, при этом и не влияло на поступление фосфора. Инокуляция всеми биопрепаратами способствовала увеличению всех элементов питания в соломе овса, тогда как у пшеницы увеличивалась только содержания калия в соломе.

Ключевые слова: продуктивность, качество, элементы минерального питания, инокуляция, Флавобактерин, МФ-1, SS-1, пшеница, овес

Цитирование. Хуаз С.Х., Лебедев В.Н., Кошман М.Е. Влияние различных биопрепаратов на продуктивность и качество растений яровой пшеницы и овса // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 26–35, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-26-35

INFLUENCE OF DIFFERENT BIOPREPARATIONS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING WHEAT AND OATS PLANTS

Svetlana H. Khuaz¹, Vitaliy N. Lebedev², Maria E. Koshman³

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; uazsveta@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3112-9133>

²Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 emb. Moyka riv., Saint Petersburg, 191186, Russia; antares-80@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

³Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; mari_koschman@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1181-7054>

Abstract. Spring varieties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and oats (*Avena sativa* L.) are the main grain crops that form the basis of food security of the Russian Federation.

The article is devoted to the study of the effect of inoculation of plant seeds with new microbiological preparations (MF-1 and SS-1) on productivity indicators (dry weight and grain weight), elements of productivity and quality of plants of the studied crops, as well as comparison of their effectiveness with the reference biological preparation Flavobacterin. The used bacterial biopreparations were provided by the Institute of Agricultural Microbiology (St. Petersburg – Pushkin). The criterion for determining the quality was the content in straw and grain of the main elements of mineral nutrition: nitrogen, phosphorus and potassium.

The study was carried out at a small experimental field of SPbGAU Pushkin. The objects were plants of spring wheat (Daria variety) and spring oats (Lev variety).

The results of the studies showed that the effect of Flavobacterin inoculation contributed to the accumulation of dry mass and increased grain productivity in both crops: wheat by 15%, oats by 5%. The SS-1 biopreparation affected the accumulation of dry mass in oats by 15%, while increasing the grain productivity of wheat by 11%, and in oats by 6%. The biopreparation MF-1 accumulated the dry mass of the studied crops and did not affect grain productivity. Flavobacterin and MF-1 contributed to a significant increase in the content of all the studied nutrients in wheat grain, whereas SS-1 increased only the potassium content. The use of inoculation increased the accumulation of nitrogen in oat grain, but significantly reducing the potassium content while not affecting the intake of phosphorus. Inoculation with all biological preparations contributed to an increase in all the nutrients in oat straw.

Keywords: productivity, quality, elements of mineral nutrition, inoculation, Flavobacterin, MF-1, SS-1, wheat, oats

Citation. Khuaz S.H., Lebedev V.N., Koshman M.E. (2023) 'Influence of different biopreparations on productivity and quality of spring wheat and oats plants', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, pp. 26-35 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-26-35

Введение. В современном сельском хозяйстве всё большее значение приобретают биологизация и экологизация производства. В связи с этим особое внимание уделяется различным агроприемам сельскохозяйственной микробиологии [1–3]. Установлено, что применение микробиологических препаратов на базе ассоциативных ризобактерий способствует повышению урожайности, улучшению качества растительной продукции, а также позволяет уменьшить дозы вносимого минерального азота, что экономически выгодно и экологически безопасно [4–6].

По наблюдениям А.А. Завалина и Н.С. Алметова [7], любая форма бактеризации растительного организма не только интенсифицирует накопление таких элементов, как азот, фосфор и калий, в основном урожае, но и стимулирует вынос этих основных элементов минерального питания из почвы с растительной продукцией [8]. Увеличение содержания азота в основной и побочной продукции происходит не только за счет азота почвы и внесенного азотного минерального удобрения, но и за счет биологического азота, фиксированного ассоциативными микроорганизмами в ризосфере злаковых культур. При применении

биопрепаратов на различные культуры отмечается их разное влияние на накопление основных питательных элементов как в зерне, так и в соломе [9; 10].

Известно [11], что отношения растений и микроорганизмов всегда имеют специфичный характер. Эффективность работы того или иного микроба в основе биопрепарата во многом зависит от специфичности биохимических реакций со стороны растительного организма. Даже различные сорта могут проявлять отзывчивость на определенные биопрепараты [12–14]. Следовательно, перед введением в производство новых штаммов биопрепаратов требуется тщательное исследование и подбор партнеров растительно-микробного комплекса [15]. В целях поиска оптимального взаимодействия между микробиотой и растениями требуется скрупулёзный отбор разновидностей и штаммов.

Цель исследований – изучение эффективности действия некоторых биопрепаратов на продуктивность и качество пшеницы сорта Дарья и овса сорта Лев. Цель является актуальной, так как яровая пшеница и овес представляют собой главные зерновые культуры, которые составляют базу продовольственной безопасности Российской Федерации.

Материалы, методы и объекты исследований. Вегетационные опыты проводились на малом опытном поле СПБГАУ, в г. Пушкине согласно рекомендациям [16]. Исследования выполнены на растениях яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Дарья и яровом овсе (*Avena sativa* L.) сорта Лев. Растения выращивались в вегетационном домике, покрытом мелкаячейстой сеткой, при естественном освещении и искусственном поливе. Злаки выращивали в специализированных пластиковых сосудах, вмещающих в среднем 5 кг почвы. В качестве фонового удобрения вносилось комплексное удобрение азофоска, рассчитанная в дозе 0,1 грамм действующих веществ ($N_{0,1}P_{0,1}K_{0,1}$) на 1 кг почвы. Число растений в каждом сосуде в фазу прорастания выравнивалось до 20 шт. Вегетационные исследования проводились в четырехкратной повторности. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70–80% от общей влагоемкости.

В опыте использовались биопрепараты, предоставленные ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург–Пушкин), Флавобактерин (*Flavobacterium* sp., штамм 30), SS-1 (на испытании), Мф-1 (на испытании). Инокуляция семян проводилась жидкими биопрепаратами непосредственно перед высевом.

Используемая в опытах почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, близкая к нейтральной, с низким содержанием усвояемых форм фосфора и калия и количеством гумуса – около 2,3% (таблица 1).

Таблица 1. **Агрохимическая характеристика почвы**
 Table 1. **Agrochemical characteristics of the soil**

Гумус	PH _{KCl}	Нг	S	V	P ₂ O ₅	K ₂ O
%		мг-экв/100 г почвы		%	мг/кг почвы	
2,29	6,02	2,4	16,1	87	25,3	91,1

Биохимический анализ различных частей полученного растительного материала осуществляли методом мокрого озоления по Гинзбургу [16]. В полученных вытяжках определяли количественное содержание общего азота (при помощи реактива Несслера), подвижного фосфора (на спектрофотокориметре) и калия (на пламенном фотометре).

Результаты исследований. Одним из изучаемых показателей по исследованию влияния экспериментальных биопрепаратов была высота растений. В результате исследований отмечено разное влияние применяемых биопрепаратов на высоту растений

исследуемых культур (таблица 2). Биопрепарат сравнения Флавобактерин существенно не влиял на данный показатель (относительно контроля). Испытуемый биопрепарат МФ-1 достоверно увеличивал высоту растений пшеницы на 5%, при этом не влиял на ее изменение у овса. Противоположенный эффект нами отмечен у биопрепарата SS-1, который способствовал достоверному уменьшению линейного роста овса на 5% относительно контроля и не влиял на высоту пшеницы.

Таблица 2. **Высота растений яровой пшеницы и овса**
 Table 2. **Height of spring wheat and oat plants**

Культуры	Пшеница		Овес	
	Высота, см	Прирост к контролю, %	Высота, см	Прирост к контролю, %
Контроль	105,6	0	83,1	0
Флавобактерин	104,0	-1	84,2	1
МФ-1	110,4	5	83,8	1
SS-1	104,3	-1	79,1	-5
НСР₀₅	4,53	-	2,81	-

Инокуляция биопрепаратами Флавобактерин и МФ-1 отразилась одинаково на формировании сухой массы растений исследуемых культур (таблица 3). В этих вариантах наблюдалось существенное повышение биомассы пшеницы и овса (на 7–9% относительно контрольных вариантов без инокуляции). Однако между самими биопрепаратами достоверных отличий по влиянию на изменение надземной биомассы отмечено не было. При этом испытуемый биопрепарат SS-1 не влиял на сухую массу пшеницы, но увеличивал урожайность овса на 15%.

Полученные данные по влиянию биопрепаратов на продуктивность зерна свидетельствуют о том (таблица 3), что биопрепарат Флавобактерин способствует увеличению массы зерна у обеих культур, повышая ее у пшеницы на 14% и у овса на 5%. Повышению продуктивности зерна также способствовал испытуемый препарат SS-1, увеличивая массу зерна у пшеницы на 11%, а у овса – на 6%. Биопрепарат МФ-1 не оказал существенного влияния на массу зерна исследуемых культур.

Таблица 3. **Продуктивность растений яровой пшеницы и овса**
 Table 3. **Productivity of spring wheat and oat plants**

Культуры	Пшеница				Овес			
	сухая масса	прирост к контролю	масса зерна	прирост к контролю	сухая масса	прирост к контролю	масса зерна	прирост к контролю
	г/сосуд	%	г/сосуд	%	г/сосуд	%	г/сосуд	%
Контроль	47,9	0	17,7	0	42,1	0	21,8	0
Флаво-бактерин	52,0	9	20,1	14	45,7	9	22,9	5
МФ-1	51,1	7	16,8	-5	45,2	7	22,5	3
SS-1	46,8	-2	19,7	11	48,4	15	23,1	6
НСР ₀₅	3,01	-	1,83	-	2,42	-	1,11	-

Продуктивность каждого отдельного растения формируется в зависимости от величины следующих его биологических элементов: продуктивной кустистости, числа зерен в колосе и абсолютной массы зерна. В связи с этим наши исследования были направлены на выявление влияния различных биопрепаратов на формирование элементов продуктивности у яровой пшеницы и овса (таблица 4). По результатам исследований определено, что микробиологические препараты влияли в основном на кустистость растений. В случае с пшеницей установлено увеличение продуктивной кустистости растений при применении инокуляции от 10% до 20% относительно контроля. Максимальное увеличение (20%) отмечается при применении биопрепарата сравнения Флавобактерина с испытуемым биопрепаратом SS-1. При этом достоверного влияния инокуляции экспериментальными биопрепаратами на другие показатели (массу 1000 зерен, количество зерен с колоса) не отмечается. При анализе влияния биопрепаратов на элементы продуктивности овса было установлено существенное увеличение продуктивного кущения от 9% до 18% относительно контрольного варианта. При этом SS-1 увеличивал на 9%, Флавобактерин и МФ-1 – на 18%. Хочется отметить, что биопрепарат МФ-1, увеличивая продуктивную кустистость, достоверно повышал количество зерен с колоса, что отразилось на абсолютной массе зерна, которая уменьшилась на 11%.

Анализ данных по элементам продуктивности у растений овса показал (таблица 4), что применяемые биопрепараты МФ-1 и Флавобактерин на 18% увеличивают кустистость растений. Кроме того, МФ-1 на 26% повышает количество зерен с колоса относительно контроля. Применение инокуляции биопрепаратами не повлияло на массу 1000 зерен.

Таблица 4. **Формирование элементов продуктивности при применении микробиопрепаратов**
 Table 4. **Formation of productivity elements in the use of microbiological preparations**

Культуры	Варианты	кол-во продукт. побегов	прирост к контролю	кол-во зерен с колоса	прирост к контролю	масса 1000 зерен	прирост к контролю
		шт/раст.	%	шт.	%	г	%
Пшеница	Контроль	1,0	0	25,9	0	35,7	0
	МФ-1	1,1	10	24,3	-6	36,6	3
	SS-1	1,2	20	26,1	1	33,4	-6
	Флавобактерин	1,2	20	25,1	-3	35,1	-2
	НСР₀₅	0,09		5,62		3,44	
Овес	Контроль	1,1	0	23	0	38,4	0
	МФ-1	1,3	18	29	26	34,4	-11
	SS-1	1,2	9	24	4	37,1	-5
	Флавобактерин	1,3	18	23	0	38,0	-1
	НСР₀₅	0,08	-	2,73	-	3,20	-

По результатам качественного анализа растений было установлено, что инокуляция биопрепаратами неоднозначно влияла на качество зерна и соломы исследуемых зерновых культур. В проведенных опытах было выявлено (таблица 5), что биопрепараты Флавобактерин и МФ-1 стимулировали существенное повышение содержания всех основных элементов питания в зерне пшеницы.

Таблица 5. Содержание основных питательных элементов в зерне, %
 Table 5. The content of the main nutrients in the grain, %

Культура	Вариант	N	Прирост к контролю	P ₂ O ₅	Прирост к контролю	K ₂ O	Прирост к контролю
Пшеница	Контроль	1,49	0	1,31	0	0,50	0
	МФ-1	1,91	28	1,43	9	0,56	12
	SS-1	1,45	-9	1,34	2	0,61	22
	Флавобактерин	1,66	11	1,42	8	0,54	8
	НСР₀₅	0,160		0,110		0,041	
Овес	Контроль	1,14	0	1,42	0	0,54	0
	МФ-1	1,40	22	1,44	1	0,26	-52
	SS-1	1,63	42	1,41	-1	0,24	-56
	Флавобактерин	1,63	42	1,43	1	0,33	-39
	НСР₀₅	0,201	-	0,204	-	0,180	-

Наибольшее накопление макроэлементов в зерне отмечается при испытуемом биопрепарате МФ-1, который способствовал увеличению азота на 28%, фосфора – на 9%, калия – на 12% (относительно контроля). Биопрепарат Флавобактерин повышал содержание азота на 11%, фосфора – на 8% и калия – на 8%. Инокуляция пшеницы биопрепаратом SS-1 способствовала лишь увеличению содержания калия в ее зерне на 22% и не повлияла на величину азота и фосфора.

При исследованиях на овсе было установлено (таблица 6), что применение биопрепаратов способствовало увеличению содержания азота в зерне на 42% от Флавобактерина и SS-1, а от МФ-1 – на 22% (относительно контроля). Однако у данной культуры при инокуляции биопрепаратами отмечалось существенное уменьшение калия на 39–56% по сравнению с контролем. Разница по этому показателю между самими биопрепаратами была несущественна. Применение микробных удобрений не оказало влияния на содержание фосфора в зерне овса.

В соломе яровой пшеницы (таблица 6) при инокуляции испытуемыми биопрепаратами МФ-1 и SS-1 отмечается тенденция к уменьшению содержания азота, и только в варианте с Флавобактерином установлено достоверное снижение накопления данного элемента (на 31% сравнительно с контролем). Испытуемые биопрепараты МФ-1 и SS-1 способствовали увеличению накопления калия в соломе от 11% до 16%. Достоверной разницы между самими биопрепаратами отмечено не было. Влияние инокуляции на содержание фосфора в соломе пшеницы также не установлено.

Таблица 6. Содержание основных питательных элементов в соломе, %
 Table 6. The content of the main nutrients in straw, %

Культура	Вариант	N	Прирост к контрол ю	P ₂ O ₅	Прирост к контрол ю	K ₂ O	Прирост к контрол ю
Пшеница	Контроль	0,52	0	0,56	0	1,60	0
	МФ-1	0,42	-19	0,54	-4	1,77	11
	SS-1	0,46	-12	0,59	5	1,86	16
	Флавобактерин	0,36	-31	0,51	-9	1,68	5
	НСР₀₅	0,130		0,123		0,142	
Овес	Контроль	0,19	0	0,34	0	1,56	0
	МФ-1	0,42	121	0,45	32	2,18	40
	SS-1	0,51	168	0,49	44	2,09	34
	Флавобактерин	0,42	121	0,46	35	2,04	31
	НСР₀₅	0,090	-	0,112	-	0,280	-

При анализе соломы овса было выявлено, что применение биопрепаратов способствовало достоверному увеличению содержания азота от 121% до 168%, фосфора – от 32% до 35%, калия – от 31% до 40 % (относительно контроля). В то же время разница между препаратами оказалась несущественна.

Выводы. Таким образом, в результате исследования отмечено незначительное влияние инокуляции биопрепаратами на высоту растений исследуемых культур – яровой пшеницы сорта Дарья и овса сорта Лев.

По влиянию на формирование биомассы и концентрацию основных элементов питания экспериментальные биопрепараты проявляли специфичность по отношению к исследуемым культурам. Эталонный биопрепарат Флавобактерин способствовал накоплению сухой массы и увеличивал зерновую продуктивность у пшеницы на 15%, а у овса – на 5%.

Испытуемый биопрепарат SS-1 на 15% увеличил содержание сухой массы овса, при этом повысил на 11% зерновую продуктивность пшеницы, а у овса только – только на 6%. Биопрепарат МФ-1 способствовал накоплению сухой массы у исследуемых культур и не оказал влияния на их зерновую продуктивность.

Все применяемые биопрепараты увеличили продуктивную кустистость растений пшеницы и овса. Флавобактерин и МФ-1 способствовали существенному накоплению всех исследуемых элементов питания в зерне пшеницы, тогда как препарат SS-1 повышал только содержание калия. Применение инокуляции повышало накопление азота в зерне овса, при этом существенно уменьшало содержание калия и не влияло на поступление фосфора. Также инокуляция изучаемыми биопрепаратами способствовала увеличению всех элементов питания в соломе овса, тогда как у пшеницы отмечалось только увеличение содержания калия в соломе.

Список источников литературы

1. Воробейков, Г.А., Бредихин, В.Н. Микроорганизмы в агробiotехнологиях и защите природной среды. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2018. – 219 с.
2. Кожемяков, А.П. и др. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Том 50, № 3. – С. 369–376.

3. Лебедев, В.Н., Воробейков, Г.А., Ураев, Г.А. Роль ассоциативных ризобактерий в повышении сохранения продуктивности горчицы белой к почвенной засухе // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 6. – С. 29–34.
4. Лебедев, В.Н. Реализация продуктивного потенциала растений семейства *Brassicaceae* при инокуляции семян ассоциативными штаммами ризобактерий // Наука сегодня: теория, практика, инновации: коллективная монография: в 9 томах. Том 6. – Ростов-на-Дону: Научное сотрудничество, 2014. – С. 56–77.
5. Fatih, C., Murat, E., Mehmet, S., Arzu, C. The Role of Beneficial Microorganisms in the Protection of Plants Growing in Natural Landscape Areas. *Siirt*. 2017, pp. 427–442.
6. Тихонович, И.А., Завалин, А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 28–32
7. Завалин, А.А., Алметов, Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. – М.: Изд. ВНИИА. – 2009. – 152 с.
8. Завалин, А.А., Соколов, О.А., Шмырева, Н.Я. Экология азотфиксации. – Саратов: Амирит, 2019. – 252 с.
9. Khuaz, S.K. Kondrat, S.V., Kozhemyakov, A.P. Effect of Different Levels of Mineral Nitrogen and Inoculation with Various Biological Preparations on Productivity and Quality of Spring Wheat//Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Т. 372. – С. 67–75.
10. Хуаз, С.Х., Ефремова, М.А. Влияние предпосевной инокуляции биопрепаратами на продуктивность и накопление основных элементов питания ячменем двух сортов. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 59, С. 33–38.
11. Тихонович, И.А. Создание высокоэффективных микробно-растительных систем // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 1. – С. 28–33.
12. Лебедев, В.Н. Влияние инокуляции семян ассоциативными ризобактериями на изменение численности бутонов и цветков у горчицы белой // Инновации в развитии экологического образования населения. Кластерный подход: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Курган, 23–24 октября 2013 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2013. – С. 166–168.
13. Завалин, А.А., Алферов, А.А., Чернова, Л.С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 83–96.
14. Ha Tran, D.M., Nguyen, T.T.M., Hung, S.H., Huang, C.C., Huang, E. (2021), 'Roles of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: A review', *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 22. № 6, pp. 1–38.
15. Basu, A., Prasad, P., Das, S.N., Kalam, S., Sayyed, R.Z., Reddy, M.S., Enshasy, H.E. (2021), 'Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects' *Sustainability*. Vol. 13. № 3, pp. 1–20.
16. Воробейков, Г.А., Царенко, В.П., Лунина, Н.Ф. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии. – СПб.: Проспект науки, 2014. – 144 с.

References

1. Vorobejkov G.A., Bredihin V.N. (2018), Microorganisms in agrobiotechnology and environmental protection. St. Petersburg: Herzen State Pedagogical University of Russia, 2018, 219 p.
2. Kozhemyakov, A.P. et al. (2015), 'Agrotechnological foundations for the creation of improved forms of microbial biological products for agriculture', *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2015, Vol. 50, № 3, pp. 369–376.

3. Lebedev, V.N., Vorobejkov, G.A., Uraev, G.A. (2021), 'The role of associative rhizobacteria in increasing and preserving the productivity of white mustard to soil drought', *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2021, No. 6, pp. 29–34.
4. Lebedev, V.N. (2014), 'Realization of the productive potential of plants of the brassication family during inoculation of seeds with associative strains of rhizobacteria', *Nauka segodnya: teoriya, praktika, innovacii*: collective monograph in 9 volumes. Vol. 6. Rostov-on-Don: Nauchnoe sotrudnichestvo, 2014. Pp. 56–77.
5. Fatih, C., Murat, E., Mehmet, S., Arzu, C. (2017), The Role of Beneficial Microorganisms in the Protection of Plants Growing in Natural Landscape Areas. Siirt., pp. 427–442.
6. Tihonovich, I.A., Zavalin, A.A. (2016), 'Prospects for the use of nitrogen-fixing and phytostimulating microorganisms to increase the efficiency of the agro-industrial complex and improve the agroecological situation in the RF', *Plodorodie*, 2016, № 5, pp. 28–32.
7. Zavalin, A.A., Almetov, N.S. (2009), Application of biological products and biological nitrogen in agriculture of the non-chernozem region, Moscow, VNIIA, 152 p.
8. Zavalin, A.A., Sokolov, O.A., SHmyreva, N.YA. (2019), Ecology of nitrogen fixation. Saratov: Amirit, 2019, 252 p.
9. Khuaz, S.K. Kondrat, S.V., Kozhemyakov, A.P. (2022), 'Effect of Different Levels of Mineral Nitrogen and Inoculation with Various Biological Preparations on Productivity and Quality of Spring Wheat', *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022. Vol. 372, pp. 67–75.
10. Huaz, S.H., Efremova, M.A. (2020), 'The effect of pre-sowing inoculation with biopreparations on the productivity and accumulation of the main nutrition elements of two varieties of barley', *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2020, vol. 59, pp. 33–38.
11. Tihonovich, I.A. (2000), 'Creation of highly efficient microbial-plant systems', *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2000, No. 1, pp. 28–33.
12. Lebedev, V.N. (2013), 'The effect of seed inoculation by associative rhizobacteria on the change in the number of buds and flowers in white mustard', *Innovations in the development of environmental education of the population. Cluster approach*: collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical conference on October 23-24, 2013. Kurgan, 2013, pp. 166-168.
13. Zavalin, A.A., Alferov, A.A., Chernova, L.S. (2019), 'Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in agricultural crops', *Agrohimiya*, 2019, No. 8, pp. 83–96.
14. Ha Tran, D.M., Nguyen, T.T.M., Hung, S.H., Huang, C.C., Huang, E. (2021), 'Roles of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: A review', *International Journal of Molecular Sciences*. 2021, Vol. 22, № 6, pp. 1–38.
15. Basu, A., Prasad, P., Das, S.N., Kalam, S., Sayyed, R.Z., Redd, M.S., Enshas, H.E. (2021), Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects', *Sustainability*. 2021, Vol. 13, No. 3, pp. 1–20.
16. Vorobejkov, G.A., Carenko, V.P., Lunina N.F. (2014), Field and vegetation studies in agrochemistry and phytophysiology. – St. Petersburg: Prospekt nauki, 2014, 144 p.

Сведения об авторах

Хуаз Светлана Хазретовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1481-8207.

Лебедев Виталий Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры ботаники и экологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», SPIN-код: 8554-9515.

Мария Егоровна Кошман – старший преподаватель кафедры хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4351-1555.

Information about the authors

Svetlana N. Khuaz – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Grassland Growing Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 1481-8207.

Vitaliy N. Lebedev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Botany and Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Herzen State Pedagogical University of Russia", SPIN-code: 0000-1234.

Maria E. Koshman – Senior Lecturer at the Department of Storage and Processing of Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 4351-1555.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Статья поступила в редакцию 20.07.2023; одобрена после рецензирования 27.08.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 20.07.2023; approved after reviewing 27.08.2023; accepted after publication 16.08.2023.

Научная статья

УДК 631.417

Код ВАК 4.1.3

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-35-41

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА: ВЕРОЯТНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ксения Игоревна Цивка

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; ks.tsivka@gmail.com;
<https://orcid.org/0009-0007-9044-237X>

Реферат. Почвенное органическое вещество (ПОВ) – это сложный комплекс гуминовых (специфических) веществ и индивидуальных (неспецифических) соединений, а также продуктов их взаимодействия между собой и с минеральной частью почвы. ПОВ состоит из множества разнообразных индивидуальных соединений, в общем виде оно демонстрирует признаки динамичной сложной и разнородной системы, проявляя новые свойства, которых изначально не было у органических веществ по отдельности. Важность ПОВ как природного объекта трудно переоценить. Почвенное органическое вещество – основной фактор, который указывает на свойства и физиологию

почвы. Как правило, исследователи уделяют мало внимания изучению индивидуальных органических соединений по причине их присутствия в почве в относительно малых количествах. Необходимость большего внимания к изучению неспецифических веществ обусловлена их активным участием в почвенных процессах.

В составе почвенного органического вещества (ПОВ) всегда находятся фотосинтетические пигменты – группа различно окрашенных биогенных соединений растительного и микробиологического происхождения, извлекаемых 90% водным раствором диметилкетона (а также этанолом или этанол-бензольной смесью). Фотосинтетические пигменты (хлорофиллы и каротиноиды) используют для оценки состояния внешней среды. Так, содержание хлорофиллов в составе ПОВ может быть связано с водным режимом почв. Целью данной работы являлась характеристика результатов качественного и количественного анализа фотосинтетических пигментов в составе органического вещества почв Восточно-Европейской равнины Российской Федерации. Задачи исследования: определить содержание хлорофиллов *a* и *b*, c_1+c_2 , феофетина и каротиноидов в гумусовых горизонтах почв; охарактеризовать почвенные фотосинтетические, как вероятные диагностические характеристики почв.

Ключевые слова: фотосинтетические пигменты, индекс Маргалефа, хлорофиллы *a*, *b* и c_1+c_2 , каротиноиды, феофетин

Цитирование. Цивка К.И. Фотосинтетические пигменты, входящие в состав почвенного органического вещества: вероятные диагностические характеристики // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72) – С. 35-41, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-35-41

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SOIL ORGANIC MATTER: PROBABLE DIAGNOSTIC CHARACTERISTICS

Kseniya I. Tsivka

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; ks.tsivka@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-9044-237X>

Abstract. Soil organic matter (SOM) is a complicated complex of humic (specific) substances and individual (non-specific) compounds, as well as products of their interaction among themselves and with the mineral part of the soil. SOM is composed of many different individual compounds, in general it shows the characteristics of a dynamic complex and heterogeneous system, exhibiting new properties that were not originally present in organic substances individually. The importance of SOM as a natural site cannot be overemphasised. Soil organic matter is the main factor that indicates soil properties and physiology. Generally, researchers pay little attention to the study of individual organic compounds because of their presence in soil in relatively small quantities. The need for more attention to the study of non-specific substances is due to their active participation in soil processes.

The composition of soil organic matter (SOM) always includes photosynthetic pigments - a group of differently coloured biogenic compounds of plant and microbiological origin extracted with 90% aqueous dimethyl ketone solution (as well as with ethanol or ethanol-benzene mixture). Photosynthetic pigments (chlorophylls and carotenoids) are used to assess environmental conditions.

Thus, the content of chlorophylls in the composition of SOM can be related to the water regime of soils. The aim of this work was to characterise the results of qualitative and quantitative analyses of photosynthetic pigments in the composition of organic matter of soils of the East European Plain of the Russian Federation.

Research objectives: to determine the content of chlorophylls *a* and *b*, c_1+c_2 , pheophytin and carotenoids in humus horizons of soils; to characterise soil photosynthetic, as probable diagnostic characteristics of soils.

Keywords: photosynthetic pigments, Margalef index, chlorophylls *a*, *b* and c_1+c_2 , carotenoids, pheophetin

Citation. Tsivka, K.I. (2023) 'Photosynthetic pigments in soil organic matter: probable diagnostic characteristics', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*. (In Russ.). Pp. 35–41, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-35-41

Введение. Почвенное органическое вещество (ПОВ) – сложная система, состоящая из ряда органических соединений, находящихся в пределах почвенного профиля в свободном состоянии или в форме органоминеральных соединений. В состав специфических веществ ПОВ входят гуминовые вещества, меланины, гломалины, гидрофобины и кероген. К индивидуальным соединениям относят пептиды и аминокислоты, моно- и олигосахара, липиды, фотосинтетические пигменты и их производные, пигменты группы оксиантрахинонов и родственные им вещества.

Фотосинтетические пигменты представлены тетрапиррольными соединениями и каротиноидами. Их роль заключается в поглощении света и переработке его в химическую энергию. Каротиноиды представляют собой группу пигментов, которые синтезируются многими микроорганизмами, растениями и некоторыми животными. Тетрапиррольные соединения – класс химических соединений, молекулы которых состоят из четырёх пиррольных колец, связанных вместе напрямую или через одноуглеродные мостики, образуя циклическую или линейную структуру. Они подразделяются на хлорины (хлорофиллы а и b, c₁+c₂) и феофетин – первичный продукт распада хлорофилла.

Цель исследования – характеристика качественного и количественного анализа фотосинтетических пигментов в составе органического вещества почв Восточно-Европейской равнины Российской Федерации.

Материалы, методы и объекты исследования. Фотосинтетические пигменты (хлорофиллы и каротиноиды), а также феофетин из образцов почв выделялись двукратным извлечением с помощью 90% раствора диметилкетона (ацетона), отношение «почва : раствор» было 1:10; хлорины и каротиноиды определяли при $\lambda = 430, 470, 630, 647$ и 664 (без подкисления / с подкислением) и 750 нм, в соответствии с ГОСТ 17.1.4.02-90 [2]. Измерение оптических плотностей фотосинтетических пигментов проводилось с помощью Vis-спектрофотометра (модель UV-9600, Rayleigh, Beijing, China). Для характеристики состояния альгоценоза почв был рассчитан пигментный индекс Маргалефа (E430/E664), который отражает видовое богатство на определенной территории. Чем выше значение индекса, тем большим видовым богатством характеризуется сообщество. Для расчета индекса используется абсолютная величина – численность, что делает его чрезвычайно чувствительным к объему выборки [7; 15].

В качестве объектов исследования были выбраны гумусовые горизонты почв Восточно-Европейской равнины Российской Федерации:

1. Серая со вторым гумусовым горизонтом средне мелкая среднесуглинистая глубоко карбонатная на карбонатных лессовидных суглинках (СП), отобранная в окрестностях с. Головчино Грайворонского района Белгородской области.
2. Чернозем миграционно-мицеллярный мощный тяжелосуглинистый глубококарбонатный на карбонатных лессовидных суглинках (ЧММ), отобранный на участке «Ямская степь» заповедника «Белогорье».
3. Дерновая мелкая суглинистая, сформированная на карбонатной морене (ДП), отобранная в деревне Черемыкино Ломоносовского района Ленинградской области.

4. Карболитозем выщелоченный маломощный среднесуглинистый на элювии известняков (КЛ), отобранный в деревне Черемыкино Ломоносовского района Ленинградской области.

Названия почв даны в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» [5]. Отбор почвенных проб был проведен согласно ГОСТ 17.4.301-83 [6].

При закладке почвенных разрезов учитывалась смена растительности, а также принадлежность территории к естественным биогеоценозам.

Повторность была трехкратной. Для математической обработки экспериментальных данных использовались методы вариационной статистики. Если данные были получены в процентах, то перед выполнением статистической обработки проводилось угловое преобразование Фишера.

Результаты исследования. Полученные экспериментальные данные представлены в таблице.

Таблица. Содержание фотосинтетических пигментов в объектах исследования
Table. The content of photosynthetic pigments in the objects of study

Объект	I _{430/664}	С _к , мкг/кг почвы	Тетрапиррольные соединения, мкг/кг почвы				С _{ХА} /С _{ХВ}	С _{ТПС} /С _к
			С _{ХА}	С _{ХВ}	С _{Х(С1+С2)}	С _Ф		
ДП	5,67	0,75	0,14	1,09	0,90	1,02	0,13	4,52
КЛ	17,16	1,91	0,13	1,04	1,75	0,94	0,13	2,11
СП	20,31	1,44	0,52	0,76	1,09	0,65	0,68	2,22
ЧММ	5,22	0,91	0,57	0,99	1,06	1,03	0,59	4,07
F _{факт.}	18,12	5,48	14,10	2,43*	9,09	2,18*	26,39	6,04
F ₀₅	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07
НСР ₀₅	2,72	0,74	0,21	0,31	0,41	0,39	0,08	0,67

Примечание. I_{430/664} – пигментный индекс Маргалефа, С_к – содержание каротиноидов, содержание хлорофиллов: *a*, *b*, (*c*₁+*c*₂) и феофетинов (С_{ХА} С_{ХВ}, С_{Х(С1+С2)} и С_Ф, соответственно); С_{ТПС} – суммарное содержание тетрапиррольных соединений: С_{ХА} + С_{ХВ} + С_{Х(С1+С2)} + С_Ф; здесь и далее: F_{факт.} – критерий Фишера фактический, F₀₅ – критерий Фишера табличный при α = 0,05, НСР₀₅ – наименьшая существенная разность при α = 0,05; * – различия средних – несущественные.

Как видно из таблицы, хлорофиллы *a* и *b*, феофетин и каротиноиды присутствовали в ПОВ всех объектов. Так, содержание хлорофилла *a* было наименьшим в горизонтах АУ карболитозема и АУ дерновой почвы, а наибольшим – в горизонтах АУ1 чернозема миграционно-мицелярного и АУ серой почвы. При этом содержание хлорофилла *b* было самым низким в горизонте АУ серой почвы, в остальных объектах содержание этого пигмента повышалось в ряду АУ1 чернозема миграционно-мицелярного → АУ карболитозема → АУ дерновой почвы.

Высокое содержание хлорофилла *a* и низкое содержание хлорофилла *b* в горизонте АУ1 чернозема миграционно-мицелярного, вероятно, могло быть связано с наличием водорослей. Это объяснение отчасти может подтверждаться присутствием хлорофиллов *c*₁+*c*₂, которые встречаются лишь у некоторых видов водорослей [8; 14].

Содержание хлорофиллов *c*₁+*c*₂ было наибольшим в горизонте АУ карболитозема, что могло свидетельствовать о присутствии водорослей в составе педобиоты. Минимальное содержание этих хлорофиллов наблюдалось в горизонте АУ дерновой почвы.

Выявлено, что минимальное содержание феофетина было в горизонте АУ серой почвы, а максимальное – в горизонтах АУ1 чернозема миграционно-мицеллярного и АУ дерновой почвы. Данный факт, вероятно, был связан с различными условиями трансформации хлорофилла *a* в почвах разного типа.

Содержание каротиноидов было наибольшим в горизонтах АУ карболитозема и АУ серой почв. Более низкое содержание этих пигментов было определено в горизонтах АУ1 чернозема миграционно-мицеллярного и АУ дерновой почвы.

При неблагоприятных для водорослей условиях в первую очередь разрушается хлорофилл *a* и накапливаются более устойчивые к разрушению каротиноиды [9; 10]. Из соединений хлорофиллового типа наибольшее сопротивление разложению оказывал феофитин, наиболее близкое производное хлорофилла. Кроме того, как экспериментально установлено [3], хлорофиллы *a* и *b*, феофитин и каротиноиды способны солубилизироваться в структурированных коллоидных мицеллах гуминовых веществ. Это явление может служить дополнительным объяснением длительного присутствия каротиноидов и хлоринов в ПОВ.

Больше всего всех фотосинтетических пигментов было выявлено в горизонте АУ дерновой почвы, что, вероятнее всего, связано с большим их наличием в опаде. Высокое содержание фотосинтетических пигментов в АУ1 чернозема миграционно-мицеллярного обусловлено поступлением растительных остатков в почву.

Индекс Маргалефа соответственно увеличивался в ряду АУ1 чернозема миграционно-мицеллярного → АУ дерновой почвы → АУ карболитозема → АУ серой почвы.

Выводы. Нами было выявлено, что тетрапирролы – хлорофиллы *a*, *b* и $c_1 + c_2$, феофитин, терпеновые соединения в виде каротиноидов – присутствовали в ПОВ всех объектов (таблица). Хлорофилла *a* меньше всего содержалось в горизонте АУ карболитозема, а наибольшее его количество было найдено на горизонтах АУ1 чернозема миграционно-мицеллярного и АУ серой почвы. Содержание хлорофилла *b* в гумусовых горизонтах убывало в следующем порядке: АУ дерновой почвы > АУ карболитозема > АУ1 чернозема миграционно-мицеллярного > АУ серой почвы. Хлорины и каротиноиды способны сохраняться в погребенных почвах до нескольких тысяч лет [1, 11, 13]. Это может быть связано с тем, что каротиноиды обладают высокой антиоксидантной активностью [12]. Благодаря этому свойству каротиноиды могут сохраняться в ПОВ. Кроме того, фотосинтетические пигменты могут солубилизироваться в структурированных коллоидных мицеллах специфических органических веществ [3; 4].

Список источников литературы

1. Бирюкова, О.Н., Орлов, Д.С. О содержании хлорофилла в современных и погребенных почвах, в ископаемых почвах и ископаемых осадках // Известия АН СССР. Биол. науки. – 1978. – № 6. – С. 119–122.
2. ГОСТ 17.1.04.02–90. ВОДА. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 03.07.90 N 28: дата введения 1991-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009756> (дата обращения: 23.03.2023). – Текст: электронный.
3. Попов, А.И. Способность коллоидных мицелл гуминовых веществ солубилизировать фотосинтетические пигменты // Первые Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах»: материалы междунар. науч. конф. (Пермь, 19–22 ноября 2019 г.). – Пермь: Прокрость, 2020. – С. 100–104.

4. Чернов, Д.В., Федорос, Е.И., Попов, А.И. Содержание хлорофиллоподобных соединений в профилях почв различной степени гидроморфизма // Гумус и почвообразование: сб. научн. трудов СПбГАУ. – СПб., 2000. – С. 56–63.
5. Шишов, Л.Л., Тонконогов, В.Д., Лебедев, И.И., Герасимова, М.И. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
6. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 21.12.83 N 6393: дата введения 1984-07-01. – URL: <https://arriah.ru/files/uslugi/zemlya/gost-174301-83.pdf> (дата обращения: 24.03.2023). – Текст: электронный.
7. Косенко, Ю.В., Баскакова, Т.Е., Барабашин, Т.О., Сафронова, Л.М. Фотосинтетические пигменты в фитопланктоне Азовского моря // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. – Ростов-на-Дону, 2018. – С. 88–97.
8. Beale, S.I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis // *Photosynth Res.*, 1999. V. 60. Is 1. Pp. 43–73.
9. Hoyt, P. Fate of chlorophyll in soil // *Soil Science*, 1971. V. 111. Is. 1. Pp. 49–53.
10. Roca, M, Chen, K, Pérez-Gálvez, A. Chapter 6: Chlorophylls // *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color*. Eds: R. Carle, R. Schweiggert. Woodhead Publishing (Elsevier), 2016. Pp. 125–158.
11. Sange, J.E. Identification and quantitative determination of plant pigment in soil humus // *Ecology.* – 1971. – V. 52. – Is. 6. – Pp. 959–963.
12. Stahl, W., Sies, H. Antioxidant activity of carotenoids // *Molecular Aspects of Medicine*, 2003. V. 24. Pp. 345–351.
13. Vallentyne, J.R. Sedimentary chlorophyll determination as a paleobotanical method // *Can. J. Bot.*, 1955. V. 33. Pp. 304–313.
14. Zapata, M., Garrido, J.L., Jeffrey, S.W. Chlorophyll c Pigments: Current Status. In: Grimm B., Porra R.J., Rüdiger W., Scheer H. (eds) *Chlorophylls and Bacteriochlorophylls. Advances in Photosynthesis and Respiration*. Dordrecht: Springer, 2006. V. 25.
15. Odum, Yu. *Osnovy ekologii [Basics of ecology]*. Moscow: Mir, 1975, P. 740.

References

1. Biryukova, O.N., Orlov, D.S. (1978) 'On the content of chlorophyll in modern and buried soils in fossil soils and fossil sediments' *Izvestiya AN SSSR. Biol. Science*. No. 6, pp. 119–122.
2. GOST 17.1.04.02–90. WATER. Method of spectrophotometric determination of chlorophyll a. approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards dated 03.07.90 N 28: date of introduction 1991-01-01. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200009756> (accessed 03.23.2023).
3. Popov, A.I. (2020) The ability of colloidal micelles of humic substances to solubilize photosynthetic pigments. scientific conf. 1st Nikitin Readings "Actual problems of soil science, agrochemistry and ecology in natural and anthropogenic landscapes" (Perm, November 19–22, 2019). – Perm: Prokrost, – Pp. 100-104.
4. Chernov, D.V., Fedoros, E.I., Popov, A.I. The content of chlorophyll-like compounds in soil profiles of various degrees of hydromorphism // *Humus and soil formation / Sat. scientific Proceedings of St. Petersburg. state agricultural university – St. Petersburg*, 2000. – Pp. 56–63.
5. Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedev, I.I., Gerasimova, M.I. Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk: Oikumena, 2004, 342 p.
6. GOST 17.4.3.01-83 Nature Protection. Soils. General requirements for sampling. approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards of December 21, 1983 N 6393: introduction date 1984-07-01. Available at: <https://arriah.ru/files/uslugi/zemlya/gost-174301-83.pdf> (accessed 03.24.2023).
7. Kosenko, Yu.V., Baskakova, T.E., Barabashin, T.O., Safronova, L.M. Photosynthetic pigments in the phytoplankton of the Sea of Azov // *Izvestiya / Izvestiya VUZov. North Caucasian region.* – RnD., 2018. – Pp. 88–97.
8. Beale, S.I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis // *Photosynth Res.*, 1999. V. 60. Is 1. Pp. 43–73.
9. Hoyt, P. Fate of chlorophyll in soil // *Soil Science*, 1971. V. 111. Is. 1. Pp. 49–53.

10. Roca M, Chen K, Pérez-Gálvez A. Chapter 6: Chlorophylls // Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color. Eds: R. Carle, R. Schweiggert. Woodhead Publishing (Elsevier), 2016. Pp. 125–158.
11. Sange, J.E. Identification and quantitative determination of plant pigment in soil humus // Ecology. – 1971. – V. 52. – Is. 6. – Pp. 959–963.
12. Stahl, W., Sies, H. Antioxidant activity of carotenoids // Molecular Aspects of Medicine, 2003. V. 24. Pp. 345–351.
13. Vallentyne, J.R. Sedimentary chlorophyll determination as a paleobotanical method // Can. J. Bot, 1955. V. 33. Pp. 304–313.
14. Zapata, M., Garrido, J.L., Jeffrey, S.W. Chlorophyll c Pigments: Current Status. In: Grimm B., Porra, R.J., Rüdiger, W., Scheer H. (eds) Chlorophylls and Bacteriochlorophylls. Advances in Photosynthesis and Respiration. Dordrecht: Springer, 2006. V. 25.
15. Odum Yu. Osnovy ekologii [Basics of ecology]. Moscow: Mir, 1975, P. 740.

Сведения об авторе

Цивка Ксения Игоревна – аспирант кафедры почвоведения и агрохимии Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код 4407-2586, Scopus author ID: 57321906900, Researcher ID: HZK-3525-2023.

Information about the author

Kseniya I. Tsivka – postgraduate student of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code 4407-2586:, Scopus author ID: 57321906900, Researcher ID: HZK-3525-2023.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution, and analysis of this study.

Conflict of interest. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.04.2023; одобрена после рецензирования 26.06.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 28.04.2023; approved after reviewing 26.06.2023; accepted after publication 16.08.2023.

Научная статья

УДК 636.035

Код ВАК 4.2.4

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-42-48

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЕРСТИ КРОССБРЕДНЫХ ОВЕЦ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПАСТБИЩНО-СТОЙЛОВОГО СОДЕРЖАНИЯ

Ольга Васильевна Максимова

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; spbgau1965@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-1464-7203>

Реферат. Исследования физико-технологических свойств шерсти – длины, тонины, степени извитости и засоренности проводились в различных условиях летнего и зимнего содержания на акжаикских мясо-шерстных овцах, разводимых в северной части Прикаспийской низменности, в Уральской области. Цель исследования – изучить влияние различных условий пастбищно-стойлового содержания на некоторые показатели кроссбредной шерсти акжаикских мясо-шерстных овец. Актуальность исследования состоит в том, что впервые в данном регионе проведены опыты на акжаикских мясо-шерстных матках с кроссбредной шерстью и выявлены лучшие варианты их содержания.

Для определения влияния различных условий содержания на показатели шерсти кроссбредных овец были сформированы 3 группы одновозрастных маток. Летом в течение 7 месяцев матки каждой из трех групп находились на закрепленных пастбищах с естественной растительностью различного ботанического состава. В остальные 5 месяцев овцы получали сено, заготовленное с этих участков. На следующий год опыта наблюдались определенные изменения в некоторых физико-технологических показателях. Так, исходная длина шерсти у маток первой группы была 11,88 см, в конце опыта – 12,47 см, или прирост составил 0,59 см ($td = 3,69$). У особей второй группы соответственно – 11,79 и 12,36 см, т. е. прирост равнялся 0,57 см ($td = 3,99$). В третьей группе, наоборот, произошло уменьшение длины шерсти с 11,77 см в начале опыта до 11,55 см в конце, или на 0,22 см при $td = 1,4$. Степень извитости шерсти на боку в первых двух группах была равна 9,14 и 9,54%, в третьей – несколько выше, 10,98%, что, вероятно, связано с утонением шерсти на 0,40 мкм. Общая зона загрязнения шерсти 27,15%; 28,86% и 39,59%.

Ключевые слова: акжаикская мясо-шерстная порода, длина шерсти, степень извитости шерсти, загрязненность шерсти, пастбища, питательность корма

Цитирование. Максимова О.В. Физико-технологические свойства шерсти кроссбредных овец при различных условиях пастбищно-стойлового содержания. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 42–48, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-42-48

PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WOOL OF CROSSBRED SHEEP UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF PASTURE AND STABLE MANAGEMENT

Olga V. Maksimova

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601,
Russia; spbgau1965@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1464-7203>

Abstract. Studies of physical and technological properties of wool – length, fineness, degree of tortuosity and fouling were carried out in different conditions of summer and winter maintenance on Akzhaik meat-wool sheep bred in the northern part of the Caspian lowland, in the Ural region.

The aim of the research is to study the influence of different conditions of pasture and stable management on some indicators of crossbred wool of Akzhaik meat-wool sheep. The relevance of the study lies in the fact that for the first time in this region experiments were conducted on Akzhaik meat-wool matings with crossbred wool and the best variants of their maintenance were revealed.

To determine the influence of different housing conditions on the wool indicators of crossbred sheep, 3 groups of single-aged sows were formed. In summer, for 7 months, the uterus of each of the three groups was kept on fixed pastures with natural vegetation of different botanical composition. In the other 5 months, the sheep received hay harvested from these plots.

In the next year of the experiment, certain changes in some physical and technological parameters were observed. Thus, the initial length of wool in the mothers of the first group was 11.88 cm, at the end of the experiment – 12.47 cm, or an increase of 0.59 cm ($td = 3.69$). In individuals of the second group, 11.79 and 12.36 cm, respectively, i.e., the increase was 0.57 cm ($td = 3.99$). In contrast, the third group showed a decrease in wool length from 11.77 cm at the beginning of the experiment to 11.55 cm at the end, or by 0.22 cm at $td = 1.4$. The degree of wool tortuosity on the side in the first two groups was 9.14 and 9.54%, while in the third group it was slightly higher, 10.98%, which is probably due to the thinning of the wool by 0.40 μm .

Keywords: Akzhaik meat-wool breed, wool length, degree of wool tortuosity, wool contamination, pastures, feed nutrition

Citation. Maksimova, O.V. (2023) 'Physical and technological properties of wool of crossbred sheep under different conditions of pasture and stable management', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3 pp. 42–48 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-42-48

Введение. Кроссбредное овцеводство (в отличие от тонкорунного) является сравнительно новым направлением в разведении овец. Овцы данного направления сочетают в себе отличную мясную и высокую шерстную продуктивность. Кроссбредная шерсть ценится за большую длину, которая достигает у английских овец породы линкольн 30 см и более. Высоко ценится кроссбредная шерсть и за другие физико-технологические свойства: крепость, равномерную извитость, люстровый блеск, упругость. Из кроссбредной шерсти можно изготавливать трикотаж, ткани, ковровые изделия.

Акжайкская мясо-шерстная порода с кроссбредной шерстью (наряду с другими отечественными породами) обладает высокими продуктивными свойствами. Ягнята к возрасту 4–4,5 месяцев набирают живую массу 30–33 кг, а к 7–8 месяцам от них получают тушки весом 18–21 кг. Живая масса взрослого барана – 96–137 кг, матки – 55–60, настриги шерсти в мытом виде 5,1–6 кг и 2,5–3 кг соответственно. Шерсть имеет длину 11–15 см, тонины 58–48 качества. Шерсть белая однородная полутонкая кроссбредная, с четко выраженной извитостью (2–3 извитка на 1 см длины), с люстровым блеском, хорошей и средней густотой, уравнена по руну и в штапеле, цвет жиропота белый и светло-кремовый.

По результатам промышленной технологической оценки крупной партии шерсти акжайкских овец на Фряновской комвольно-прядильной фабрике и Люберецком ковровом комбинате получено заключение о том, что эта шерсть соответствует кроссбредной и не уступает импортной кроссбредной шерсти. Порода зарегистрирована Приказом МСХ Республики Казахстан № 124 от 27.09.1996 «О новой акжайкской мясо-шерстной породе овец с кроссбредной шерстью» [1–8].

Цель исследования – изучить влияние различных условий пастбищно-стойлового содержания на некоторые шерстные показатели кроссбредной шерсти акжайкских мясо-шерстных овец.

Материалы, методы и объекты исследований. Опыт проводился на трех группах акжайкских мясо-шерстных маток первого класса по 150 голов в каждой, подобранных по методу аналогов. В летний период матки находились на участках естественных пастбищ.

Первые две группы – на степных разнотравных, третья – на низинных осоковых. На первом участке преобладающим растением был житняк гребневидный (до 85%) в сочетании с острцом, ковылем, полынью, типчаком. На втором участке в ботаническом составе типчак составлял 56,4%, в меньшей степени присутствовали острец, ковыль, полынь. Третья группа овец паслась на низинных участках, состоявших в основном из осоки, а также вейника, ситника, мятлика лугового, костра безостого. Зимой овцы получали сено, заготовленное на этих участках.

Питательность пастбищ устанавливали методом контрольных укусов на 1 м² с типичной растительностью и по литературным источникам. Скошенную траву взвешивали и пересчитывали на 1 га.

Шерстные показатели устанавливали как во время бонитировки, так и по отобранным образцам паспортных рун в лабораторных условиях. Тонину шерсти определяли путем измерения диаметра 200 волокон с бока руна на ланаметре Цейса.

Длину шерсти измеряли с помощью миллиметровой линейки в естественном и распрямленном от извитости состояниях. Степень извитости изучали на 6 топографических участках руна. Для этого штапельки измеряли в извитом естественном состоянии (D_2), а затем их распрямляли. После распрямления измеряли истинную (освобожденную от извитости) длину (D_1). Степень извитости рассчитывали по формуле

$$СИ = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100\%.$$

Зону вымытости, зону грязи и общую зону загрязнения измеряли линейкой в верхней части штапеля. Физико-технологические свойства шерсти изучались по методическим рекомендациям [9].

Научная новизна состоит в том, что впервые в данном регионе изучены физико-технологические свойства шерсти кроссбредных овец при различных условиях пастбищно-стойлового содержания

Результаты исследований. В течение летнего периода матки, находящиеся на территории Западно-Казахстанской области, были размещены на закрепленных участках пастбищ. В среднем матки первой группы потребляли в день 6–7,5 кг зеленой массы, что составляло 1,82 корм. ед. и 203 г переваримого протеина, второй – 6,5–8 кг (1,67 корм. ед. и 189 г переваримого протеина) и третьей – 7,2–8,5 кг (1,49 корм. ед. и 142 г переваримого протеина). В стойловый период матки получали по 3 кг сена с закрепленных участков. Матки первой группы с учетом поедаемости 94,3% потребляли 2,83 кг житняково-разнотравного сена, или 1,47 корм. ед. и 130 г переваримого протеина. Матки второй группы с учетом поедаемости 91,2% съедали 2,74 кг злаково-разнотравного сена, в котором содержалось 1,32 корм. ед. и 118 г переваримого протеина. Матки третьей группы также получали 3 кг осоко-разнотравного сена. Поедаемость его была ниже по сравнению с первыми группами и составляла 86,5%, или овцами съедалось 2,59 кг (1,1 корм. ед. и 94 г переваримого протеина).

При постановке на опыт матки первой группы имели длину шерсти (см) $11,88 \pm 0,14$, второй – $11,79 \pm 0,11$, третьей – $11,77 \pm 0,13$. В конце опыта по причине болезни выбыла 1 матка, во второй – 2, в третьей – 5, поэтому результаты опыта определялись соответственно по 149, 148 и 145 головам в каждой группе.

Таблица 1. Естественная длина шерсти маток в конце эксперимента ($X \pm m$), см
Table 1. The natural length of the queens' fur at the end of the experiment ($X \pm m$), cm

Группы	I	II	III
$X \pm m$	12,47±0,086	12,36±0,091	11,55±0,088
$\pm \sigma$	1,05	1,11	1,06
$C_v, \%$	8,42	8,98	10,56

Как видно из таблицы 1, естественная длина шерсти у маток первой группы через год была равна 12,47 см, прирост по сравнению с постановкой на опыт составил 0,59 см ($td = 3,69$), во второй группе длина также увеличилась на 0,57 см до 11,79 см ($td = 3,99$). В третьей группе, наоборот, произошло уменьшение длины шерсти с 11,77 см (в начале опыта) до 11,55 см в конце, или на 0,22 см при $td = 1,40$.

При сравнении длины шерсти между группами в конце опыта также установлены определенные изменения. Так, у маток первой группы она была на 0,92 см ($td=7,54$) выше по сравнению с третьей. Длина шерсти маток второй группы превышала длину третьей на 0,81 см ($td=6,47$), т. е. у первых двух групп отмечался интенсивный темп роста шерсти.

Нами также была определена степень извитости на 6 топографических участках руна (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, наибольшие значения степени извитости были в области спины – 13,18%; 13,76%; 15,36% и брюха – 16,99%, 17,93% и 19,82%. На боку, как и на основной части руна, степень извитости составляет 9,14% – 10,53%, что является вполне соответствующим кроссбредной шерсти.

Такая неравномерность связана с различной тониной шерсти. Более тонкая шерсть имеет большую степень извитости. На боку, шее, лопатке обычно растет шерсть нормальной тонины, соответствующая породе. На ляжке она грубее, а на брюхе – самая тонкая и редкая.

Таблица 2. Степень извитости, %
Table 2. Degree of tortuosity, %

Топографические участки руна	Степень извитости по группам, %		
	I (10 гол)	II (10 гол)	III (10 гол)
Шея	9,82	10,28	11,21
Лопатка	9,59	10,01	10,98
Бок	9,14	9,54	10,53
Спина	13,18	13,76	15,36
Ляжка	8,43	8,86	9,65
Брюхо	16,99	17,93	19,82

Если в начале эксперимента матки всех групп по средним показателям имели практически одинаковую тонины шерсти (28,01±0,142; 28,14±0,154 и 28,26±0,142 мкм), т. е. были аналогами, то в конце опыта произошли существенные сдвиги в ту или иную сторону, и обозначалась хорошо заметная изменчивость данного признака. Так, у маток первой группы

($28,87 \pm 0,139$ мкм) по сравнению с овцами из третьей группы ($27,86 \pm 0,140$ мкм) шерсть стала толще на 1,01 мкм при довольно высоком критерии достоверности ($td = 5,13$); у особей второй группы ($28,69 \pm 0,146$ мкм) также толще по сравнению с матками третьей на 0,83 мкм при $td = 4,11$. В третьей группе в начале эксперимента матки имели тонины шерсти 28,26 мкм, в конце – 27,86 мкм, что на 0,40 мкм меньше ($td = 2,01$). Во всех подопытных группах, как и в начале опыта, матки имели среднюю тонины, соответствующую 56 качеству, с показателями от 27,86 до 28,87 мкм, т. е. сохранили прежнее соотношение тонины в пределах этого качества.

Степень загрязненности шерсти зависит прежде всего от условий содержания и кормления овец в течение года, и особенно, от состояния пастбищ, так как овцы большую часть времени находятся на выпасах. В течение годового роста, от стрижки до стрижки, шерсть подвергается внешним воздействиям – на нее влияют осадки, загрязнения, растительные примеси. В наших опытах овцы содержались на естественных степных пастбищах с различной растительностью в зависимости от рельефа участков. Большую роль в загрязнении шерсти здесь также играют постоянные ветры, суховеи, пыльные бури, несущие массу землистых примесей, как это обычно бывает на открытых степных просторах. При расчете общей зоны загрязнения рассматривали 2 показателя: зону вымытости и зону грязи. Верхняя часть штапеля или штапеля косицы (зона вымытости) обычно светлая и доходит до границы жиропота. Зона грязи располагается ниже, хорошо заметна по интенсивно темному цвету. Вместе эти две зоны составляют общую зону загрязнения.

Таблица 3. Загрязненность шерсти подопытных маток в области бока
Table 3. Contamination of the wool of experimental queens in the flank area

Группы	Зона вымытости		Зона грязи		Общая зона загрязнения	
	см	%	см	%	см	%
I	1,91	15,12	1,52	12,03	3,43	27,15
II	2,06	16,47	1,55	12,39	3,61	28,86
III	2,28	19,45	2,36	20,14	4,64	39,59

Из данных таблицы 3 видно, что зона вымытости шерсти на боку у подопытных маток составляет 15,12–19,45%, зона грязи – 12,03–20,14%, общая зона загрязненности – 27,15–39,59%. В абсолютных показателях это равняется соответственно 1,91–2,28 см; 1,52–2,36 см и 3,43–4,64 см. При сравнительном анализе полученных данных наблюдается хорошо заметное увеличение всех указанных зон у маток третьей группы, содержащихся на низинных пастбищах. При сопоставлении абсолютных линейных величин выяснилось, что матки третьей группы превосходят по степени вымытости особей второй группы на 0,22 см, или на 10,67% и первой – на 0,37 см, или на 19,37%; по зоне грязи соответственно на 0,81 см (52,26%) и 0,84 см (55,26%); по общей зоне загрязнения на 1,03 см, или на 28,53% и 1,21 см, или на 35,28%. В третьей группе наблюдается увеличение всех указанных зон. В линейных величинах по степени вымытости они больше по сравнению со второй на 0,22 см (10,67%), с первой – на 0,37 см (19,37%).

Полученные данные указывают на улучшение исследованных физико-технологических свойств шерсти маток в первых двух группах по сравнению с третьей. Авторы [10; 11] также указывали на влияние внешних факторов на качество шерсти.

Выводы. Кроссбредные матки, содержащиеся на различных участках пастбищ летом и на аналогичном сене зимой, по исследованным физико-технологическим показателям имели определенные различия. У маток первых двух групп в результате годового опыта прирост длины шерсти составил 0,59 и 0,57 см, тогда как в третьей группе она уменьшилась на 0,22 см.

Тонина шерсти на боку у маток первой и второй группы также увеличилась на 1,01 и 0,83 мкм, оставаясь в границах качеств тонины при постановке на опыт (56 качество). На боку, как и на основной части руна, степень извитости составила 9,14–10,53%, что вполне соответствует кроссбредной шерсти. У первых двух групп наблюдается гораздо меньшая засоренность и вымытость шерсти по сравнению с третьей из-за выпаса на низинных, увлажненных и засоренных бурьянистыми растениями участках. В этих группах руно было загрязнено менее чем на 1/3 – на 27,15% и 28,86%. В третьей группе общая зона загрязнения составила 39,59%, т. е. практически приближалась к середине штапеля.

Таким образом, содержание кроссбредных маток на степных житняково-разнотравных и злаково-разнотравных пастбищах летом и на аналогичном сене зимой оказывает положительное влияние на улучшение их шерстных показателей.

Список источников литературы

1. Траисов, Б.Б., Траисова, Т.Н., Смагулов, Д.Б. Акжайкская порода – генофонд кроссбредного овцеводства Западного Казахстана // Сб. тр. Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2017. – Т. 1, № 10. – С. 281–285.
2. Траисов, Б.Б., Укбаев, Х.И., Смагулов, Д.Б. Современное состояние и перспективы развития овцеводства Западно-Казахстанской области // Известия НАН РК. Серия аграрных наук. – 2016. – № 4 (34). – С. 149–153.
3. Траисов, Б.Б., Траисова, Т.Н. Акжайкская мясо-шерстная порода овец: история и современность // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2022. – № 4. – С. 24–27 и др.
4. Траисов, Б.Б., Балакирев, Н.А., Юлдашбаев, Ю.А. Кроссбредные мясо-шерстные овцы Западного Казахстана: монография. – Москва, 2019. – 296 с.
5. Максимова, О.В. Влияние условий содержания на показатели шерсти кроссбредных овец // Известия СПбГАУ. – 2022. – № 2 (67). – С. 119–125.
6. Траисов, Б.Б. Юлдашбаев, Ю.А., Есенгалиев, К.Г. Пути повышения продуктивности полутонкорунных овец в Западно-Казахстанской области // Аграрная наука. Москва. – 2022. – № 1. – С. 48–53.
7. Траисов, Б.Б., Юлдашбаев, Ю.А., Есенгалиев, К.Г. Пути повышения продуктивности полутонкорунных овец в Западно-Казахстанской области. // Аграрная наука. – 2022. – № 1. – С. 148–152.
8. Юлдашбаев, Ю.А., Траисов, Б.Б., Есенгалиев К.Г. Продуктивность акжайкских мясошерстных овец и их помесей, полученных от баранов-производителей северокавказской и куйбышевской пород // Аграрная наука. – № 2. – 2019. – С. 37 и др.
9. Методические рекомендации по изучению качеств шерсти / Сост. Т. В. Нечиненной и др. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 75 с.
10. Траисов, Б.Б. Юлдашбаев, Ю.А., Есенгалиев, К.Г. Пути повышения продуктивности полутонкорунных овец в Западно-Казахстанской области // Аграрная наука. Москва. – 2022. – № 1. – С. 48–53.
11. Терентьев, В.В. Терентьева, М.В., Максимова, О.В. Домашнее овцеводство и козоводство – СПб.: Лань, 2020. – 191 с.

References

1. Traisov, B.B., Traisova, T.N., Smagulov, D.B. (2017) 'Akzhaik breed – gene pool of crossbred sheep breeding in Western Kazakhstan', *Collection of works of the All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. Vol. 1, № 10, pp. 281–285.

2. Traisov, B.B., Ukbaev, H.I., Smagulov, D.B. (2016) 'The current state and prospects of development of sheep breeding in the West Kazakhstan region', *Izvestiya NAS RK. Series of agricultural sciences*. Vol. 34, № 4, pp. 149–153.
3. Traisov, B.B., Traisova, T.N. (2022) 'Akzhaikskaya meat and wool breed of sheep: history and modernity', *Sheep, goats, wool business*. No. 4, pp. 24–27.
4. Traisov, B.B., Balakirev, N.A., Yuldashbayev, Yu. A. (2019), Crossbred meat-wool sheep of Western Kazakhstan: monograph. Moscow. P. 296 et al.
5. Maksimova, O.V. (2022) 'Influence of conditions of keeping on wool indicators of crossbred sheep', *Izvestiya SPBSAU*. Vol. 67 (2), pp. 119–125.
6. Traisov, B.B. Yuldashbayev, Yu.A., Esengaliev, K.G. (2022) 'Ways to increase the productivity of semi-fine sheep in the West Kazakhstan region', *Agrarian science. Moscow*. No. 1, pp. 48–53.
7. Traisov, B.B., Yuldashbayev, Yu.A., Esengaliev, K.G. (2022) 'Ways to increase the productivity of semi-fine sheep in the West Kazakhstan region', *Agricultural science*. No. 1 , pp. 148–152.
8. Yuldashbayev, Yu. A., Traisov, B. B., Yesengaliev, K. G. (2019) 'Meat-wool sheep and their crossbreeds obtained from sheep producers of North Caucasian and Kuibyshev breeds', *Agricultural science*. No. 2, p. 37 et al.
9. Methodological recommendations for the study of wool qualities / Comp. T. V. Nechinenny et al. М.: VASHNIL, 1985, 75 p.
10. Traisov, B.B. Yuldashbayev, Yu.A., Esengaliev K.G. (2022) 'Ways to increase productivity of semitonkorn sheep in the West Kazakhstan region', *Agrarian science. Moscow*. No. 1. Pp. 48–53.
11. Terentyev, V.V. Terentyeva, M.V., Maksimova, O.V. Domestic sheep and goat breeding, ed. St. Petersburg, Lan, 2020, p. 191.

Сведения об авторе

Максимова Ольга Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко. Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3608-2009.

Information about the author

Maksimova Olga Vasilyevna – Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor, Head of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko. Federal State Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 3608-2009.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 26.05.2023; одобрена после рецензирования 22.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 26.05.2023; approved after reviewing 22.08.2023; accepted after publication 22.08.2023.

Научная статья
УДК 619:636.2
Код ВАК 4.2.4
doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-49-56

ИНФУЗОРИЯ *CHARONINA VENTRICULI* ИЗ ЯКУТСКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Григорий Николаевич Мачахтыров¹, Варвара Анатольевна Мачахтырова²,
Марина Витальевна Андреева³, Яна Лаврентьевна Шадрина⁴

¹Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова
СО РАН, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23 корп. 1, г. Якутск, 677001, Россия;
aylga@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8328-4744>

²Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова
СО РАН, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23 корп. 1, г. Якутск, 677001, Россия;
varvara-an@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0988-0943>

³Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова
СО РАН, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23 корп. 1, г. Якутск, 677001, Россия;
amv-65@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-1291-9126>

⁴Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова
СО РАН, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23 корп. 1, г. Якутск, 677001, Россия; yanalina_12@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-4477-6332>

Реферат. Якутская аборигенная порода – одна из малочисленных аборигенных пород крупного рогатого скота, разводимая в сложных условиях Крайнего Севера с применением традиционной экстенсивной технологии кормления и содержания; является абсолютно неприхотливой и выносливой. В статье приводятся результаты изучения разнообразия эндобионтной симбиофауны якутского аборигенного скота, зимний рацион которого состоит только из грубого корма в виде сена в течение всего стойлового периода. Всего у якутского рогатого скота обнаружен и идентифицирован 31 вид эндобионтных инфузорий, принадлежащих 11 родам и 3 семействам. При этом наибольшим количеством видов у якутского скота отличались представители родов *Entodinium* и *Isotricha*, тогда как *Polyplastron*, *Ophryoscolex* и *Charonina* представлены единичными видами инфузорий, включая в том числе довольно нечасто встречающиеся у крупного рогатого скота виды. Так, в рубце якутского скота обнаружен вид *Charonina ventriculi* (Jameson, 1925), относящийся к роду *Charonina* Strand, 1928 и семейству Vlepharocorythidae Hsiung, 1929. Всего было обнаружено всего 5 экземпляров в пробе трех коров, что подтверждает редкую встречаемость данного вида инфузорий. В связи с этим изучение морфологических и морфометрических его данных представляет собой научный интерес. В статье дается морфологическое описание инфузории: длина инфузории *C. ventriculi* в среднем составила $29,00 \pm 2,69$ мкм с вариациями от 22,50 до 37,50 мкм, ширина в среднем – $15,00 \pm 1,31$ мкм, с вариациями от 11,25 до 17,50 мкм.

Ключевые слова: эндобионтные инфузории, *Charonina ventriculi*, рубец, якутская порода, крупный рогатый скот

Цитирование. Мачахтыров Г.Н., Мачахтырова В.А., Андреева М.В., Шадрина Я.Л. Инфузория *Charonina ventriculi* из якутской породы крупного рогатого скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72) – С. 49–56, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-49-56

Благодарности. Выражаем глубокую благодарность Корниловой О.А., доктору биологических наук, оказавшей помощь в подготовке статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-20013, <https://rscf.ru/project/22-16-20013>; с софинансированием АНО «Якутский научный фонд».

INFUSORIA CHARONINA VENTRICULI FROM YAKUT CATTLE BREED

Grigoriy N. Machakhtyrov ¹, Varvara A. Machakhtyrova ², Marina V. Andreyeva ³,
Yana L. Shadrina ⁴

¹Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G. SB RAS, Bestuzheva-Marlinskovo Str., 23/1, Yakutsk, 677001, Russia; aylga@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8328-4744>

²Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G. SB RAS, Bestuzheva-Marlinskovo Str., 23/1, Yakutsk, 677001, Russia; varvara-an@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-0988-0943>

³Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G. SB RAS, Bestuzheva-Marlinskovo Str., 23/1, Yakutsk, 677001, Russia; amv-65@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-1291-9126>

⁴Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G. SB RAS, Bestuzheva-Marlinskovo Str., 23/1, Yakutsk, 677001, Russia; yanalina_12@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-4477-6332>

Abstract. Yakut aboriginal breed is one of the few aboriginal breeds of cattle, bred in difficult conditions of the Far North with the use of traditional extensive technology of feeding and housing; it is absolutely unpretentious and hardy. The article presents the results of studying the diversity of endobiont symbiofauna of Yakut aboriginal cattle, whose winter diet consists only of roughage in the form of hay during the whole stall period. A total of 31 species of endobiont infusoria belonging to 11 genera and 3 families were found and identified in Yakut cattle. The greatest number of species in Yakut cattle was characterised by representatives of genera *Entodinium* and *Isotricha*, whereas *Polyplastron*, *Ophryoscolex* and *Charonina* were represented by single species of infusoria, including species not frequently met in cattle. Thus, the species *Charonina ventriculi* (Jameson, 1925), belonging to the genus *Charonina* Strand, 1928 and family Blepharocorythidae Hsiung, 1929, was found in the rumen of Yakut cattle. A total of only 5 specimens were found in a sample of three cows, confirming the rare occurrence of this species of infusoria. The study of its morphological and morphometric data is therefore of scientific interest. The paper gives a morphological description of the infusoria: the length of *C. ventriculi* infusoria averaged $29.00 \pm 2.69 \mu\text{m}$ with variations from 22.50 to 37.50 μm , the width averaged $15.00 \pm 1.31 \mu\text{m}$, with variations from 11.25 to 17.50 μm .

Key words: endobiontic infusoria, *Charonina ventriculi*, rumen, Yakut breed, cattle

Citation. Machakhtyrov, G.N., Sleptsov, E.S., Machakhtyrova, V.A., Andreyeva, M.V., Shadrina, Ya.L., Lukin, V.N. (2023) 'Infusoria *Charonina ventriculi* from the Yakut cattle breed', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3 pp. 49-56 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-49-56

Acknowledgments. We express our deep gratitude to Kornilova O.A., Doctor of Biological Sciences, who assisted in the preparation of the article.

Financial support. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 22-16-20013, <https://rscf.ru/project/22-16-20013> with co-financing of ANO "Yakutsk Science Fund".

Введение. Исследуемая инфузория впервые была описана Александром Джеймсоном в 1925 г. как *Charon ventriculi* [1]. Джеймсон исследовал содержимое рубца 70 жвачных животных в Англии и обнаружил небольшое количество *C. ventriculi* у семи голов крупного рогатого скота и одной овцы (впоследствии первоначальное родовое наименование *Charon* было заменено на *Charonina* Strand, 1928) [2]. В более поздних исследованиях Та-Ши Сюн (Хсиунг) [3, 4, 5] сообщил о нахождении этого вида как у китайского крупного рогатого скота, так и у овец. Однако выявление данных инфузорий было редким, и их численность всегда была низкой. Неожиданный результат показали исследования, проведенные в Финляндии [6]. Было обнаружено, что представители рода *Charonina* составляли более 50% от общего числа инфузорий рубца у овец, которых кормили травяным силосом, при этом введение кормовых добавок с сахарозой и крахмалом не оказало заметного влияния на численность инфузорий.

В другом исследовании при изучении простейших рубца бразильского скота Бурк Дехорити и Вильсон Маттос [7] обнаружили одно животное, которое содержало очень высокий процент *C. ventriculi*. Поскольку встречаемость и численность данного вида довольно ограничена, этот факт был специально исследован на фистулированном животном в корреляции с составом рациона скота [7]. В начале эксперимента *C. ventriculi* составляли более 30% от общего количества простейших, найденных в содержимом рубца коровы, которую кормили сеном из родсовой травы (*Chloris gayana*). Как процентное соотношение с другими видами инфузорий, так и численность *C. ventriculi* заметно снижались, когда в рацион добавляли концентрированные корма или животное кормили вместо сена только свежей травой. Из данных Дехорити и Маттоса следует, что *C. ventriculi* не использует концентраты в какой-либо степени, также необходимо учитывать возможность того, что этот вид более чувствителен к изменениям pH рубца. О малочисленности рода *Charonina* (в пределах 1,6%) и о возможном участии инфузорий в переваривании клетчатки также свидетельствуют Иванкова А.А. [8] и Чистяков С.В., Востроилов А.В. [9]. Kittelmann и др. [10] секвенировали ген 18S р РНК *C. ventriculi* и, основываясь на его полноразмерной последовательности, подтвердили место данного вида на филогенетическом древе эндобионтных инфузорий подкласса Trichostomatia.

Цель исследования – изучение видового состава эндобионтной фауны преджелудков якутского аборигенного скота, содержащегося по традиционной неконцентратной технологии кормления.

Материал, методы и объекты исследования. Исследования проводили на базе лаборатории воспроизводства и физиологии животных ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» Якутского НИИСХ им. М.Г. Сафронова.

Объектом исследования является крупный рогатый скот якутской аборигенной породы. На бойне после забоя скота (в ноябре) проводится извлечение содержимого преджелудков, не более 15 минут после забоя. Материалом служили пробы содержимого преджелудков якутского скота (рубца, книжки и сетки) – всего 36 проб от 12 коров. Сбор образцов проведен методом забора биологического материала из преджелудков животных в стерилизованные емкости с объемом 10 мл с 10%-ном растворе формалина. При окраске использовали метиловый зеленый. Морфологическое исследование проводили микроскопом Микмед-5. Морфометрические данные снимали с помощью окулярного микрометра и цифровой камеры МС-8.3С. Идентификация и определение видов проведена с использованием специальных определителей и профильных работ Догеля, 1929 [11]; Корниловой, 2006, 2010 [2, 12]; Dehority, 1993 [13]; Lubinsky, 1958, а, б [14]; Westerling, 1970 [15]; Dehority, 1978 [7] и работ по ревизии офриосколецид (Latteur, 1968, 1969, 1970) [16, 17, 18]. Изучение морфометрии проведено на случайных выборках не менее 30 экземпляров каждого вида. Численность инфузорий определяли методом «калиброванной капли» по Корниловой [19]. Процентное соотношение устанавливали по итогам подсчета эндобионтов по видам в нескольких временных препаратах от каждой пробы.

Результаты исследования. В настоящее время в хозяйствах Республики Саха (Якутия) разводят 8 пород крупного рогатого скота, в основном комбинированного и молочного направления продуктивности. Большой удельный вес в общем поголовье скота занимают симментальская (74,1%) и холмогорская (20,7%) породы, содержащиеся в основном в животноводческих товарных комплексах, с более высоким уровнем кормления. Аборигенный

якутский скот, содержащийся в генофондном хозяйстве, относится к категории популяции скота с угрожающим статусом. В последние годы общее поголовье якутского скота имеет тенденцию к умеренному увеличению и в настоящее время составляет 1,3% от общего поголовья скота.

Технология содержания аборигенного скота основана на вековых традициях разведения скота в суровых северных условиях. Скот содержится в неотапливаемых традиционных якутских скотопомещениях (хотонах), содержание стойлово-привязное, водопоение животных в зимний период организовано непосредственно из проруби на естественных водоемах. Рацион в зимний период состоит только из сена разнотравного, заготовленного на естественных сенокосных угодьях в летне-осенний период, комбикорм дается в малых количествах только после отела для стимулирования молокообразования. Средняя молочная продуктивность составляет 980 кг молока за лактацию. Летом применяется лагерно-пастбищное содержание в летниках без дополнительной подкормки. Зимний рацион состоит из сена, заготовленного на естественных угодьях.

Выявлено достаточно большое видовое разнообразие у якутского скота, 31 вид эндобионтных инфузорий: *Entodinium minimum*, *Entodinium rostratum*, *Entodinium bimastus*, *Entodinium lobospinosum*, *Entodinium longinucleatum*, *Entodinium dilobum*, *Entodinium quadricuspis*, *Entodinium exiguum*, *Entodinium triacum*, *Entodinium simulans caudatum*, *Diplodinium dentatum*, *Diplodinium bilobosum*, *Eudiplodinium maggii*, *Eudiplodinium bovis*, *Eudiplodinium dilobum*, *Eudiplodinium rostratum*, *Ostracodinium mammosum*, *Ostracodinium gracile*, *Ostracodinium trivesiculatum*, *Epidinium ecaudatum ecaudatum*, *Epidinium ecaudatum tricaudatum*, *Eodinium posterovesiculatum morphotype bilobosum*, *Polyplastron multivesiculatum*, *Metadinium medium*, *Metadinium tauricum*, *Metadinium affine*, *Metadinium banksi*, *Metadinium sp.*, *Isotricha prostoma*, *Dasytricha ruminantium*, относящихся к 10 родам – *Entodinium*, *Diplodinium*, *Eudiplodinium*, *Ostracodinium*, *Epidinium*, *Eodinium*, *Polyplastron*, *Metadinium*, *Isotricha* и *Ophryoscolex*. Также в рубце якутской коровы обнаружили вид *Charonina ventriculi* рода *Charonina*, считающейся малочисленным и редко встречающимся видом, и 1 вид *Metadinium sp.*, не описанный ранее.

Вид *Charonina ventriculi*, обнаруженный впервые у якутской породы крупного рогатого скота, по литературным данным считается редким и малочисленным видом инфузорий. Его место в классификации [5]: класс *Litostomatea* Small & Lynn, 1981; подкласс *Trichostomatia* Bütschli, 1889; отряд *Entodiniomorpha* Reichenow, 1929; семейство *Vlepharocorythidae* Hsiung, 1929; род *Charonina* Strand, 1928; вид *Charonina ventriculi* (Jameson, 1925). Описание морфологии обнаруженной нами у якутского скота инфузории *Charonina ventriculi*: тело имеет ланцетовидную форму, вытянутое в длину и сплющенное дорсо-вентрально. На передней части тела имеются небольшое выпячивание в виде лопасти (фронтальный вырост) и пучок ресничек, расположенный по бокам фронтального выроста у его основания. Задний конец тела закруглен, без лопастей, с обеих его сторон расположены реснички, собранные в два пучка, они как бы «сидят» в небольших «гнездах».

Эти реснички более длинные и тесно сближенные. В теле хорошо выделен макронуклеус округлой формы, имеющий достаточно большой объем. К макронуклеусу прилегает сократительная вакуоль, она расположена в центре задней части тела инфузории (рисунки 1, 2).

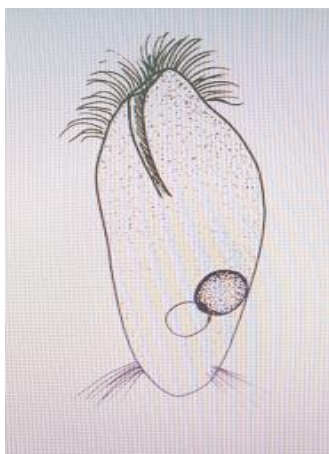


Рисунок 1. Схема строения *Charonina ventriculi* по Дехорити [3]



Рисунок 2. *Charonina ventriculi* из рубца якутской коровы

Как видно из данных таблицы ниже, длина инфузории *C. ventriculi* в среднем составила $29,00 \pm 2,69$ мкм с вариациями от 22,50 до 37,50 мкм, ширина в среднем – $15,00 \pm 1,31$ мкм, с вариациями от 11,25 до 17,50 мкм.

Нами обнаружено всего 5 экземпляров в пробе трех коров, что подтверждает редкую встречаемость данного вида инфузорий. Схожие данные исследований были получены Дехорити и Маттосом [8] в случае, когда животное выращивалось только на подножном корме на пастбище.

Таблица. Морфометрические данные инфузории вида *Charonina ventriculi*, обнаруженной у якутского скота

Table. Morphometric data of the species *Charonina ventriculi* found in Yakut cattle

№ п/п	Длина, мкм	Ширина, мкм
1	25,00	12,50
2	22,50	11,25
3	37,50	17,50
4	27,50	16,25
5	32,50	17,50
Ср. значение	29,00	15,00
Ст. отклонение	6,02	2,93
Ср. ошибка	2,69	1,31

В нашем случае якутский скот, известный своей неприхотливостью, с середины мая до середины октября (примерно в течение 4,5–5 месяцев) находится на пастбищном содержании, не получая никакой дополнительной подкормки. Зимний стойловый период длится около 7–7,5 мес. В связи с этим можно сделать вывод: *Charonina ventriculi* является редким видом эндобионтов у крупного рогатого скота, обнаружен у якутской породы, его встречаемость может зависеть от рациона кормления.

Выводы. Впервые проведено изучение разнообразия эндобионтной симбиофауны якутского аборигенного скота, зимний рацион которого состоит только из грубого корма в виде сена. Всего у якутского рогатого скота обнаружен и идентифицирован 31 вид эндобионтных инфузорий, принадлежащих 11 родам и 3 семействам. В рубце якутского скота обнаружен вид *Charonina ventriculi* (Jameson, 1925) (Litostomatea, Trichostomatia), считающийся крайне редким видом инфузорий.

Список источников литературы

1. Jameson, A.P. A new ciliate *Charon ventriculi* n.g., n.sp. from the stomach of ruminants. Parasitology. Vol. 17. Iss. 4. 1925, pp. 403–405. – doi: <https://doi.org/10.1017/S0031182000004807>.
2. Корнилова, О.А. Эндобионтные инфузории млекопитающих // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных: сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 6. СПб.: ТЕССА, 2006. – С. 21–78.
3. Hsiung, T.S. 1929. Investigation of the protozoan fauna of the large intestine of the horse. J. Parasitol. 16:99.
4. Hsiung, T.S. 1931. Protozoal fauna of the rumen of Chinese sheep. Bull. Fan Mem. Inst. Biol. 2:29-43.
5. Hsiung, T.S. 1932. A general overview of the protozoan fauna of the rumen of Chinese cattle. Bull. Fan Mem. Inst. Biol. 3:87-107.
6. Syrjilii, L., Saloniemi, H. and Laalahti, L. 1976. The position and volume of the rumen microbiota of sheep feeding on grass silage with various additives of sucrose, starch and cellulose. J. Sci. Agric. Finl. 48: 138-153.
7. Dehority, B.A., Mattos, W.R. Diurnal changes and effect of ration on concentrations of the rumen ciliate *Charon ventriculi*. Appl Environ Microbiol. 1978. 36(6). Pp. 953–958. doi: 10.1128/aem.36.6.953-958.1978.
8. Иванкова, А.А. Распределение и численность инфузорий в разных отделах желудка быка домашнего (BOS TAURUS) из агрохозяйств юга Тюменской области // Коррекция экологического неблагополучия. Продукты питания. – 2010. С. 2037–2040.
9. Чистяков, С.В. Участие инфузорий рубца в переваривании клетчатки жвачными / С. В. Чистяков, А. В. Востроилов // Зоологический журнал. 2004. Т. 83, № 10.– С. 1197–1205.
10. Kittelmann, S., Devente, S.R., Kirk, M.R., Seedorf, H., Dehority, B.A., Janssen, P.H. Phylogeny of intestinal ciliates, including *Charonina ventriculi*, and comparison of microscopy and 18S rRNA gene pyrosequencing for rumen ciliate community structure analysis / Appl Environmental Microbiol. 2015. Apr;81(7):2433-44. doi:10.1128/AEM.03697-14.Epub2015, Jan 23.
11. Догель, В.А. Простейшие – Protozoa. Малоресничные инфузории – Infusoria Oligotricha. Сем. Ophryoscolecidae. Определитель по фауне СССР. / В. А. Догель. – Л.: АН СССР, 1929. – 96 с.
12. Корнилова, О.А. Определитель инфузорий, обитающих в пищеварительном тракте млекопитающих. // Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 10. СПб.: ТЕССА, 2010. – С. 59–94.
13. Dehority, B.A. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa, CRC Press, Boca Raton, FL. 27. 1993. 128 pp.
14. Lubinsky, G. Ophryoscolecidae (Ciliata: Entodiniomorphida) of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from the Canadian Arctic // Canadian Journal of Zoology. 1958. №5. Volume 36.
15. Westerling, B. Rumen ciliate fauna of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in Finland: composition, volume and some seasonal variations // Acta zool. Fenn. 1970, 127, N1. 1-76.
16. Latteur, B. Revision systematique de la famille des Ophryoscolecidae Stein, 1898, sous-famille des Entodiniinae Lubinsky, 1957, genre *Entodinium* Stein, 1858. Annales de la Societe royale zoologique de Belgique. 1968. 98 (1): 1–41.
17. Latteur, B. Revision systematique de la famille de Ophryoscolecidae Stein 1858, sous-famille des Entodiniinae, Lubinsky 1957, genre *Entodinium* Stein 1858. Annales de la Societe royale zoologique de Belgique. 1969. 99 (1–2): 3–25.
18. Latteur, B. Révision systématique de la famille des Ophryoscolecidae Stein, 1858, sous-famille des Diplodiniinae Lubinsky, 1957, genre *Diplodinium* (Schuberg, 1888) sensu novo. Annales de la Société Royale Zoologique Belgique. 1970. 100, 275–312.
19. Корнилова, О.А. Метод комплексного обследования фауны эндобионтных инфузорий // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных: сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 4. – СПб.: ТЕССА, 2004. – С. 75–77.

References

1. Jameson, A.P. A new ciliate *Charon ventriculi* n.g., n.sp. from the stomach of ruminants. Parasitology. Vol. 17. Iss. 4. 1925, pp. 403–405. – doi: <https://doi.org/10.1017/S0031182000004807>.

2. Kornilova, O.A. Endobiontnye infuzorii mlekopitayushchikh // Funktsional'naya morfologiya, ekologiya i zhiznennye tsikly zhivotnykh. Sbornik nauchnykh trudov kafedry zoologii RGPU im. A.I. Gertsena. Vypusk 6 // SPb: TESSA, 2006, pp. 21–78.
3. Hsiung, T.S. 1929. Investigation of the protozoan fauna of the large intestine of the horse. J. Parasitol. 16:99.
4. Hsiung, T.S. 1931. Protozoal fauna of the rumen of Chinese sheep. Bull. Fan Mem. Inst. Biol. 2:29-43.
5. Hsiung, T.S. 1932. A general overview of the protozoan fauna of the rumen of Chinese cattle. Bull. Fan Mem. Inst. Biol. 3:87-107.
6. Syrjilii, L., Saloniemi, H. and Laalahti, L. 1976. The position and volume of the rumen microbiota of sheep feeding on grass silage with various additives of sucrose, starch and cellulose. J. Sci. Agric. Finl. 48: 138-153.
7. Dehority, B.A., Mattos, W R. Diurnal changes and effect of ration on concentrations of the rumen ciliate *Charon ventriculi*. Appl Environ Microbiol. 1978. 36(6). pp. 953–958. doi: 10.1128/aem.36.6.953-958.1978.
8. Ivankova, A.A. 'Distribution and number of infusoria in different parts of the stomach of a domestic bull (BOS TAURUS) from agricultural farms in the south of the Tyumen region' // Korrektsiya ekologicheskogo neblagopoluchiya. Produkty pitaniya. 2010. pp.2037–2040.
9. Chistyakov, S.V. 'Participation of rumen infusoria in the digestion of fiber by ruminants' / S. V. Chistyakov, A.V. Vostroilov // Zoologicheskii zhurnal. 2004. T. 83, № 10. pp. 1197–1205.
10. Kittelmann, S., Devente, S.R., Kirk, M.R., Seedorf, H., Dehority, B.A., Janssen P.H. Phylogeny of intestinal ciliates, including *Charonina ventriculi*, and comparison of microscopy and 18S rRNA gene pyrosequencing for rumen ciliate community structure analysis / Appl Environmental Microbiol. 2015 Apr.; 81(7):2433-44. doi: 10.1128/AEM.03697-14. Epub 2015, Jan 23.
11. Dogel', V.A. 'Protozoa are the simplest. Small-leaf infusoria - Infusoria Oligotricha. Sem. Ophryoscolecidae. The determinant of the fauna of the USSR' / V. A. Dogel'. – L.: AN SSSR, 1929. – 96 s..
12. Kornilova, O.A. The determinant of infusoria living in the digestive tract of mammals. Sbornik nauchnykh trudov kafedry zoologii RGPU im. A.I. Gertsena. Vypusk 10 // SPb: TESSA, 2010. pp. 59-94.
13. Dehority, B.A. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa, CRC Press, Boca Raton, FL.27. 1993. 128 pp.
14. Lubinsky, G. Ophryoscolecidae (Ciliata: Entodiniomorphida) of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from the Canadian Arctic // Canadian Journal of Zoology. 1958. №5. Volume 36.
15. Westerling, B. Rumen ciliate fauna of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in Finland: composition, volume and some seasonal variations // Acta zool.Fenn.1970,27,N1.1–76.
16. Latteur, B. Revision systematique de la famille des Ophryoscolecidae Stein, 1898, sous-famille des Entodiniinae Lubinsky, 1957, genre *Entodinium* Stein, 1858. Annales de la Societe royale zoologique de Belgique. 1968. 98 (1): 1–41.
17. Latteur, B. Revision systematique de la famille de Ophryoscolecidae Stein 1858, sous-famille des Entodiniinae, Lubinsky 1957, genre *Entodinium* Stein 1858. Annales de la Societe royale zoologique de Belgique. 1969. 99 (1–2): 3–25.
18. Latteur, B. Révision systématique de la famille des Ophryoscolecidae Stein, 1858, sous-famille des Diplodiniinae Lubinsky, 1957, genre *Diplodinium* (Schuberg, 1888) sensu novo. Annales de la Société Royale Zoologique Belgique. 1970. 100, 275–312.
19. Kornilova O.A. 'Method of complex examination of the fauna of endobiont infusoria' // Funktsional'naya morfologiya, ekologiya i zhiznennye tsikly zhivotnykh. Sbornik nauchnykh trudov kafedry zoologii RGPU im. A.I. Gertsena. Vypusk 4 // SPb: TESSA, 2004, pp. 75–77.

Сведения об авторах

Мачахтыров Григорий Николаевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории воспроизводства и физиологии животных, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального

государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», SPIN-код: 2088-3016.

Мачахтырова Варвара Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории воспроизводства и физиологии животных, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», SPIN-код: 6781-3467.

Андреева Марина Витальевна – кандидат ветеринарных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории воспроизводства и физиологии животных, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», SPIN-код: 6417-0165.

Шадрина Яна Лаврентьевна – кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник лаборатории воспроизводства и физиологии животных, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», SPIN-код: 6121-0532.

Information about the authors

Machakhtyrov Grigory Nikolaevich – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Animal Reproduction and Physiology, M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", SPIN-code: 2088-3016.

Machakhtyrova Varvara Anatolyevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Animal Reproduction and Physiology, M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", SPIN-code: 6781-3467.

Andreeva Marina Vitalievna – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Animal Reproduction and Physiology, M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", SPIN-code: 6417-0165.

Shadrina Yana Lavrentievna – Candidate of Veterinary Sciences, Researcher, Laboratory of Animal Reproduction and Physiology, M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", SPIN-code: 6121-0532.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

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

Статья поступила в редакцию 29.05.2023; одобрена после рецензирования 08.08.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 29.05.2023; approved after reviewing 08.08.2023; accepted after publication 16.08.2023.

Научная статья
УДК 636.11.082:575
Код ВАК 4.2.4
doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-57-65

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ВЛАДИМИРСКОЙ ПОРОДЫ ЛОШАДЕЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ЕЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ КАЧЕСТВ**

Анна Вячеславовна Борисова¹, Анастасия Викторовна Санганаева²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», 391105, Российская Федерация, Рязанская область, Рыбновский район, посёлок Дивово, vniik63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0034-8747>

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», 196601, Российская Федерация, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Петербургское шоссе, д. 2, asyvs@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5529-9949>

Реферат. Владимирская порода – ценнейшая отечественная тяжеловозная порода лошадей, находящаяся на грани исчезновения в связи с малочисленностью поголовья (233 головы). В настоящее время лошади этой породы, крупные, экстерьерно-правильные, эффектные, нарядные, с уравновешенным темпераментом и универсальным видом использования, обретают все большую популярность. В связи с чем и племенная работа с породой должна выстраиваться таким образом, чтобы получать лошадей, отвечающих запросам рынка, что будет способствовать наращиванию поголовья и сохранению ценнейшего генофонда. Цель исследования – проанализировать современное состояние владимирской породы лошадей, определить пути совершенствования хозяйственно-полезных признаков. Объектом исследований служили 233 лошади владимирской породы, материалом – данные племенного учета с 1990 г. по 2022 г. В результате исследований установлено незначительное снижение поголовья лошадей владимирской породы за 12-летний период на 5,7%. При этом в 2 раза возросло число хозяйств, занимающихся разведением породы, что указывает на рост интереса коневладельцев. Линейная структура породы представлена 9 линиями, из которых лидирующие позиции по числу представителей занимают лучшие линии Литого и Холода, что дает возможность породе прогрессировать и сохранять биологическое разнообразие, несмотря на ограниченность популяции. Во владимирской породе достигнуты оптимальные параметры величин промеров, что соответствует спросу на крупную лошадь. Изменчивость промеров имеет небольшие колебания 2,1–3,3%, что указывает на консолидированность поголовья по данным показателям и стабилизирующий характер отбора. В породе преобладают лошади типичной для нее гнедой (84,5%) и вороной (9,9%) масти. Однако стоит сохранить разнообразный мастный состав, что в будущем позволит скорректировать племенную работу в соответствии с меняющимся спросом рынка.

Ключевые слова: владимирская порода, линия, биологическое разнообразие, масть, промеры

Цитирование. Борисова А.В., Санганаева А.В. Современное состояние владимирской породы лошадей и совершенствование ее хозяйственно-полезных качеств // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 57-65, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-57-65

CURRENT STATE OF THE VLADIMIR BREED OF HORSE
AND IMPROVEMENT OF ITS ECONOMIC AND USEFUL QUALITIESAnna V. Borisova¹, Anastasia V. Sanganaeva²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Horse Breeding", vniik63@mail.ru, 391105, Russian Federation, Ryazan Region, Rybnovsky District, Divovo settlement, vniik63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0034-8747>

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", asyvs@mail.ru, 196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2, asyvs@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5529-9949>

Abstract. The Vladimir breed is the most valuable domestic heavy-carriage breed of horses, which is on the verge of extinction due to the small number of stock (233 heads). Nowadays, horses of this breed, large, exterior-correct, spectacular, dressy, with a balanced temperament and universal type of use, are gaining popularity. In this regard, breeding work with the breed should be organised in such a way as to obtain horses that meet market demands, which will contribute to increasing the number of horses and preserving the valuable gene pool. The aim of the study is to analyse the current state of the Vladimir horse breed, to determine ways to improve economically useful traits. The object of research was 233 horses of the Vladimir breed, the material – the data of breeding records from 1990 to 2022. As a result of the research, a slight decrease in the number of horses of the Vladimir breed for the 12-year period by 5.7% was established. At the same time, the number of farms engaged in breeding the breed has increased twofold, indicating the growing interest of horse owners. The line structure of the breed is represented by 9 lines, of which the leading positions by the number of representatives are occupied by the best lines of Cast and Cold, which enables the breed to progress and preserve biological diversity, despite the limited population. In the Vladimir breed, the optimal parameters of measurement values have been achieved, which corresponds to the demand for large horses. The variability of measurements has small fluctuations of 2.1-3.3%, indicating that the herd is consolidated in these parameters and that selection is stabilising. The breed is dominated by horses with typical nesting (84.5%) and crow (9.9%) colours. However, it is worth retaining a diverse mast composition, which will allow future breeding work to be adjusted to changing market demand.

Keywords: *Vladimir breed, line, biodiversity, color, measurements*

Citation. Borisova A.V., Sanganaeva A.V. (2023) 'Current state of the Vladimir breed of horse and improvement of its economic and useful qualities', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3, pp. 57-65 (In Russ.) . doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-57-65

Введение. Владимирская порода – ценнейшая отечественная тяжеловозная порода лошадей. Ее поголовье всегда было не столь многочисленным, как других отечественных тяжеловозов в СССР. Однако она имела достаточные племенные ресурсы для успешной эволюции [1–4].

В настоящее время основными предприятиями, занимающимися разведением племенных лошадей владимирской породы, являются ООО «Племенной конный завод – Монастырское подворье», ООО «Растениеводческое хозяйство Родина» (Ивановская область) [3], ГБУ Владимирской области «Государственная заводская конюшня им. В.И. Фомина», а так же крестьянско-фермерские хозяйства «Неженский С.М.» (г. Краснодар), «Гольцова Н.Н.» (Ленинградская область), «Ваваев А.Ю.» (Московская область), частный владелец Терегеря Ю.И. (Ростовская область) и ряд более мелких хозяйств, имеющих небольшое поголовье лошадей.

Все отечественные тяжеловозные породы лошадей, в том числе и владимирская, создавались для выполнения тяжелых работ на сельскохозяйственных предприятиях, поэтому и племенная работа с ними была ориентирована на совершенствование работоспособности, что соответствовало требованиям времени.

В настоящее время владимирская порода приобретает популярность не только в качестве тягловой силы, но и как крупная, экстерьерно-правильная, эффектная, нарядная лошадь с уравновешенным темпераментом и универсальным видом использования [10]. В связи с чем и племенная работа с породой должна выстраиваться таким образом, чтобы получать лошадей, отвечающих запросам коневладельцев, что в свою очередь должно способствовать наращиванию поголовья и сохранению ценнейшего генофонда.

Цель исследования – проанализировать современное состояние владимирской породы лошадей, определить пути совершенствования хозяйственно-полезных признаков, соответствующих современным требованиям.

Материалы, методы и объекты исследований. Для проведения мониторинга численности поголовья лошадей владимирской породы и оценки ее биологического разнообразия проанализирована линейная структура породы. Анализ хозяйственно-полезных признаков проведен по основным промерам лошадей и разнообразию встречающихся мастей.

Объектом исследований служили 233 лошади владимирской породы. Для работы использованы данные племенного учета, поступившие в ФГБНУ «ВНИИ коневодства» с 1990 г. по 2022 г. Основной статистические материал был обработан с использованием статистического блока, включенного в программный пакет Microsoft Excel 2010.

Результаты исследований. Довольно длительное время владимирская порода относится к породам с ограниченным генофондом и угрожающим статусом [5, 7, 9] и на 2022 г. насчитывала всего 233 чистопородные племенные лошади (рисунок 1). За двенадцатилетний период поголовье лошадей изменилось незначительно, снизившись на 5,7%. Однако стоит отметить, что за прошедший период наблюдались как положительная динамика, так и отрицательная. Самое малочисленное поголовье лошадей владимирской породы было в 2014 г. – 170 голов, что на 27,0% меньше, чем в 2022 г. Вероятно, сокращение поголовья лошадей в 2013–2014 гг. связано с ликвидацией племенного конного завода «Гаврилово-Посадский» и продажей части племенного поголовья в ООО «Растениеводческое хозяйство Родина» и в частные руки.

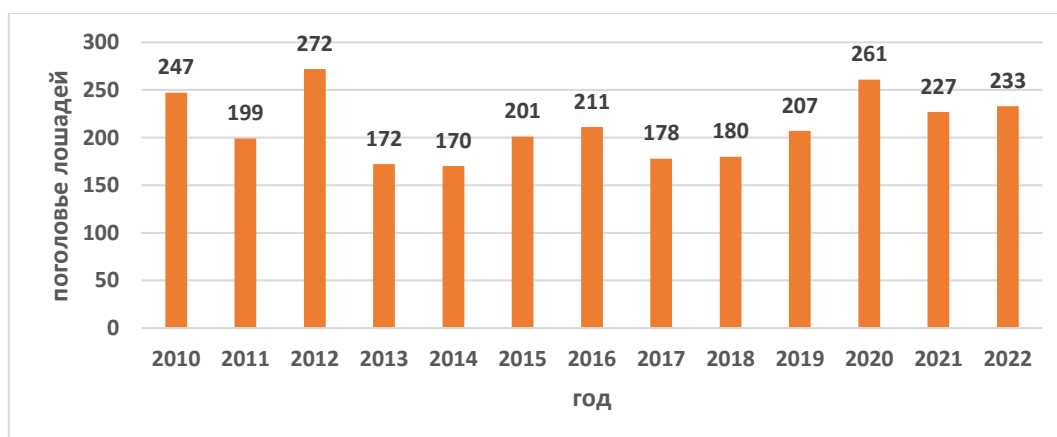


Рисунок 1. Динамика численности племенного поголовья лошадей владимирской породы

Figure 1. Dynamics of the number of breeding stock of the Vladimir draft breed

В настоящее время владимирская порода все чаще пользуется спросом на рынке лошадей за универсальность, красоту и уравновешенность темперамента, в результате чего растет количество коневладельцев. За период 2010–2022 гг. в 2,3 раза (с 7 до 16) увеличилось число хозяйств, занимающихся разведением лошадей владимирской породы, что дает надежду на перспективное развитие и увеличение их поголовья (рисунок 2).

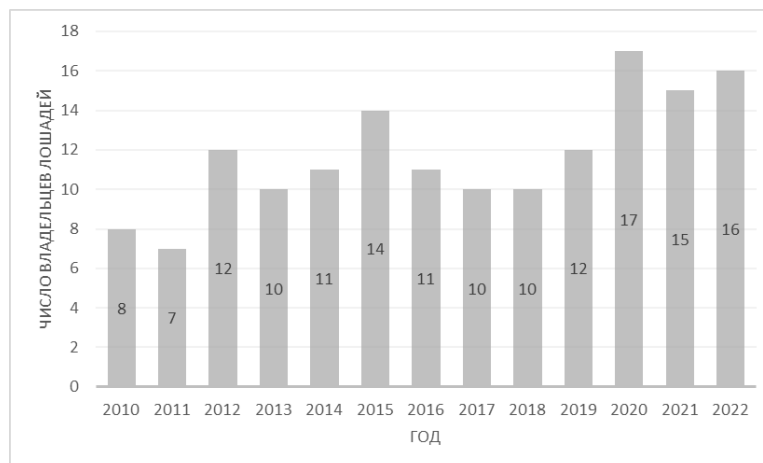


Рисунок 2. Динамика численности владельцев племенных лошадей владимирской породы
Figure 2. Dynamics of the number of owners of breeding horses of the Vladimir breed

Совершенствование породы невозможно без оптимальной линейной структуры и поддержания достаточного генетического разнообразия, особенно важного для малочисленных пород [1; 7; 8].

В период формирования породы (1949–1964 гг.) в ней функционировало 12 линий [8], в 1990 г. – 10 линий (таблица 1). С 1995 г. по настоящее время жеребцы-производители владимирской породы являются представителями 9 линий. За исследуемый период исчезли представители линий выводных клейдесдалей Крейджи Хайгейта, Бордер Бренда, Лорда Джеймса и других [8].

Стоит отметить рост числа жеребцов-производителей за исследуемый период с 21 до 55 голов – в 2,6 раза, что может свидетельствовать о развитии породы и повышении спроса на нее. Увеличилось количество представителей малочисленных линий Сильвер Гоблета и Кабестана. Подавляющее большинство жеребцов-производителей относятся к лучшей линии владимирской породы Литого – 34,5%.

Таблица 1. Динамика линейной структуры жеребцов-производителей владимирской породы в период с 1990 по 2022 г.

Table 1. Dynamics of the linear structure of stallions-producers of the Vladimir draft breed in the period from 1990 to 2022

Линия	Количество производителей, голов					
	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2022 г.
Литого	4	6	5	11	7	19
Холода	3	4	2	2	5	5
Глен Албина	2	3	2	4	2	5
Шерифа	2	2	3	4	3	3

Продолжение таблицы 1

Сильвер Гоблета	1	1	2	2	2	5
Сибарита	3	3	2	2	2	4
Кабестана	1	1	1	1	1	4
Аргуса	1	1	1	1	1	3
Крейджи Хагейта	1	-	-	-	-	-
Стандарта	3	2	2	2	3	7
Всего жеребцов-производителей	21	23	20	29	26	55

В период с 2010 по 2020 г. маточное поголовье было представлено 8 линиями. Среди кобыл не было представительниц линии Аргуса (таблица 2), что, вероятно, связано со злобливостью в темпераменте кобыл и их низким качеством.

Таблица 2. Динамика линейной структуры племенных кобыл владимирской породы в период с 2000 по 2022 г.

Table 2. Dynamics of the linear structure of broodmares of the Vladimir breed in the period from 2000 to 2022

Линия	Количество племенных кобыл, голов					
	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2022 г.
Литого	16	22	48	61	82	57
Холода	7	12	15	11	31	25
Глен Албина	2	7	15	14	12	8
Стандарта	3	8	18	27	39	17
Сибарита	5	6	4	6	7	9
Сильвер Гоблета	2	1	1	1	12	14
Кабестана	1	2	1	3	6	3
Шерифа	2	3	4	10	16	25
Аргуса	1	1	-	-	-	10
Всего кобыл	39	62	106	133	205	168

В линейной структуре маточного поголовья преобладали кобылы линии Литого, Холода, Глен Албина и Стандарта, менялась лишь доля каждой линии в общепородной структуре. В 2022 г. лидирующие позиции по числу маток занимали линии Литого (33,9%), Холода и Шерифа (по 14,9%), Стандарта (10,1%). В племенное ядро вошли 10 (5,9% от общего поголовья) маток линии Аргуса, которых не было в структуре с 2005 г. Стоит отметить сокращение числа кобыл одной из лучших линий в породе – Глен Албина. За прошедшие 12 лет число маток этой линии снизилось практически в 2 раза – с 15 до 8 голов.

Таким образом, можно говорить о том, что во владимирской породе сохраняется полилинейность (рисунок 3). Наиболее многочисленной линией является линия Литого – 34% (19 жеребцов-производителей и 57 маток). Равное число представителей имеют линии Холода (5 и 25 соответственно) и Шерифа (3 и 25 соответственно) – по 13% от общего поголовья лошадей. Самой малочисленной остается довольно длительное время линия Кабестана – 3% от общего поголовья племенных лошадей (4 жеребца-производителя и 3 кобылы).

Преобладание в линейной структуре племенного поголовья лучших линий Литого и Холода дает возможность породе прогрессировать, а разветвленная генеалогическая структура – сохранить биологическое разнообразие ценнейших качеств лошадей, что

особенно важно для малочисленных пород в условиях рыночной экономики. Одной из основных задач дальнейшей племенной работы с владимирской породой является использование ценного генетического потенциала с усилением влияния лучших линий на основе принципа взаимодополняемости.

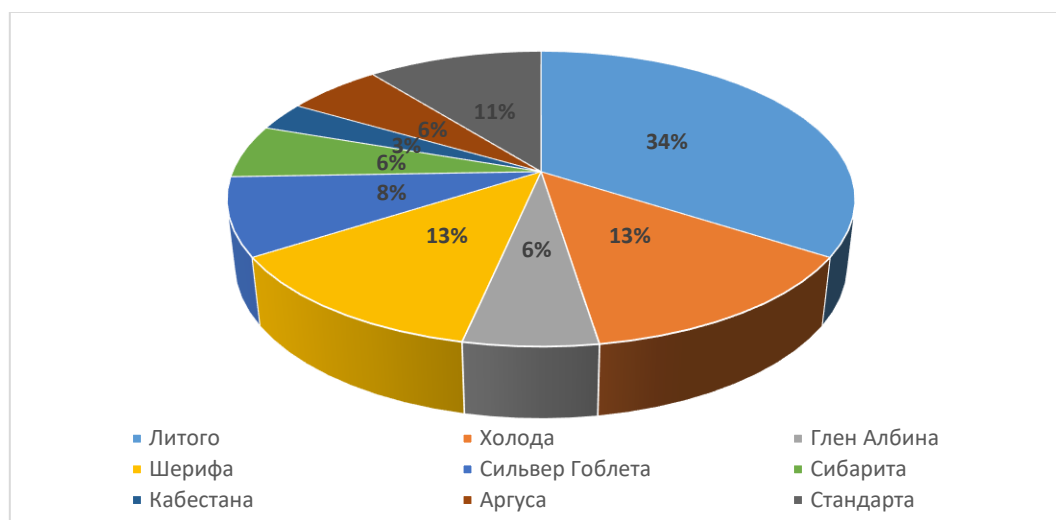


Рисунок 3. Линейная структура племенного поголовья лошадей владимирской породы на 2022 г.
Figure 3. Linear structure of the breeding stock of horses of the Vladimir breed for 2022

За период с 1993 по 2020 г. существенных изменений величин промеров не наблюдалось (таблица 3). Наиболее стабильные показатели промеров имели лошади конного завода «Монастырское подворье». Величины промеров лошадей этого конного завода колеблются в пределах 0,4–2,3 см, что указывает на ведение целенаправленной племенной работы по данным показателям.

Таблица 3. Промеры кобыл владимирской породы в период 1993–2020 гг.
Table 3. Measurements of mares of the Vladimir breed in the period 1993-2020

Периоды	n	Промеры											
		высота в холке			косая длина			обхват груди			обхват пясти		
		M ± m	δ	Cv	M ± m	δ	Cv	M ± m	δ	Cv	M ± m	δ	Cv
ПКЗ «Гаврилово–Посадский» (с 2014 г. ООО «РХ Родина»)													
1993	74	166 ± 0,6	4,7	2,8	168,7 ± 0,6	5,0	2,9	197,4 ± 1,1	9,8	4,9	23,2 ± 0,08	0,8	3,2
2002	44	164,9 ± 0,4	2,9	1,8	173,7 ± 0,8	5,3	3,1	204,8 ± 1,3	8,5	4,2	23,0 ± 0,14	0,9	3,9
2009	70	166,5 ± 0,4	3,0	1,8	175,2 ± 0,4	3,5	1,9	206,6 ± 0,8	7,0	3,4	23,1 ± 0,10	0,9	3,9
2020	47	167,9± 0,5	3,3	2,1	176,2± 0,6	4,6	2,4	207,2± 0,7	6,5	3,3	23,3 ±0,14	0,6	3,1
ПКЗ «Монастырское подворье»													
1993	68	165,3 ± 0,4	3,4	2,1	172,5 ± 0,5	4,4	2,6	206,2 ± 0,7	6,1	2,9	23,2 ± 0,10	0,7	3,0
2002	55	165,7 ± 0,5	3,8	2,3	173,9 ± 0,8	5,8	3,3	209,7 ± 1,0	7,5	3,6	23,6 ± 0,30	0,8	3,5
2009	54	165,3 ± 0,6	4,2	2,6	172,9 ± 0,7	5,1	2,7	208,3 ± 0,8	5,8	2,8	23,7 ± 0,10	0,7	3,0
2020	55	164,8 ± 0,4	3,7	2,1	170,5 ± 0,4	4,8	2,2	208,5 ± 0,6	5,6	2,9	23,6 ± 0,10	0,7	2,9

Лошади Гаврилово-Посадского конного завода (с 2014 г. ООО «РХ Родина») за прошедший период на 1,9 см увеличили высоту в холке, на 7,5 см – косую длину туловища, на 9,8 см – обхват груди и на 0,1 см – обхват пясти, превосходя по первым двум промерам лошадей конного завода «Монастырское подворье». Однако последние имеют большие объемы груди и пясти – на 1,3 и 0,3 см соответственно.

Изменчивость промеров в настоящее время колеблется в промежутке от 2,1% до 3,3%, что указывает на консолидированность поголовья по данным показателям и стабилизирующий характер отбора. В породе достигнуты оптимальные параметры величин промеров. Следовательно, современная владимирская лошадь по крупности отвечает предъявляемым к ней требованиям.

Особую нарядность и самобытность владимирской породе придает ее масть с характерными белыми отметинами на голове и конечностях [8]. Среди лошадей владимирской породы наиболее широко распространена гнедая масть различных оттенков, на долю которой приходится 84,5% лошадей, 9,9% лошадей – вороные, 3,4% – караковые, на рыжую и бурую масти приходится 2,2% поголовья (рисунок 4).

Наиболее разнообразное по мастям поголовье разводится в конном заводе «Монастырское подворье». Таким образом, можно констатировать преобладание в племенном поголовье лошадей владимирской породы типичной для нее гнедой и вороной мастей, что отвечает запросам коневладельцев.

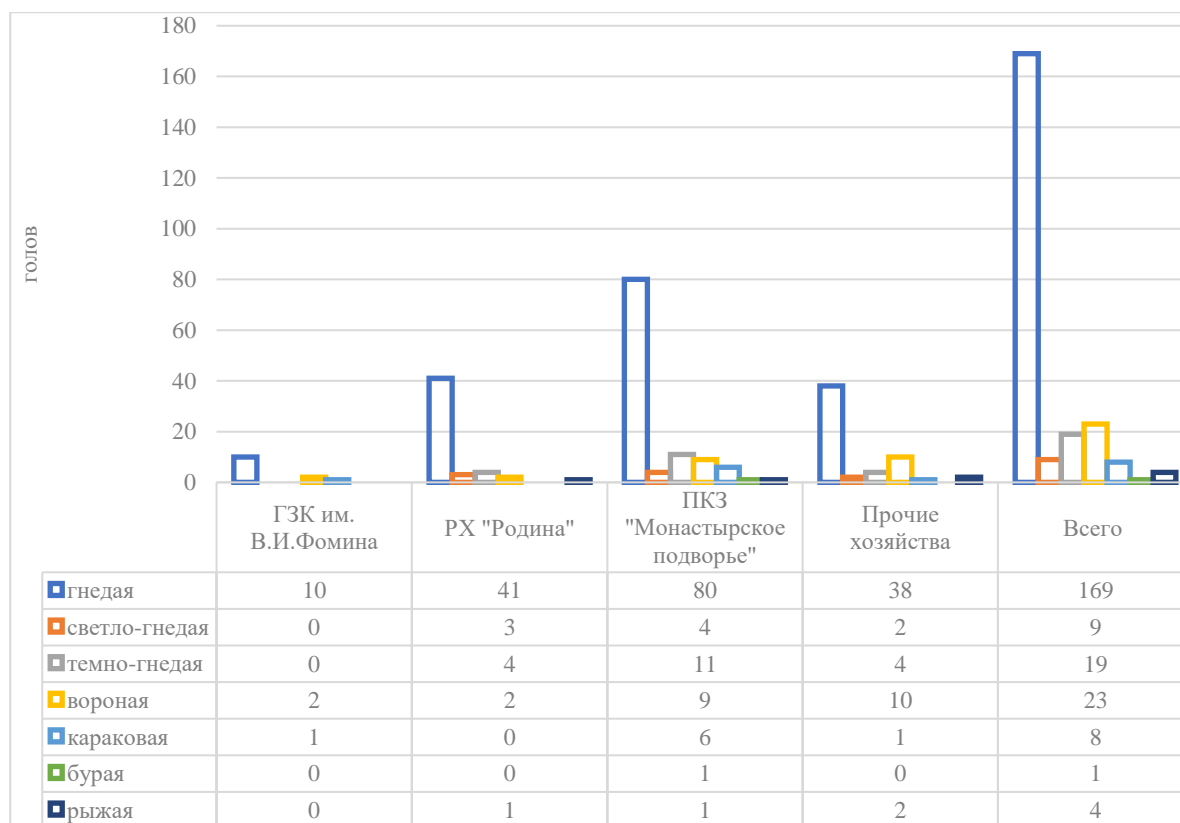


Рисунок 4. Распределение племенных лошадей владимирской породы по мастям
Figure 4. Distribution of breeding horses of the Vladimir breed by color

Стоит отметить, что достаточно большое количество мастей, культивируемых в породе, является показателем биологического разнообразия, а сохранение небольшого количества

лошадей других мастей позволит иметь возможность скорректировать племенную работу в связи с меняющимся спросом рынка.

Выводы. Владимирская порода имеет ограниченный генофонд, насчитывающий 233 головы чистопородных лошадей. За последние 12 лет поголовье лошадей находилось в диапазоне от 170 до 272 голов, снизившись к настоящему времени на 5,7%. Несмотря на это, в 2 раза возросло число хозяйств, разводящих породу, что указывает на перспективность ее развития.

В линейной структуре владимирской породы преобладают представители лучших линий Литого и Холода, что дает возможность породе прогрессировать, а наличие большого числа линий позволяет сохранить биологическое разнообразие.

Лошади владимирской породы консолидированы по промерам, изменчивость которых имеет небольшие колебания (2,1–3,3%), что свидетельствует о стабилизирующем характере отбора по данным показателям.

В породе преобладают лошади типичной для нее гнедой (84,5%) и вороной (9,9%) мастей. Однако стоит сохранить разнообразный мастный состав, что в будущем позволит скорректировать племенную работу в соответствии с меняющимся спросом рынка.

Список источников литературы

1. Алексеева, Е.И. Методы селекции в условиях малочисленных популяций на примере владимирской и советской тяжеловозных пород лошадей / Е. И. Алексеева, А. В. Борисова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56. – С. 118–123.
2. Борисова, А.В. Владимирской породе 75 лет / А. В. Борисова // Коневодство и конный спорт. – 2021. – № 5. – С. 21–24.
3. Муланги, Е.В. Хозяйственно полезные качества лошадей владимирской и советской тяжеловозных пород разных заводских типов: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Елена Владимировна Муланги. – М., 2015. – 22 с.
4. Гусева, Т.Ю. Владимирская порода лошадей – ценнейший генофонд отечественного коневодства / Т. Ю. Гусева // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2022. – № 1(5). – С. 6–13.
5. Амелина, В.А. Динамика генеалогической структуры племенного репродуктора по выращиванию владимирской породы / В. А. Амелина, Т. М. Горбовская // Аграрный вестник Приморья. – 2019. – № 3 (15). – С. 27–29.
6. Мазилкин, И.А. Определение племенной ценности лошадей различных внутривидовых типов владимирской тяжелоупряжной породы / И. А. Мазилкин // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1(30). – С. 90–96.
7. Блохина, Н.В. Генетическая характеристика линий владимирской породы / Н. В. Блохина // Коневодство и конный спорт. – 2019. – № 3. – С. 6–8.
8. Санганаева, А.В. Динамика генотипических и фенотипических характеристик владимирской породы лошадей: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Анастасия Викторовна Санганаева. – Чебоксары, 2012. – 24 с.
9. Мазилкин, И.А. Влияние степени инбредности кобыл владимирской тяжелоупряжной породы на их развитие и рабочие качества / И. А. Мазилкин // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2022. – № 1(38). – С. 32–35.
10. Мазилкин, И.А. Влияние типов высшей нервной деятельности лошадей владимирской тяжелоупряжной породы на экстерьер, племенную ценность и рабочие качества / И. А. Мазилкин // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2021. – № 1(65). – С. 88–93.

References

1. Alekseeva, E.I., Borisova, A.V. (2019) 'Methods of breeding in conditions of small populations on the example of the Vladimir and Soviet heavy horse breeds', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 56, pp. 118-123 (in Russ.).

2. Borisova, A.V. (2021), 'Vladimir breed is 75 years old', *Horse breeding and equestrian sports*, no. 5, pp. 21-24 (in Russ.).
3. Mulangi, E.V. (2015) 'Economically useful qualities of horses of Vladimir and Soviet heavy-duty breeds of different factory types': abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.02.10, M., 22 p. (in Russ.).
4. Guseva, T.YU. (2022) 'The Vladimir breed of horses is the most valuable gene pool of domestic horse breeding', *Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region*, no. 1 (5), pp. 6–13 (in Russ.).
5. Amelina, V.A. (2019) 'Dynamics of the genealogical structure of the breeding reproducer for the cultivation of the Vladimir breed', *Agrarian Bulletin of Primorye*, no. 3 (15), pp. 27–29 (in Russ.).
6. Mazilkin, I.A. (2020) 'Determination of the breeding value of horses of various intrabreed types of the Vladimir heavy-duty breed', *Agrarian Bulletin of the Upper Volga region*, no. 1(30), pp. 90–96 (in Russ.).
7. Blohina, N.V. (2019) 'Genetic characteristics of the Vladimir breed lines', *Horse breeding and equestrian sports*, no. 3, pp. 6–8 (in Russian).
8. Sanganaeva, A.V. (2012) 'Dynamics of genotypic and phenotypic characteristics of the Vladimir horse breed': abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.02.10, Cheboksary, 24 p. (in Russ.).
9. Mazilkin, I.A. (2022), 'The influence of the degree of inbred mares of the Vladimir heavy-strain breed on their development and working qualities', *Agrarian Bulletin of the Upper Volga region*, no. 1(38), pp. 32–35 (in Russ.).
10. Mazilkin, I.A. (2021) 'The influence of the types of higher nervous activity of horses of the Vladimir heavy-strain breed on the exterior, breeding value and working qualities', *Modern high-tech technologies. Regional application*, no. 1 (65), pp. 88-93 (in Russ.).

Сведения об авторах

Борисова Анна Вячеславовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», SPIN-код: 9420-2428.

Санганаева Анастасия Викторовна – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры крупного животноводства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 2284-1349.

Information about the authors

Anna V. Borisova – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Horse Breeding", SPIN-code: 9420-2428.

Anastasia V. Sanganaeva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 2284-1349.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Статья поступила в редакцию 12.07.2023; одобрена после рецензирования 18.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 12.07.2023; approved after reviewing 18.08.2023; accepted after publication 22.08.2023.

Научная статья

УДК 621.548: 621.311.24

Код ВАК 4.3.2

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-66-72

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ДВУХРОТОРНОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ОБЪЕКТАХ АПК

Виталий Алексеевич Алексеенко

Ставропольский государственный аграрный университет, переулок Зоотехнический, д. 12,
г. Ставрополь, Ставропольский край, 355017, Россия, v.a.alexeenko81@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-3638-2234>

Реферат. Энергоснабжение малых сельскохозяйственных предприятий (СХП), удаленных на значительные расстояния от энергосетей, должно обеспечиваться с учетом высокого уровня механизации и электрификации производства, а также повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции. Одним из путей энергообеспечения СХП является применение ветроэлектрических установок малой мощности в районах РФ со среднегодовой скоростью ветра не менее 4,5 м/с. Эксплуатация ветроэлектрических станций (ВЭС) связана с использованием большого количества аккумуляторных батарей (АКБ), обеспечивающих накопление электрической энергии и ее дальнейшее использование. Анализ энергообеспечения технологических процессов показал, что значительные финансовые затраты требуются на замену аккумуляторных батарей по истечению срока эксплуатации емкостью 2,9 тыс. А·ч для мини-фермы на 10 голов. Для сокращения энергозатрат предлагается применение вертикально-осевой двухроторной ветроэнергетической установки (ВОДРВЭУ) с возможностью подключения различных устройств напрямую, без преобразования механической энергии в электрическую. При этом необходимая емкость АКБ в сравнении с ВЭС сократится в 8 раз. При таком подходе эффективность применения ВОДРВЭУ целесообразно рассматривать в сравнении с альтернативными вариантами энергоснабжения децентрализованных СХП с учетом применения традиционных и возобновляемых источников энергии, то есть, ВЭС и дизельной электростанции (ДЭС). При условии эксплуатации установок на территориях со среднегодовой скоростью ветра 4,5 м/с и с учетом повышенных инфляционных рисков и последующей стабилизации экономики СХП на изменения себестоимости 1 кВт·ч эксплуатации на основании прогностического расчета за 10 лет, установлено преимущество совместного применения возобновляемых и традиционных ресурсов для энергообеспечения СХП на примере мини-фермы на 10 коров.

Ключевые слова: энергоснабжение, мини-ферма, ветроустановка, применение, эффективность

Цитирование. Алексеенко В.А. Эффективность применения вертикально-осевой двухроторной ветроэнергетической установки на объектах АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 66-72, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-66-72

APPLICATION EFFICIENCY OF A VERTICAL-AXIS TWO-ROTOR WIND POWER PLANT AT AGRICULTURAL FACILITIES

Vitaly A. Alekseenko

Stavropol State Agrarian University, Zootechnical Lane, d 12, Stavropol, Stavropol Region, 355017, Russia,
v.a.alexeenko81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3638-2234>

Abstract. The energy supply of small agricultural enterprises (SAEs), remote at considerable distances from the power grid, should be provided taking into account the high level of mechanization and electrification

of production, as well as increasing labor productivity and reducing the production costs. One of the ways of energy supply of agricultural enterprises is the use of low-power wind power plants in the regions of the Russian Federation with an average annual wind speed of at least 4.5 m/s. The operation of wind power plants (WPPs) involves the use of a large number of storage batteries (Batteries) to store electrical energy and its further utilisation. The analysis of energy supply of technological processes has shown that considerable financial expenses are required for replacement of storage batteries at the end of their service life with capacity of 2.9 thousand Ah for a mini-farm for 10 heads. To reduce energy costs, it is proposed to use a vertical-axial two-rotor wind power plant (VATRWPP) with the ability to connect various devices directly, without converting mechanical energy into electrical energy. At the same time, the required battery capacity in comparison with the wind farm will be reduced by 8 times. With this approach, it is advisable to consider the effectiveness of the use of water power plants in comparison with alternative energy supply options for decentralized agricultural enterprises, taking into account the use of traditional and renewable energy sources, that is, wind farms and diesel power plants (DPP). Under the condition of plant operation in the territories with average annual wind speed of 4.5 m/s and taking into account the increased inflation risks and subsequent stabilisation of the farm economy on changes in the cost price of 1 kWh of operation on the basis of predictive calculation for 10 years, the advantage of joint application of renewable and traditional resources for energy supply of farms, on the example of a mini-farm for 10 cows, has been established.

Keywords: *energy supply, mini-farm, wind turbine, application efficiency*

Citation. Alekseenko V.A. (2023) 'Application efficiency of a vertical-axis two-rotor wind power plant at agricultural facilities', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3 pp. 66-72 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-66-72

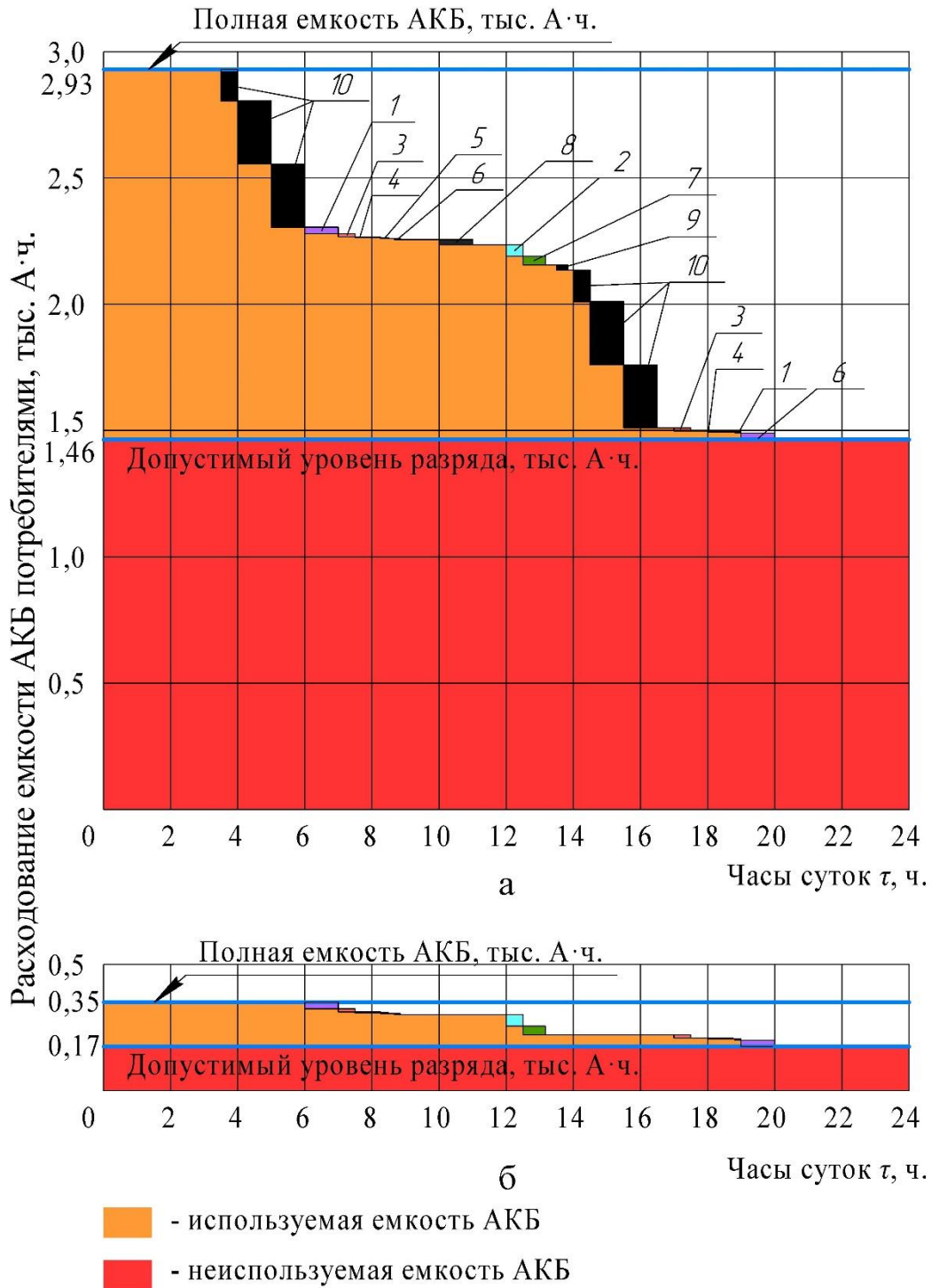
Введение. Проблему энергоснабжения мини-ферм, удаленных на значительные расстояния от энергосетей, необходимо в первую очередь рассматривать с позиции повышения эффективности энергозатрат и снижения себестоимости продукции [1; 2; 3; 4].

В настоящее время энергообеспечение удаленных энергопотребителей, в том числе и мини-ферм на 10 коров [5], в организационном и технологическом аспекте возможно за счет использования ветроэлектрических станций (ВЭС) малой мощности в районах РФ с среднегодовой скоростью ветра не менее 4,5 м/с [6; 7]. Все ВЭС работают в агрегате с аккумуляторными батареями (АКБ), снабженными контроллерами и инверторами, обеспечивающими накопление электрической энергии в АКБ и дальнейшее ее использование (см. рисунок 1).

Проведенный анализ диаграммы показал, что для обеспечения необходимого уровня механизации и электрификации технологических процессов мини-фермы на 10 голов потребуется ёмкость АКБ 2,9 тыс. А·ч, с учетом 50% их допустимого разряда. При этом в качестве базового источника, обеспечивающего зарядку АКБ в периоды безветрия, и основного источника для процесса доения коров используется дизельная электростанция (ДЭС).

Цель исследования – обоснование эффективности применения вертикально-осевой двухроторной ветроэнергетической установки с кольцевым концентратором воздушного потока в качестве автономного источника энергоснабжения удаленного сельскохозяйственного производства с учетом разделения механической энергии вращающегося вала на два потока для выработки электроэнергии и привода рабочих механизмов.

Материалы, методы и объекты исследования. Для решения поставленной задачи на мини-фермах нами предлагается вместо ВЭС применить вертикально-осевую двухроторную ветроэнергетическую установку (ВОДРВЭУ) [1].



1 – освещение; 2 – моечная установка корнеклубнеплодов; 3 – вентиляция помещения; 4 – установка для сепарирования «Сатурн-2»; 5 – маслобойка МЭ – 6; 6 – установка для фасовки молока «Фема – пак – 300»; 7 – измельчитель корнеклубнеплодов «Фермер КР-01» (380); 8 – установка для водоснабжения (Калибр НВТ-210/10); 9 – дробилка зерна «ИЗ-14(Фермер 300)»; 10 – нагреватель воды OSO Super S 120

Рисунок 1. Потребление электроэнергии АКБ на мини-ферме 10 коров, А·ч:
а) – с зарядкой от ВЭС; б) – с учетом частичной замены электрической на механическую энергию ВОДРВЭУ

Picture 1. Battery power consumption on a mini-farm of 10 cows, A·h:
a) – with charging from the wind farm; b) – taking into account the partial replacement of electrical with mechanical energy of the water supply

Вертикальный вал ВОДРВЭУ предусматривает возможность подключения различных устройств напрямую, без преобразования механической энергии в электрическую, и поэтому часть технологических операций не требует использования электрической энергии. Предлагается технологические процессы (см. рисунок 1) водоснабжение (8), приготовление концентрированных кормов (9), водонагрев (10) обеспечить за счет следующих устройств, согласующихся с эксплуатационными и энергетическим и характеристиками установки: насос поршневой садовый бытовой НБР-1 (8), валковая плющилка «Геркулес» (9), саморегулирующийся гидродинамический нагреватель (10).

Таблица 1. Характеристика технологического оборудования для энергообеспечения мини-фермы на 10 коров
Table 1. Characteristics of technological equipment for energy supply of a mini-farm of 10 cows

№ п/п	Наименование показателей	I вариант использования	II вариант использования	III вариант использования
		ВЭУ (ОСА 3000-24)	ВО ДРВЭУ	ДЭС (YDG6600TN-5EB)
1	Потребляемая мощность электрогенератора, кВт	3	1,0	–
2	Механическая мощность на валу, кВт	–	3	–
3	Мощность дизельной электростанции, кВт	5	5	5
4	Стоимость ветроагрегата (без учета стоимости электрогенератора) [9], руб.	154695	123240	–
5	Стоимость дополнительного контроллера [9], ВЭС «ОСА 3000», РВЭУ «ОСА 1000», руб.	23 805	18 515	–
6	Стоимость электрогенератора [9], руб.	155 000	68 000	–
7	Стоимость конструкции опоры (8 м) [9], руб.	48 000	–	–
8	Стоимость устройства инвертора [9], ВЭС – 6 000 Вт; РВЭУ – 3 000 Вт, руб.	66 900	44 800	–
9	Стоимость транспортных и монтажных (10% от стоимости ветроагрегата), руб.	15470	12324	–
10	Стоимость ТО и ремонта ВЭУ (0,005% от стоимости ветроагрегата), руб.; ВОДРВЭУ (0,02% от общей стоимости ветроагрегата), руб.	775	2463	–
11	Стоимость ДЭС мощностью 5 кВт [10], руб.	240 275	240 275	240 275
12	Стоимость Тои ремонта ДЭС (0,15% от стоимости электростанции), руб.	36 041	36 041	36 041
13	Ресурс электрогенератора ДЭС [10], ч	100 000	100 000	100 000
14	Удельный расход топлива [10], л/кВт·ч	0,58	0,58	0,58
15	Тип и марка АКБ	Delta GX-12-200	Delta GX-12-200	–
16	Суммарная емкость, А·ч	2900	350	–
17	Емкость одного АКБ, А·ч	200	200	–
18	Требуемое количество АКБ, шт.	15	2	–
19	Стоимость одной АКБ, [9] руб.	16 900	16 900	–
20	Суммарная стоимость АКБ, руб.	253 500	33 800	–

Годовая выработка энергии со среднегодовой скоростью ветра 4,5 м/с, исходя из повторяемости скоростей ветра по М.М. Поморцеву, для ВОДРВЭУ и ВЭС «ОСА 3000-24» с коэффициентом использования энергии ветра 0,21 и 0,34 составляет 1703,0 и 3746,6 кВт соответственно.

В процентном соотношении годовая выработка энергии по вариантам энергоснабжения выглядит следующим образом:

- I вариант (55% ВЭС + 45% ДЭС);
- II вариант (25% ВОДРВЭУ + 75% ДЭС);
- III вариант (100% ДЭС).

Во втором варианте целесообразно выработанную энергию ВОДРВЭУ увеличить в 3 раза – добавить 2 установки (таблица 2).

Таблица 2. **Выработанная энергия по вариантам энергоснабжения**
 Table 2. **Generated energy by energy supply options**

Вариант использования	Соотношение источников, %	Соотношение источников с учетом годового потребления 6812,0 кВт·ч
I	55% ВЭС + 45% ДЭС	3746,6 + 3065,4
II	70% ВОДРВЭУ + 30% ДЭС	4768,4 + 2043,6
III	100% ДЭС	6812,0

В таблице 3 представлены экономические расчеты среднего значения себестоимости 1 кВт·ч трех сравниваемых вариантах энергоснабжения в ценах 2021 г. с учетом 10 лет эксплуатации.

Таблица 3. **Технико-экономические показатели вариантов энергоснабжения**
 Table 3. **Technical and economic indicators of energy supply options**

№ п/п	Наименование показателей	I	II	III
1	Приобретение и ТО ДЭС, руб.	276316	276316	552632
2	Приобретение и ТО ветроагрегата с учетом дополнительного оборудования, руб.	464 645	545395	–
3	Приобретение и ТО АКБ, руб.	254 768	33 969	–
Итого на оборудование и ТО за 10 лет эксплуатации руб.		995 729	855 680	552632
5	Годовая выработка ДЭС, кВт·ч	3065,4	2043,6	6812,0
6	Потребность в топливе ДЭС за 1 год, л	1777,932	1185,288	3950,96
7	Годовые затраты на приобретение дизельного топлива (1л – 44 руб.) руб.	80 007	53 338	177 793
8	Затраты на топливо за 10 лет эксплуатации руб.	800069,4	533379,6	1777932
Итого руб.:		1 795 798	1 389 060	2 330 564
В расчете на 10 лет эксплуатации 6812,0 кВт·ч		26,36	20,39	34,21

Результаты исследования. Прогностический рост себестоимости 1 кВт·ч, для всех 3 вариантов использования для мини-фермы на 10 коров с учетом 5% роста цен на дизельное топливо с 2022 по 2031 г. приведен в таблице 4.

Таблица 4. Прогностический рост среднего значения себестоимости 1 кВт·ч с 2022 по 2031 г., руб./кВт·ч по вариантам энергоснабжения
 Table 4. Prognostic growth of the average cost of 1 kWh from 2022 to 2031, rubles/kWh by power supply options

Вариант	Год									
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
I	26,95	27,57	28,21	28,89	29,61	30,36	31,14	31,97	32,84	33,75
II	20,78	21,19	21,63	22,08	22,55	23,05	23,58	24,13	24,71	25,32
III	35,52	36,89	38,33	39,84	41,42	43,09	44,84	46,67	48,60	50,63

Анализ данных таблицы 4 показывает, что влияние роста себестоимости 1 кВт·ч до 2031 г. на систему энергоснабжения мини-фермы на 10 коров с ВОДРВЭУ меньше по сравнению с другими вариантами. Так, за 10 лет эксплуатации себестоимость ветроустановки с ВЭС повысится в 1,25 раза, с ВОДРВЭУ – в 1,22 раза и с ДЭС – в 1,42 раза.

Выводы. На мини-ферме на 10 коров, удаленной от систем электроснабжения, целесообразно применение ветроэлектрических установок (ВЭС), вертикально-осевых роторных ветроэнергетических установок (ВОДРВЭУ) совместно с дизельными электростанциями (ДЭС).

Проведенные расчеты эффективности энергоснабжения мини-ферм на 10 коров подтверждают возможность применения ВОДРВЭУ с использованием механической энергии одновременно или раздельно для выработки электроэнергии и привода технологического оборудования напрямую, что позволяет сократить расходы в сумме на 303 048 руб.

Представленная методика расчета эффективности использования ветроэнергетических установок может быть применена к мини-фермам с поголовьем 15 и 30 голов, а также к предприятиям различной сельскохозяйственной направленности.

Список источников литературы

1. Атанов, И.В. Снижение расхода электроэнергии в технологических процессах обработки и переработки молока / И. В. Атанов, В. И. Капустин, А. В. Ефанов // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 1. – С. 53–56.
2. Стребков, Д.С. Повышение надежности электроснабжения объектов животноводства / Д. С. Стребков, А. В. Тихомиров // Вестник ВНИИМЖ. – 2014. – № 3. – С. 44–47.
3. Kapustin, I.V. The Milking Unit Adapted to the Physiological Requirements for Machine Milking of Cows / I. V. Kapustin, E. I. Kapustina, D. I. Gritsay, V. A. Alekseenko, I. I. Shvetsov // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. 2020. Vol. 2. Pp. 959–970.
4. Шерьязов, С.К. Выбор рационального сочетания традиционных и возобновляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей (на примере Челябинской области) / С.К. Шерьязов. – Челябинск, 2010. – 40 с.
5. Плужникова, А.А. Потребность в электроэнергии на удаленных молочных мини-фермах / А.А. Плужникова, Р.Ю. Мерзликин, В.А. Алексеенко, В.А. Халюткин // Сельский механизатор. – 2018. – № 4. – С. 16–17.
6. Solomin, E. Renewable energy potential of Russian federation / Solomin E., Ibragim A., Yunusov P. // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2020. T. 641 LNEE. pp. 469-476.
7. Pope, K., Dincer, I., Naterer, G. F. Energy and exergy efficiency comparison of horizontal and vertical axis wind turbines / Pope, K., Dincer, I., Naterer, G. F. // Renewable Energy, 2010, No 35(9), pp. 2102-2113.

8. Alekseenko, V.A. Determination of energy characteristics of two-rotor wind power installation / Alekseenko V.A., Gevora Y.I., Sidelnikov D. A., Pluzhnikova A.A. // 19th International Scientific Conference: Engineering for rural development Proceedings, 2020. V. 19. Pp. 860-866.
9. Интернет-портал компании «ООО «САЛЬМАБАШ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://mahaon-energy.ru/> (дата обращения 19.06.2020).
10. Каталог дизельных генераторов мощностью 5 кВт YANMAR [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.yanmarrus.ru/catalog/dizelnyj-generator-trehfaznyj-5kvt/> (дата обращения 10.08.2020).

References

1. Atanov, I.V. et al. (2014) 'Reduction of energy consumption in technological processes of milk processing and processing', *Vestn. APK Stavropol'ja*, No 1, pp. 53–56.
2. Strebkov, D.S. and Tihomirov A.V. (2014) 'Improving the reliability of electricity supply to livestock facilities', *Vestnik VNIIMZh*, No. 3, pp. 44–47.
3. Kapustin, I.V. et al. (2020) 'The Milking Unit Adapted to the Physiological Requirements for Machine Milking of Cows', *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems*, , Vol. 2, pp. 959-970.
4. Sher'jazov, S.K., (2010) Choosing a rational combination of traditional and renewable energy resources in the energy supply system of agricultural consumers (on the example of the Chelyabinsk region), *Cheljabinsk*, 2010. 40 p.
5. Pluzhnikova, A.A. et al. (2018) 'Electricity demand in remote mini-dairy farms', *Sel'skij mehanizator*, No. 4, pp. 16–17.
6. Solomin, E., Ibragim, A., Yunusov, P. (2020) 'Renewable energy potential of Russian federation', *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Vol. 641 LNEE, pp. 469-476.
7. Pope, K., Dincer, I., Naterer, G.F. (2010) 'Energy and exergy efficiency comparison of horizontal and vertical axis wind turbines', *Renewable Energy*, 35(9), pp. 2102–2113.
8. Alekseenko, V.A. et al. (2020) 'Determination of energy characteristics of two-rotor wind power installation', *19th International Scientific Conference: Engineering for rural development Proceedings*. Vol. 19, pp. 860–866.
9. The Internet portal of the company LLC "SALMABASH". Available at: <http://mahaon.energy.ru/> (accessed: 19.06.2020).
10. Catalog of 5 kW YANMAR diesel generators. Available at: <https://www.yanmarrus.ru/catalog/dizelnyj.generator.trehfaznyj.5kvt/> (accessed: 10.08.2020).

Сведения об авторе

Алексеенко Виталий Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машины и технологии АПК», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5953-8407, Scopus author ID: 57218250387, Researcher ID: GYR-0881-2022.

Information about the author

Vitaly A. Alekseenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Machines and Technologies of Agroindustrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", SPIN-code: 5953-8407, Scopus author ID: 57218250387, Researcher ID: GYR-0881-2022.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

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

Статья поступила в редакцию 08.06.2023; одобрена после рецензирования 22.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 08.06.2023; approved after reviewing 22.08.2023; accepted after publication 22.08.2023.

Научная статья
УДК 621.31
Код ВАК 4.3.2
doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-73-80

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Юлия Владимировна Даус¹, Ольга Николаевна Коршунова²,
Михаил Сергеевич Проскураков³

¹Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
ул. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Россия; zirochka2505@gmail.com;
<http://orcid.org/0000-0001-9120-7637>

²Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
ул. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Россия; korshunovaon@gmail.com

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; gmuSPBSAU@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-9339-7286>

Реферат. В статье рассматриваются существующие подходы к пространственному ориентированию фотоэлектрических модулей. Количество электрической энергии, вырабатываемой фотоэлектрическими модулями, зависит от нескольких переменных, таких как интенсивность солнечного излучения, температура окружающей среды, скорость ветра, пространственная ориентация модуля, вентиляция, запыленность и загрязнение окружающей среды, затенение. Проведена оценка эффективности каждого из подходов относительно валового значения потенциала солнечной радиации на примере географической точки Юга России, отличающегося высокими ресурсами для внедрения энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии. При всем разнообразии подходов к определению пространственной ориентации фотоэлектрических модулей предлагаемые значения разнятся в широких пределах для одной и той же географической точки. Цель исследования – проанализировать эффективность утилизации приходящего солнечного излучения для различных подходов к определению оптимального угла наклона приемной поверхности фотоэлектрического модуля. В качестве источника актинометрической информации использована база данных PVGIS SARAH. Анализ различных подходов к пространственной ориентации приёмной поверхности фотоэлектрических модулей выявил, что в рамках его заданной эффективности и имеющихся метеорологических условиях повысить выработку электрической энергии возможно путем оптимизации ориентации модуля. Значение угла оптимального наклона к горизонту варьируется для рассматриваемой территории в широких пределах (8–10°). Годовой поток солнечной радиации варьируется в пределах 8–10%, но также возможно обеспечить наибольшую эффективность модуля в конкретный период времени года. Таким образом, не затрачивая денежные средства, возможно повысить генерацию электрической энергии фотоэлектрическим модулем путем варьирования его пространственной ориентации.

Ключевые слова: угол наклона, фотоэлектрический модуль, интенсивность солнечного излучения, эффективность, пространственная ориентация, энергоустановка ВИЭ

Цитирование. Даус Ю.В., Коршунова О.Н., Проскураков М.С. Анализ подходов к определению оптимального угла наклона фотоэлектрических модулей энергоустановок на базе возобновляемых источников энергии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3(72). – С. 73-80, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-73-80

ANALYSIS OF APPROACHES TO DETERMINING THE OPTIMAL TILT ANGLE
OF PHOTOVOLTAIC MODULES FOR POWER UNITS BASED ON RENEWABLE
ENERGY SOURCESYulia V. Daus¹, Olga N. Korshunova², Mikhail S. Proskuryakov³¹Kuban State Agrarian University, Kalinin st., 13, Krasnodar, 350044, Russia;
zirochka2505@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-9120-7637>²Kuban State Agrarian University, Kalinin st., 13, Krasnodar, 350044, Russia; korshunovaon@gmail.com³Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg,
196601, Russia; gmuspbgau@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9339-7286>

Abstract. The paper reviews the existing approaches to spatial orientation of photovoltaic modules. The amount of electrical energy produced by PV modules depends on several variables such as solar intensity, ambient temperature, wind speed, spatial orientation of the module, ventilation, environmental dust and pollution, and shading. The efficiency of each of the approaches is evaluated in relation to the gross value of solar radiation potential on the example of a geographical point in the South of Russia, which is characterised by high resources for the introduction of energy installations based on renewable energy sources. With all the variety of approaches to determine the spatial orientation of PV modules, the proposed values vary widely for the same geographical location. The aim of the study is to analyse the efficiency of utilisation of incoming solar radiation for different approaches to determine the optimum angle of inclination of the receiving surface of the PV module. The PVGIS SARA database was used as a source of actinometric information. The analysis of different approaches to the spatial orientation of the receiving surface of photovoltaic modules revealed that, within its given efficiency and available meteorological conditions, it is possible to increase the generation of electrical energy by optimising the orientation of the module. The value of optimal tilt angle varies widely for the territory under consideration (8-10°). The annual solar radiation flux varies between 8-10%, but it is also possible to ensure that the module is most efficient at a particular time of year. Thus, without spending money, it is possible to increase the electrical energy generation of a PV module by varying its spatial orientation.

Keywords: tilt angle, photovoltaic module, solar radiation intensity, efficiency, spatial orientation, RES power unit

Citation. Daus, Yu.V., Korshunova, O.N. and Proskuryakov, M.S. (2023) 'Analysis of approaches to determining the optimal tilt angle of photovoltaic modules for power units based on renewable energy sources', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3, pp. 73-80 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-73-80

Введение. Солнечная энергия является важным возобновляемым источником, поддерживающим жизнь на Земле. В XX в. этот вид энергии стал широко использоваться как в составе действующих энергосистем, так и на удаленных территориях в составе автономных энергокомплексов. Актуальным является широкое применение фотоэлектрических энергоустановок на сельских территориях ввиду высоких экологических требований. Кроме того, земля в сельском хозяйстве используется и как предмет, и как средство труда. А фотоэнергетические установки можно подключать к уже действующим системам электроснабжения непосредственно в точке потребления электрической энергии, так как фотоэлектрические модули могут быть размещены на ограждающих конструкциях зданий.

Несмотря на глобальный прогресс, повышение энергоэффективности и снижение себестоимости продукции остаются основными задачами исследователей. Количество электрической энергии, вырабатываемой фотоэлектрическими модулями, зависит от нескольких переменных, таких как интенсивность солнечного излучения, температура окружающей среды, скорость ветра, пространственная ориентация модуля, вентиляция, запыленность и загрязнение окружающей среды, затенение [1]. Эффективность

фотоэлектрической ячейки определяется стандартными условиями испытаний и варьируется в зависимости от рабочей температуры ячейки и её типа (для монокристаллического кремния КПД примерно равен 23%, для поликристаллического – 16,0–18%, для тонкого аморфного – 9,5%) [2].

Для фотоэлектрического модуля с заданной эффективностью в имеющихся метеорологических условиях общее количество вырабатываемой электрической энергии зависит от оптимальной пространственной ориентации приёмной поверхности модулей [3]. Размещение фотоэлектрических модулей определяется положением модуля относительно азимутального угла (по сторонам света) и угла наклона к горизонту. Решению задачи увеличения выработки электрической энергии фотоэлектрическим модулем за счет обеспечения его оптимальной пространственной ориентации посвящено большое количество исследований для множества географических точек. Оптимальная пространственная ориентация фотоэлектрического модуля может определяться для различных периодов времени (час, сутки, месяц, сезон, полгода, год) в зависимости от географических широты и долготы его размещения [4].

В литературе выделен ряд подходов к пространственной ориентации фотоэлектрических модулей: ориентация по сторонам света, по углу наклона приемной поверхности перпендикулярно потоку падающего излучения в течение суток; посезонное или помесечное изменение угла наклона; фиксированное пространственное положение модуля в течение всего срока эксплуатации [5].

В основе существующих подходов к определению оптимальной пространственной ориентации фотоэлектрического модуля лежит критерий обеспечения наибольшего количества энергии прямой солнечной радиации за рассматриваемый период с помощью следящих за положением Солнца систем [6]. Но так как Юг России характеризуется высоким уровнем рассеянной и отраженной солнечной радиации (25% в летний период и 60% в зимний период), такие подходы не могут применяться для фотоэлектрических систем, устанавливаемых в этом регионе [7], потому что это приведет к завышению мощности системы и избыточным капитальным затратам.

При всем разнообразии подходов к определению пространственной ориентации фотоэлектрических модулей предлагаемые значения разнятся в широких пределах для одной и той же географической точки [8]. Поэтому актуальным является анализ прихода солнечной радиации в течение года на приемную поверхность фотоэлектрического модуля, размещенного под оптимальным углом наклона.

Цель исследования – проанализировать эффективность утилизации приходящего солнечного излучения для различных подходов к определению оптимального угла наклона приемной поверхности фотоэлектрического модуля.

Материалы, методы и объекты исследований. В качестве источника актинометрической информации использована база данных PVGIS SARAH [9]. Для анализа выбраны следующие подходы к определению оптимальной ориентации приемной поверхности фотоэлектрического модуля при условии отсутствия регулирования угла в течение года:

1) из условия максимума прихода солнечной радиации на приемную поверхность за год [10]:

$$\sum_{t=1}^{8760} H_t \rightarrow \max, \quad (1)$$

где H_t – часовые суммы суммарного солнечного излучения, приходящего на приемную поверхность фотоэлектрического модуля, кВт·ч/м²;

t – момент времени, ч;

2) согласно методике [11]:

$$\beta = \varphi, \quad (2)$$

где β – оптимальный угол наклона фотоэлектрического модуля, °;

φ – географическая широта местности, °с. ш.

3) согласно методике [5]:

$$\beta = 0,83 \cdot \varphi + 0,62. \quad (3)$$

Исследование проведено на примере территории Краснодарского края, которая лежит в пределах 43...47° с. ш., 36..42° в. д. Расчет оптимального угла наклона приемной поверхности при условии её ориентации на юг проводился по узлам координатной сетки рассматриваемой территории с шагом 1°. Валовый потенциал составляет 1113–1318 кВт·ч/м²·год.

Результаты и их обсуждение. Результаты расчета угла наклона приемной поверхности фотоэлектрических модулей к горизонту приведены в таблице 1.

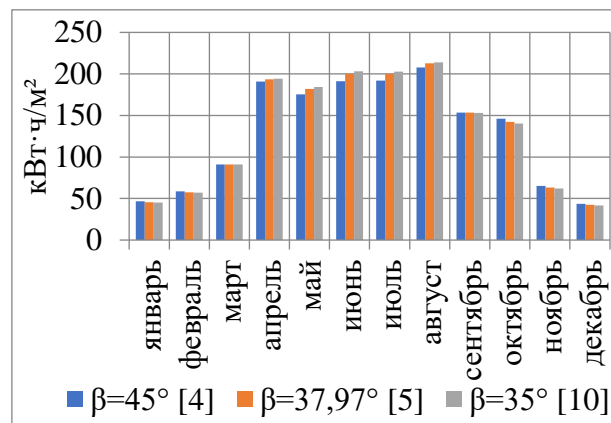
Таблица 1. **Оптимальный угол наклона к горизонту фотоэлектрического модуля**
 Table 1. **Optimum tilt angle of the photovoltaic module**

Широта/долгота	36 в. д.	37 в. д.	38 в. д.	39 в. д.	40 в. д.	41 в. д.	42 в. д.
Методика [16]							
47 с. ш.	36	36	35	35	34	34	34
46 с. ш.	35	35	37	35	35	35	34
45 с. ш.	35	35	35	35	35	36	34
44 с. ш.	35	35	34	35	31	39	37
43 с. ш.	34	35	35	35	35	35	32
Методика [17]							
47 с. ш.	47	47	47	47	47	47	47
46 с. ш.	46	46	46	46	46	46	46
45 с. ш.	45	45	45	45	45	45	45
44 с. ш.	44	44	44	44	44	44	44
43 с. ш.	43	43	43	43	43	43	43
Методика [9]							
47 с. ш.	39,63	39,63	39,63	39,63	39,63	39,63	39,63
46 с. ш.	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
45 с. ш.	37,97	37,97	37,97	37,97	37,97	37,97	37,97
44 с. ш.	37,14	37,14	37,14	37,14	37,14	37,14	37,14
43 с. ш.	36,31	36,31	36,31	36,31	36,31	36,31	36,31

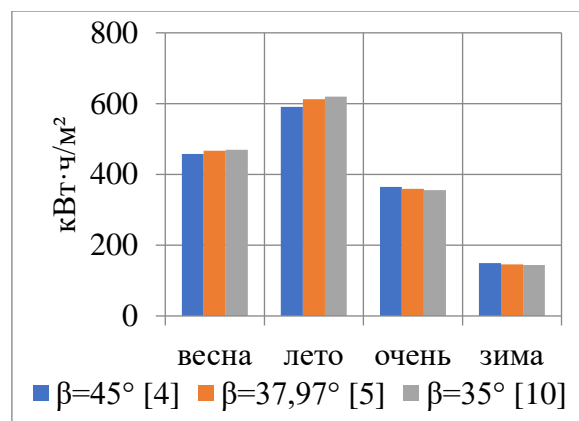
При условии обеспечения максимума потока солнечного излучения за год на приемной поверхности модуля [10] для рассматриваемой территории оптимальный угол наклона составит 31–39°. При этом на долготе 36–37° эта величина варьируется в пределах 1–2°, на долготе 39° остается неизменной (35°). А вот на других значениях долготы угол наклона изменяется в более широких пределах: 40° в. д. – 31–35°, 41° в. д. – 34–39°, 42° в. д. – 32–37°. Близкие по значению величины оптимального угла наклона фотоэлектрического модуля к горизонту получены согласно [5]: 36–40°. Но при этом угол изменяется при переходе по линиям широты, при движении через меридианы долготы значение остается неизменным при

постоянном значении широты и увеличивается с юга на север края. Данные, полученные согласно методике [4], существенно отличаются от значений, полученных предыдущими методами. Оптимальный угол наклона приемной поверхности лежит в пределах 43–47° для территории Краснодарского края, уменьшается с севера на юг и остается неизменным при движении с востока на запад.

На примере города Краснодара (45° с. ш., 39° в. д.) проанализируем эффективность каждого подхода к пространственной ориентации фотоэлектрического модуля. Далее представлены месячные суммы всех составляющих суммарной солнечной радиации, приходящей на приемную поверхность фотоэлектрического модуля, сориентированного оптимально согласно исследуемым подходам (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1. Месячные (а) и сезонные (б) суммы солнечной радиации, приходящей на оптимально ориентированную поверхность

Figure 1. Monthly (a) and seasonal (b) sums of solar radiation, coming to the optimally oriented surface

Применение углов, полученных методикой [4] и [5], обеспечивает большой поток солнечной радиации на приемной поверхности модуля с апреля по сентябрь – во время наибольшей интенсивности Солнца в течение года. При смене угла наклона к горизонту с 45° на 35–38° в летний период за сезон уровень радиации возрастает с 590 кВт·ч/м² до 620 кВт·ч/м², весной – с 457 кВт·ч/м² до 470 кВт·ч/м². В осенне-зимний период года большим потоком суммарной радиации на приемной поверхности характеризуется модуль,

установленный под углом широты местности: 149 кВт·ч/м² по сравнению с 143 кВт·ч/м² для 35° зимой и 365 кВт·ч/м² по сравнению с 356 кВт·ч/м² для 35° осень. При отсутствии регулирования угла наклона в течение года наиболее эффективно устанавливать фотоэлектрический модуль под углом 35–38° к горизонту, так как годовой поток суммарной солнечной радиации возрастает с 1560 кВт·ч/м² для 45° до 1590 кВт·ч/м² для 35°.

В качестве примера влияния пространственной ориентации модулей на эффективность всей энергоустановки в целом была проанализирована эффективность функционирования частной электростанции для электроснабжения частного дома. Электростанция оборудована 20 фотоэлектрическими модулями типа Helios Technology H3A225P, установленными под углом наклона 15° и с углом азимута 180° (ориентация на север), -90° (ориентация на восток) [11]. За год такая электростанция генерирует 6 075 кВт·ч/год. Если модули установить со оптимальной пространственной ориентацией – угол наклона 35°, азимут 0° (юг) [10, 12], – то выработка электрической энергии возрастет на 45% – до 10 970 кВт·ч/год. При этом с учетом потерь солнечной энергии коэффициент использования установленной мощности рассматриваемой станции уменьшится с 15% до 10%.

Выводы. Анализ различных подходов к пространственной ориентации приёмной поверхности фотоэлектрических модулей выявил, что в рамках его заданной эффективности в имеющихся метеорологических условиях повысить выработку электрической энергии возможно путем оптимизации ориентации модуля. Значение угла оптимального наклона к горизонту варьируется для рассматриваемой территории в широких пределах (8-10°). Годовой поток солнечной радиации варьируется в пределах 8-10%, но также возможно обеспечить наибольшую эффективность модуля в конкретный период времени года. Таким образом, не затрачивая денежные средства, возможно повысить генерацию электрической энергии фотоэлектрическим модулем путем варьирования его пространственной ориентации.

Список источников литературы

1. Даус, Ю.В. Оценка потенциала использования энергоустановок на основе преобразования солнечной энергии на примере г. Волгограда / Ю. В. Даус, С. А. Ракитов, И. В. Юдаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2(42). – С. 261–267.
2. Ashetehe, A.A. Development of optimal tilt angle models of a photovoltaic module for maximum power production / A.A. Ashetehe, B.B. Gessess, F. Shewarega // Ethiopia Int. J. Photoenergy. – 2022. – Vol. 2022. – 8729570.
3. Hailu G. Optimum tilt angle and orientation of photovoltaic thermal system for application in greater Toronto area, Canada / G. Hailu, A.S. Fung // Sustainability. – 2019. – 11 (22). – P. 6443.
4. Assessment the potential solar energy with the models for optimum tilt angles of maximum solar irradiance for Iraq Case Stud. / Q. Hassan, M.K. Abbas, A.M. Abdulateef, J. Abdulateef, A. Mohamad // Chem. Environ. Eng. – 2021. – No. 4 (2021). – Pp. 227–237.
5. Modarresi J. Worldwide daily optimum tilt angle model to obtain maximum solar energy / Modarresi, J.; Hosseinnia, H. // IETE J. Res. – 2020. – Vol. 69. – Pp. 549–557.
6. Techno-economic analysis of PV systems with manually adjustable tilt mechanisms / Ömer Gönül, A. Can Duman, Burak Barutçu, Önder Güler // Engineering Science and Technology, an International Journal. – 2022. – Vol. 35. – 101116.
7. Optimum orientation and tilt angle for estimating the performance of photovoltaic modules in the western region of Saudi Arabia / K. Sedraoui, M.A. Ramli, I.M. Mehedi, M. Hasbi, A. Hiendro // J. Renew. Sustain. Energy. – 2017. – Vol. 9. – No. 2. – 023702.

8. Ahunim Abebe Ashetehe A generalized approach for the determination of optimum tilt angle for solar photovoltaic modules with selected locations in Ethiopia as illustration examples / Ahunim Abebe Ashetehe, Belachew Bantyriga Gessesse, Fekadu Shewarega // *Scientific African*. – 2022. – Vol. 18. – e01433.
9. PVGIS Online Tool – EU Science Hub. – Available at: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool_en.
10. Liu B.Y.H. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar irradiation / B.Y.H. Liu, R.C. Jordan // *Solar Energy*. – 1960. – No. 4. – Pp. 1–19.
11. Sunny portal [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPagesPlantList.aspx> (Дата обращения 01.04.2023).
12. Improving the Efficiency of the Power Supply to Agricultural Facilities by Means of Roof-Top Photovoltaic Installations / Y. V. Daus, I. V. Yudaev, D. A. Desyatnichenko [et al.] // *Applied Solar Energy*. – 2020. – Vol. 56, No. 3. – Pp. 207-211.

References

1. Daus, Yu.V., Rakitov, S. A., Yudayev, I. V. (2016), Otsenka potentsiala ispol'zovaniya energoustanovok na osnove preobrazovaniya solnechnoy energii na primere g. Volgograda [Evaluation of the potential for the use of power plants based on the conversion of solar energy on the example of Volgograd], *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*, No. 2, Vol. 42, pp. 261–267.
2. Ashetehe, A.A., Gessess, B.B., Shewarega, F. (2022), Development of optimal tilt angle models of a photovoltaic module for maximum power production, *Ethiopia Int. J. Photoenergy*, Vol. 2022, 8729570.
3. Hailu, G., Fung, A.S. (2019), Optimum tilt angle and orientation of photovoltaic thermal system for application in greater Toronto area, Canada, *Sustainability*, Vol. 22, No. 11, p. 6443.
4. Q. Hassan, M.K. Abbas, A.M. Abdulateef, J. Abdulateef, A. Mohamad (2021) Assessment the potential solar energy with the models for optimum tilt angles of maximum solar irradiance for Iraq Case Stud., *Chem. Environ. Eng.*, No. 4, pp. 227–237.
5. Modarresi, J., Hosseinnia, H. (2020), Worldwide daily optimum tilt angle model to obtain maximum solar energy, *IETE J. Res*, Vol. 69, pp. 549–557.
6. Ömer Gönül, A. Can Duman, Burak Barutçu, Önder Güler (2022), Techno-economic analysis of PV systems with manually adjustable tilt mechanisms, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Vol. 35, 101116.
7. Sedraoui, K., Ramli, M.A., Mehedi, I.M., Hasbi, M., Hiendro A. (2017), Optimum orientation and tilt angle for estimating the performance of photovoltaic modules in the western region of Saudi Arabia, *J. Renew. Sustain. Energy*, Vol. 9, No. 2, 023702.
8. Ahunim Abebe Ashetehe, Belachew Bantyriga Gessesse, Fekadu Shewarega (2022), A generalized approach for the determination of optimum tilt angle for solar photovoltaic modules with selected locations in Ethiopia as illustration examples, *Scientific African*, Vol. 18, e01433.
9. PVGIS Online Tool – EU Science Hub. Retrieved from: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool_en (Accessed 15 May 2023).
10. Liu, B.Y.H., Jordan, R.C. (1960), The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar irradiation, *Solar Energy*, No. 4, pp. 1–19.
11. Sunny portal [Electronic resource]. Available at: <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPagesPlantList.aspx> (Accessed 04/01/2023)
12. Daus, Y. V., Yudaev, I. V., Desyatnichenko, D. A., et al. (2020), Improving the Efficiency of the Power Supply to Agricultural Facilities by Means of Roof-Top Photovoltaic Installations, *Applied Solar Energy*, Vol. 56, No. 3, pp. 207–211.

Сведения об авторах

Даус Юлия Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», SPIN-код: 6048-0509, Scopus author ID: 57191261343, Researcher ID: ABB-5354-2020.

Коршунова Ольга Николаевна – студент факультета гидромелиорации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Проскуряков Михаил Сергеевич – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой государственного и муниципального управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6048-0509.

Information about the authors

Yulia V. Daus – Candidate of Technical Sciences, Associated Professor at the Physics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University", SPIN-code: 6048-0509, Scopus author ID: 57191261343, Researcher ID: ABB-5354-2020.

Olga N. Korshunova – student at the Faculty of Hydroreclamation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University".

Mikhail S. Proskuryakov – Candidate of Economic Sciences, Head of the State and municipal administration department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 2483-6742.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Статья поступила в редакцию 20.06.2023; одобрена после рецензирования 17.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 20.06.2023; approved after reviewing 17.08.2023; accepted after publication 22.08.2023.

Научная статья

УДК 636.4.087.61

Код ВАК 4.3.1

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-80-90

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРМОРАЗДАТОЧНЫХ МАШИН

Мухтар Ахмиевич Керимов

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; martan-rs@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-0358-1114>

Реферат. В животноводстве основной машиной для приготовления и раздачи корма крупному рогатому скоту является кормораздатчик. Он позволяет также измельчать компоненты рациона, перемешивать их и транспортировать приготовленную кормосмесь от места загрузки до

животноводческого помещения. Кормораздатчики должны соответствовать всем зоотехническим требованиям и установленным технологическим допускам. Благодаря применению цифровых систем электронного взвешивания компонентов кормов погрешность в приготовлении требуемого рациона находится на отметке $\pm 1\%$. Срок службы кормораздаточной машины следует рассматривать как один из основных технических показателей ее функционирования. В процессе работы витки шнека изнашиваются в два раза быстрее, чем остальные функциональные узлы кормораздатчика – ходовая система, передаточные механизмы и др. Это связано с использованием в качестве компонентов кормосмесей сена, соломы, кукурузного силоса и сенажа, а также зависит от продолжительности эксплуатации и скорости вращения шнеков. Технология смешивания кормовых компонентов является энергоёмкой. Большие энергозатраты при смешивании компонентов корма вызваны трением всей загружаемой массы о стенки бункера. Измельчители-смесители-раздатчики кормов характеризуются высокой удельной металлоёмкостью, которая составляет $0,6...1,0 \text{ т/м}^3$ объёма бункера, а для кормораздатчиков с горизонтальными шнеками этот показатель составляет $0,2...0,4 \text{ т/м}^3$. Как правило, шнеки изготавливают из конструкционной стали St52. Для повышения износостойкости высоконагруженных поверхностей рабочих органов следует использовать твёрдосплавные накладки. Такие накладки навариваются после износа рабочей поверхности шнека примерно на 7–8 мм. Полоскам пластин придают форму витка, а затем их приваривают к шнеку. Методологической основой проведенных исследований является системный подход к обоснованию закономерностей изнашивания поверхностей высоконагруженных рабочих органов. На основе формализации данных, представленных в научной литературе, а также анализа результатов, полученных в ходе прикладных исследований, предложена технология повышения износостойкости смесительных шнеков кормораздаточных машин и сформулированы инженерно-практические рекомендации.

Ключевые слова: кормораздаточная машина, техническая надёжность, качество функционирования, твёрдосплавные накладки, износостойкость

Цитирование. Керимов М.А. Повышение технической надёжности и качества функционирования кормораздаточных машин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 80-90, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-80-90

INCREASING TECHNICAL RELIABILITY AND QUALITY OF FEEDER FUNCTIONING

Mukhtar A. Kerimov

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; martan-rs@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0358-1114>

Abstract. In animal husbandry, the main machine for preparing and distributing feed to cattle is the feeder. It also allows you to grind the components of the diet, mix them and transport the prepared feed mixture from the place of loading to the livestock building. Feeders must comply with all zootechnical requirements and established technological tolerances. Thanks to the use of digital systems for electronic weighing of feed components, the error in preparing the required diet is at around $\pm 1\%$. The service life of the feeder should be considered as one of the main technical indicators of its functioning. During operation, the turns of the auger wear out twice as fast as the other functional components of the feeder – the running system, transmission mechanisms, etc. This is due to the use of hay, straw, corn silage and haylage as components of feed mixtures, and also depends on the duration of operation and speed screw rotation. The technology of mixing feed components is energy intensive. Large energy costs when mixing feed components are caused by the friction of the entire loaded mass against the walls of the bunker. Choppers-mixers-feed distributors are characterized by high specific metal consumption, which is $0.6...1.0 \text{ т/м}^3$ of the bunker volume, and for feeders with horizontal augers this figure is $0.2...0.4 \text{ т/м}^3$. As a rule, the auger is made of St52 structural steel. To increase

the wear resistance of highly loaded surfaces of the working bodies, hard-alloy linings should be used. Such linings are welded after the working surface of the auger has worn out by about 7-8 mm. The plate strips are given a coil shape and then welded to the auger. The methodological basis of the conducted research is a systematic approach to substantiating the patterns of wear of the surfaces of highly loaded working bodies. Based on the formalization of the data presented in the scientific literature, as well as the analysis of the results obtained in the course of applied research, a technology is proposed to increase the wear resistance of mixing augers of feed-distributing machines and engineering and practical recommendations are formulated.

Key words: *feeder, technical reliability, functional quality, carbide linings, wear resistance*

Citation. Kerimov, M.A. (2023) 'Increasing technical reliability and quality of feeder functioning', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3, pp. 80–90 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-80-90

Введение. Для увеличения производства животноводческой продукции необходимо усовершенствование имеющихся технологий кормления крупного рогатого скота (КРС) и применяемых для этой цели технических устройств.

Заготовка, приготовление и раздача кормов – важнейшая задача в животноводстве. На всех этапах её реализации необходимо стремиться к уменьшению потерь, улучшению физико-механического состава и качества корма [1; 2].

В молочном скотоводстве кормораздаточные машины используются в качестве основных устройств для раздачи корма животным. Благодаря точному взвешиванию отдельных компонентов и интенсивному их перемешиванию с помощью измельчителей-смесителей-раздатчиков животные получают гомогенный корм необходимой консистенции. Применение цифровых весовых систем обеспечивает точность приготовления рациона с допустимой погрешностью не более 1%. Смешивание и раздача корма на фермах и комплексах осуществляется в ежедневном режиме по установленному графику при реализации технологий обслуживания животных.

Несмотря на массивную конструкцию кормораздаточной машины, степень износа её рабочих органов является достаточно высокой. Основные компоненты кормосмеси, такие как сено, солома, кукурузный силос, сенаж, активно способствуют истиранию внутренней поверхности бункера и особенно износу витков шнека. Поэтому разработка схемотехнических решений, направленных на повышение износостойкости поверхностей высоконагруженных рабочих органов кормораздаточной машины, является актуальной задачей [3].

Цель исследования – обеспечение технической надёжности и качества функционирования кормораздаточных машин как динамических систем за счёт конструктивно-технологических решений.

Предмет исследования: инженерно-технические приёмы повышения износостойкости поверхностей высоконагруженных рабочих органов кормораздаточных машин.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве объекта исследования рассматривается кормораздаточная машина, реализующая технологический процесс приготовления и раздачи корма КРС на фермах и комплексах.

Кормораздатчик представляет собой специальное устройство, которое измельчает компоненты рациона, смешивает их и осуществляет дозированную выдачу приготовленной

смеси в кормушки или на кормовые столы. Эти устройства также могут раздавать животным в отдельности грубые, сочные, зелёные корма.

Кормораздаточные машины должны соответствовать зоотехническим требованиям:

- обеспечивать качественное приготовление, а также дозирование и своевременное распределение кормов между животными в пределах норм, обусловленных рационом;
- не допускать расслоения кормовых ингредиентов в смесях;
- быть безопасными для животных и обслуживающего персонала;
- сохранять корм в чистом виде, без загрязнений;
- обеспечивать не менее чем трёхступенчатое изменение норм выдачи кормов в кормушки (кормовые столы) с соблюдением технологического допуска [1].

Кормораздаточная машина как техническая система характеризуется надёжностью, которая закладывается при проектировании, реализуется в производстве и поддерживается в эксплуатации. При определении требований к надёжности кормораздаточных машин учитываются соответствующие показатели, достигнутые на машинах-аналогах.

Оценка уровня надёжности технической системы по критерию «результаты-затраты» производится в соответствии с выражением

$$G_i(P) = \Xi_i(P) - Z_i(P) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где P – показатель надёжности технической системы, зависящий от выбранного варианта, $i = [1; n]$;

$\Xi_i(P)$ – экономический эффект от применения i -го варианта системы, характеризуемой уровнем надёжности P ;

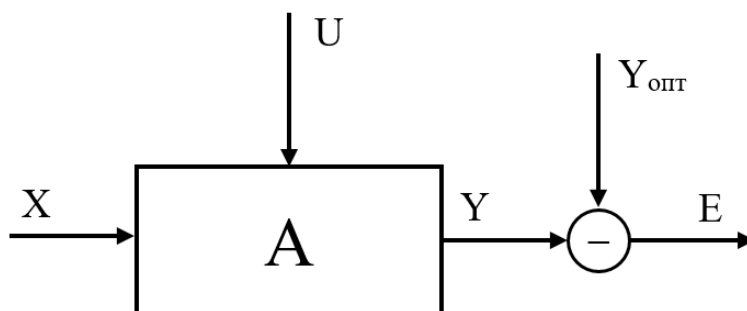
$Z_i(P)$ – затраты, связанные с обеспечением заданного уровня надёжности P .

Постановка задачи (формула 1) предполагает многовариантность выбора наилучшей альтернативы. Для каждого варианта технической системы оптимальное решение находят из условия

$$\frac{\partial \Xi_i(P)}{\partial(P)} = \frac{\partial Z_i(P)}{\partial(P)}. \quad (2)$$

Выражение (1) учитывает также совокупность свойств, которые характеризуют успешность выполнения кормораздаточной машиной поставленных перед ней задач, т. е. её технологическую надёжность. Под технологической надёжностью как оценкой эффективности функционирования технической системы подразумевается способность кормораздаточной машины выполнять предписанные функции на уровне не ниже заданного в течение установленного времени с учётом вероятностной природы условий её работы.

Расчётная схема кормораздаточной машины в концепции «чёрного ящика» представлена на рисунке 1.



Принятые обозначения:

X – векторная функция условий работы;

U – векторная функция управления;

A – оператор системы (машины);

Y – выходная векторная функция

Рисунок 1. Модель функционирования кормораздаточной машины как динамической системы
 Figure 1. Model of the functioning of the feed dispenser as a dynamic system

Отклонение выходной функции Y от некоторого оптимального значения $Y_{\text{опт}}$ обозначим через E и представим в виде:

$$E = Y - Y_{\text{опт}} . \quad (3)$$

Вектор $Y_{\text{опт}}$ следует рассматривать как выходной вектор некоторой «идеальной» машины, обеспечивающей выполнение операции без ошибок ($E = 0$) точно в соответствии с зоотехническими требованиями. Вектор E интерпретируется как модель ошибок функционирования кормораздаточной машины, представленной в виде динамической системы. Каждую реализацию $e_i(t)$ вектора E необходимо рассматривать как случайную величину (в вероятностно-статистическом смысле). Для оценки указанных величин используются вероятностные характеристики. Отклонения выходной функции Y не должны выходить за пределы, устанавливаемые областью допускаемых отклонений $E_{\text{доп}}$ [7]. Следовательно, условием эффективного функционирования кормораздаточных машин будет нахождение вектора E в допустимой области, то есть

$$E \in E_{\text{доп}} . \quad (4)$$

Выражение (4) определяет по существу технологическую надежность кормораздаточной машины.

Кормораздаточная машина работает в циклическом режиме. К числу её высоконагруженных элементов относятся смесительный шнек, боковые поверхности и дно бункера и др. Износ указанных элементов происходит неравномерно, и они выходят из строя независимо друг от друга. Отказ любого из перечисленных элементов машины приводит к отказу всей системы в целом.

При нормальном функционировании системы должно выполняться условие:

$$P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_n(t) \geq P_{\text{тр}}(t), \quad (5)$$

где $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ – надёжность отдельных подсистем (элементов);

$P_{\text{тр}}(t)$ – требуемая надёжность системы.

Таким образом, при решении оптимизационной задачи (1) необходимо обеспечить сближение фактической надёжности наиболее нагруженного элемента с требуемой (нормативной) надёжностью системы в целом, чтобы выполнялось неравенство (5).

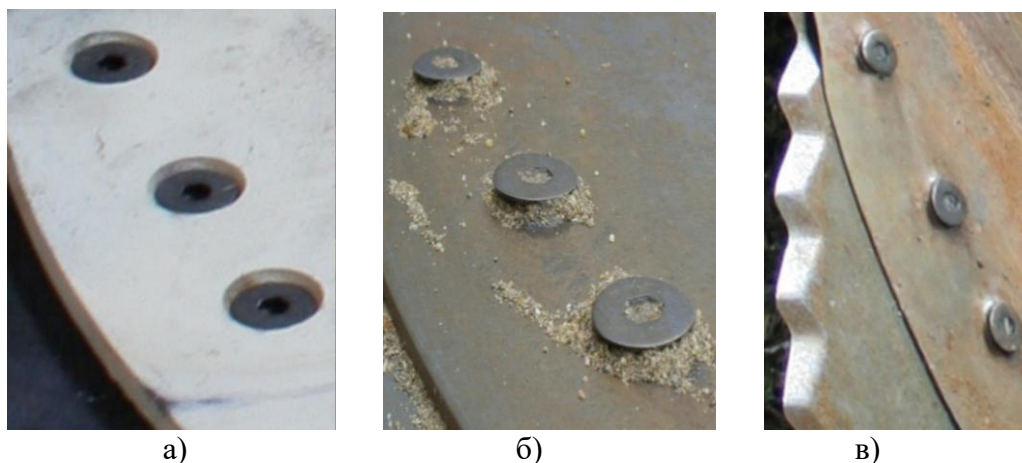
Для производства бункеров и шнеков используется конструкционная сталь St52 или ее аналоги. Изготовление бункеров и шнеков из материала HARDOX 400 значительно увеличивает срок службы машины [4]. Однако если учесть, что для смешивания компонентов корма при заполненном бункере необходимо в коробке передач включать вторую скорость вращения шнека и осуществлять перемешивание не менее 20 минут, то указанный эффект нивелируется, так как при высоких оборотах рабочего органа даже особо прочный металл будет изнашиваться вдвое быстрее [5; 6; 7].

Существуют кормораздатчики, у которых отдельные части рабочих органов изготавливаются из различных металлов. С этой целью используются вставки или накладки, изготовленные из специальных сплавов, способствующих уменьшению интенсивности износа. Наибольшему износу подвержены кромки вертикального шнека, элементы выгрузного механизма, а также ассиметрично расположенные смесительные клинья (у двух- и трёхшнековых моделей кормораздаточных машин).

При использовании кормораздаточных машин с целью уменьшения износа рабочих органов, как правило, на поверхность шнека навариваются металлические пластины. Такие способы повышения работоспособности выпускаемых кормораздаточных машин применяют фирмы VvL, KUHN и др. [8; 9; 10]. Использование на практике подобных технических решений без должного инженерного обоснования приводит к изменению конструктивно-режимных параметров машины. В результате существенно возрастает трение рабочих поверхностей о компоненты корма, и как следствие происходит увеличение удельных энергозатрат на выполнение технологического процесса [11; 12].

Применение твёрдосплавных износостойких накладок, изготовленных по инновационным технологиям, способствует уменьшению трения за счёт изменения физико-механических свойств поверхности смесительного шнека [13; 14].

Результаты исследования. Твёрдосплавные накладки привариваются к поверхностям рабочих органов после достижения определённого износа материала витка, когда его толщина станет меньше на 7–8 мм (рисунок 2). Срок работоспособности краёв шнека в этом случае будет равен сроку эксплуатации кормораздатчика. Также необходимо иметь в виду, что процесс приваривания накладок на этой стадии восстановления работоспособности шнека является наиболее технологичным приёмом.



- 3 этапа износа шнека:**
 а) – новый шнек (толщина материала 16 мм);
 б) – износ верхнего витка (толщина 7 мм);
 в) – износ нижнего витка (толщина 3 мм).

Рисунок 2. Износ шнека кормосмесителя
Figure 2. Wear of the auger of the feed mixer

Приваривание твёрдосплавных накладок осуществляется в соответствии с разработанной маршрутно-операционной картой.

1. Измерить по внешнему краю толщину материала смесительного шнека (рисунок 3).

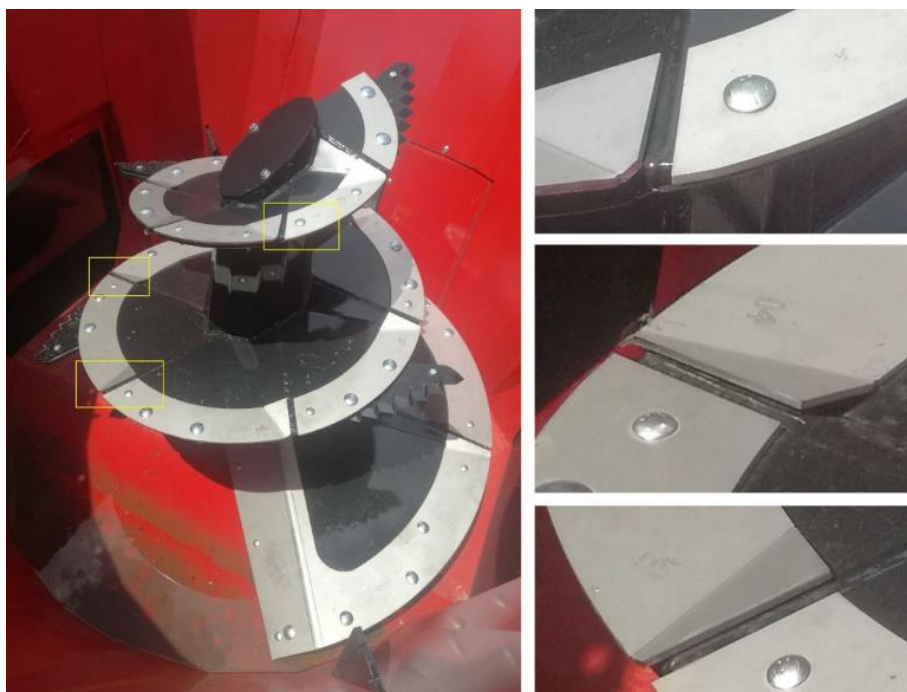


Рисунок 3. Шнек кормораздаточной машины
Figure 3. Feed dispenser auger

2. Вырезать полосы пластин длиной 1 м из заготовки твердосплавного металла.
3. Придать полоскам пластин форму витков спирали шнека. Так как полоска имеет надрезы через каждые 160 мм, то процесс гибки осуществляется без значительных усилий.
4. Расположить металлическую полоску на смесительном шнеке.
5. Обеспечить пригонку пластины к внешнему контуру шнека со смещением от края на 2-3 мм, чтобы обеспечить приваривание.
6. Отверстия под болты оставлять свободными для регулировки ножей на шнеке в процессе эксплуатации кормораздатчика. С этой целью использовать накладки с тремя выемками (рисунок 4).



Рисунок 4. Прихватывание накладки к шнеку
Figure 4. Attaching the lining to the auger

7. При выполнении сварочных работ применять легированные стержневые электроды. Для создания требуемого усилия прижима пластины к краю шнека использовать зажимные механизмы (струбцины).
8. Выполнить поэтапное приваривание твердосплавной пластины как с внешней, так и с внутренней стороны. Заварить поперечные прорезы между смежными твердосплавными пластинами (рисунок 5).



Рисунок 5. Окончательное приваривание накладок
Figure 5. Final welding of overlays

Выводы:

1. Обеспечение технической надёжности кормораздатчиков является частью более общей проблемы – повышения эффективности функционирования технологических машин как динамических систем, уровень надёжности которых в значительной степени определяет и их эффективность. Взаимосвязь надёжности и эффективности функционирования кормораздаточной машины должна рассматриваться в следующей последовательности: отказ – изменение технологических показателей эффективности – изменение экономических показателей эффективности.

2. Повышение технической надёжности и качества функционирования кормораздаточных машин является мощным резервом в увеличении продуктивности животных в молочном скотоводстве. Надёжность кормораздаточных машин как системный ресурс закладывается при проектировании, реализуется в производстве и поддерживается в эксплуатации.

3. Оптимальным вариантом обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надёжности как инженерной задачи является приваривание твёрдосплавных накладок на смесительный шнек кормораздаточной машины. Разработанная технология повышения износостойкости высоконагруженных рабочих поверхностей кормораздаточных машин имеет ряд преимуществ, а ее практическая реализация обеспечивает достижение системного эффекта:

- уменьшение времени и удельных энергозатрат на перемешивание компонентов корма за счет повышения качества функционирования кормораздаточных машин;
- формирование однородных по составу, плотности и физико-механическим свойствам смесей из заданного набора компонентов;
- увеличение срока службы смесительного шнека (примерно в 2 раза);
- снижение эксплуатационных затрат за счёт покупки твёрдосплавных накладок, а не нового шнека в целом.

Список источников литературы

1. Кормораздатчики зернофуража в животноводческих фермах [Электронный ресурс] – URL: <https://infourok.ru/nauchno-issledovatel'skaya-rabota-na-temu-proektirovanie-i-razrabotka-kormorazdatchika-zernofurazha-v-zhivotnovodcheskih-fermah-k-1244768.html?ysclid=ldyau0wpm9820061619> (дата обращения: 18.04.2023).
2. Feed dispenser [Электронный ресурс] – URL: <https://www.bvl-farmtechnology.com/en/interesting-facts/feeding-equipment-guide/feed-mixer-faqs/> (дата обращения: 18.04.2023).
3. What is difference St37 and St52? [Электронный ресурс] – URL: <https://thesteelprice.com/en/what-is-the-difference-s235-and-s355-what-is-the-difference-st-37-and-st-52/> (дата обращения: 18.04.2023).
4. Сколько прослужит смеситель кормораздатчик [Электронный ресурс] – URL: https://xn----etbbralgsg1a5m.xn--p1ai/techno_articles/2020-05-12/skolko-prosluzhit-smesitel-kormorazdatchik-ili-snova-ob-iznose?ysclid=lfb6rtbjii807207737 (дата обращения: 18.04.2023).
5. Наваривание твёрдосплавных пластин на шнек кормосмесителя [Электронный ресурс] – URL: <https://agrovesti.net/lib/advice/navarivanie-tverdospлавnykh-plastin-na-shnek-kormosmesitelya.html?ysclid=ldhdm5ewzj481988968> (дата обращения: 18.04.2023).
6. Задорожний, Р.Н., Романов, И.В. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин вторичными твердосплавными материалами // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 18. – № 1 (205). – С. 24–27.

7. Сербин, В.М. Конструкционные методы повышения износостойкости рабочих органов шнековых машин // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2011. – № 4. – С. 36–39.
8. Собачкин, А.В., Ситников, А.А., Яковлев, В.И., Татаркин, М.Е., Логинова, М.В., Сейдуров, М.Н. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин электродуговой наплавкой порошковым электродом // Ползуновский альманах. – 2011. – № 4–2. – С. 133–136.
9. Ruzibaev, A.N., Shukurov, N.R., Khuzhanazarov, V.F. Ways to increase the durability of the teeth of the working body of engineering machines // European Science. – 2021. – № 3 (59). – Pp. 9–12.
10. Коломейченко А.В. Технологические приемы повышения износостойкости МДО-покрытий при восстановлении с упрочнением деталей машин // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина. – 2005. – № 1 (11). – С. 80–82.
11. Лобачевский, Я.П., Миронов, Д.А., Миронова, А.В. Основные направления повышения ресурса быстроизнашиваемых рабочих органов сельскохозяйственных машин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17. – № 1. – С. 41–50.
12. Новые износостойкие наплавочные материалы в сельскохозяйственном машиностроении / Я. П. Лобачевский и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 6. – С. 27–31.
13. Патент RU 7037 U1, МПК51 В23К 1/00 Устройство для упрочнения шнековых транспортеров / Биргер Л.А., Сырцов В.Н., Шапиро Н.А.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное предприятие «Электросварка». – 97101485/20. заявл. 22.01.1997; опубл. 16.07.1998. – 7 с.
14. Патент RU 64 974 U1, МПК51 В23Р 6/00 Упрочняющая накладка / Шилкин А.Н.; патентообладатель Шилкин А.Н. – 2006143463/22, заявл. 07.12.2006; опубл. 27.07.2007. – 8 с.

References

1. Grain feed distributors in livestock farms (2019), <https://infourok.ru>. Available at: <https://infourok.ru/nauchno-issledovatel'skaya-rabota-na-temu-proektirovanie-i-razrabotka-kormorazdatchika-zernofurazha-v-zhivotnovodcheskih-fermah-k-1244768.html?ysclid=ldyau0wpm9820061619> (accessed 18.04.23). (In Russ.)
2. Feed dispenser (2020), <https://www.bvl-farmtechnology.com> Available at: <https://www.bvl-farmtechnology.com/en/interesting-facts/feeding-equipment-guide/feed-mixer-faqs/> (accessed 18.04.23).
3. What is difference St37 and St52? (2022), <https://thesteelprice.com>. Available at: <https://thesteelprice.com/en/what-is-the-difference-s235-and-s355-what-is-the-difference-st-37-and-st-52/> (accessed 18.04.23). (In Russ.)
4. How long will the mixer feeder last? (2020), <https://euroagro.tech/>. Available at: https://xn----etbbralgsg1a5m.xn--p1ai/techno_articles/2020-05-12/skolko-prosluzhit-smesitel-kormorazdatchik-ili-snova-ob-iznose?ysclid=lfb6rtbjii807207737 (accessed 18.04.23).
5. Welding hard-alloy plates on the feed mixer auger (2021), <https://agrovesti.net>. Available at: <https://agrovesti.net/lib/advice/navarivanie-tverdosplavnykh-plastin-na-shnek-kormosmesitelya.html?ysclid=ldhdm5ewzj481988968> (accessed 18.04.23). (In Russ.)
6. Zadorozhniy, R.N., Romanov, I.V. (2022), 'Improving the wear resistance of the working bodies of agricultural machines by secondary hard-alloy materials', *Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya*. Vol. 18. № 1 (205), pp. 24–27.
7. Serbin, V.M. (2011), 'Structural methods for increasing the wear resistance of the working parts of screw machines', *Friction and lubrication in machines and mechanisms*, № 4. pp. 36–39. (In Russ.)
8. Sobachkin, A.V., Sitnikov, A.A., Yakovlev, V.I., Tatarikin, M.Ye., Loginova, M.V., Seydurov M.N. (2011), 'Improving the wear resistance of the working bodies of agricultural machines by electric arc surfacing with a powder electrode', *Polzunovskiy al'manakh*. № 4-2. Pp. 133–136. (In Russ.)

9. Ruzibaev, A.N., Shukurov, N.R., Khuzhanazarov, B.F. (2021) 'Ways to increase the durability of the teeth of the working body of engineering machines', *European Science*, vol. 3 (59), pp. 9–12.
10. Kolomeychenko A.V. (2005) 'Technological methods for increasing the wear resistance of MAO-coatings during restoration with hardening of machine parts', *Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin*, vol. 11, no. 1. Pp. 80–82. (In Russ.).
11. Lobachevskiy YA.P., Mironov D.A., Mironova A.V. (2023) 'The main directions of increasing the resource of quick-wearing working bodies of agricultural machines', *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. Vol. 17. № 1. Pp. 41–50. (In Russ.).
12. Lobachevskiy YA.P. et al. (2014) Novyye iznosostoykiye naplavochnyye materialy v sel'skokhozyaystvennom mashinostroyenii // *Agricultural machines and technologies*. № 6. Pp. 27–31. (In Russ.).
13. Pat. RU 7037 U1, MPK51 B23K 1/00 Device for strengthening screw conveyors / Birger L.A., Syrtsov V.N., Shapiro N.A.; applicant and patent holder Research and Production Enterprise "Elektrosvarka". – 97101485/20. dec. 01/22/1997; publ. 07/16/1998. – 7 p. (In Russ.).
14. Patent RU 64 974 U1, MPK51 B23P 6/00 Strengthening pad / Shilkin A.N.; patentee Shilkin A.N. –2006143463/22, appl. 07.12.2006; publ. 07/27/2007. – 8 p. (In Russ.).

Сведения об авторе

Керимов Мухтар Ахмиевич – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1976-7489.

Information about the author

Kerimov Mukhtar Akhmievich – Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Technical Systems in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 1976-7489.

Авторский вклад. Автор принимал непосредственное участие в формулировании основных направлений и в разработке концептуальных положений исследования, формировании общих выводов. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. The author was directly involved in the formulation of the main directions and in the development of the conceptual provisions of the study, the formation of general conclusions. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.04.2023; одобрена после рецензирования 08.08.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 18.04.2023; approved after reviewing 08.08.2023; accepted after publication 16.08.2023.

Научная статья
УДК 631.862.2
Код ВАК 4.3.1
doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-91-98

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ ПРИ СЕПАРАЦИИ НАВОЗНЫХ МАСС
СВИНОКОМПЛЕКСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА**

Николай Владимирович Миклашевский¹, Алексей Владимирович Бекренев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; mik11703@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-3394-5820>

²Общество с ограниченной ответственностью «Инновационные технологии в машиностроении»
(ООО «Иннотехмаш»), пр. Стачек, 47, г. Санкт-Петербург, 198097, Россия; bekrenov@itmspb.com

Реферат. Объектом исследования является система глубокой переработки навоза свиноккомплексов промышленного типа. Задачей исследований является теоретическое обоснование технологии физико-химической и биологической очистки жидкой фракции процесса сепарации навозных масс свиноккомплексов промышленного типа. В ходе исследования получены следующие результаты.

Установлено, что современные технологии глубокой переработки жидкой фракции предполагают ее физико-химическую и биологическую обработку с целью получения твердой фазы с высокими концентрациями биогенных элементов (азота, фосфора, калия, микроэлементов) и жидкой фазы (осветленной, обеззараженной, с минимальным содержанием органических веществ, содержащих биогенные элементы азот и фосфор). Известные технологии биологической очистки жидкой фракции навозных масс не предполагают восстановления качества жидкой фазы до современных норм повторного использования (например, для технического водоснабжения) или отведения в водоемы.

Глубокая переработка жидкой фракции позволяет получить органические удобрения в твердом и жидком виде. При отсутствии необходимых площадей для внесения жидких органических удобрений последние подлежат либо передаче третьим лицам, либо восстановлению для целей повторного использования (на технические нужды или для отведения в водоем).

Сформулирован приоритетный перечень показателей для жидкой фракции в результате сепарации навозных масс, значения которых должны быть известны для оценки возможности восстановления жидкой фракции для целей повторного использования (на технические нужды или для отведения в водоемы).

В зависимости от исходного солесодержания жидкой фракции разработана принципиальная схема ее физико-химической и биологической обработки с целью получения твердого органического удобрения и жидкой фазы, направляемой на повторное использование или в водоем.

Ключевые слова: навозный сток свиноккомплексов, жидкая фракция, биологическая очистка, отведение в водоем, повторное использование очищенных сточных вод, глубокая переработка, органические удобрения

Цитирование. Миклашевский Н.В., Бекренев А.В. Теоретические предпосылки разработки технологии очистки жидкой фракции при сепарации навозных масс свиноккомплексов промышленного типа // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72). – С. 91-98, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-91-98

THEORETICAL BACKGROUND OF THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY
FOR CLEANING THE LIQUID FRACTION WHEN SEPARATING MANURE
MASSES OF INDUSTRIAL TYPE PIG FARMSNikolay V. Miklashevskiy¹, Alexey V. Bekrenev²¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; mikl1703@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3394-5820>²LLC "Innovative Technologies in Mechanical Engineering", 47 Stachek Ave, St. Petersburg, 198097, Russia; bekrenev@itmspb.com; <https://www.itmspb.com/>

Abstract. The object of the study is the system of deep processing of manure of industrial type pig farms. The task of the research is to theoretical substantiate the technology of physicochemical and biological treatment of the liquid fraction of the process of separating manure masses of pig farms of industrial type. As a result of the study, the following results were obtained.

It has been established that modern technologies for deep processing of the liquid fraction involve its physicochemical and biological treatment in order to obtain a solid phase with high concentrations of biogenic elements (nitrogen, phosphorus, potassium, trace elements) and a liquid phase (clarified, disinfected, with a minimum content of organic substances, and containing biogenic elements nitrogen and phosphorus). Known technologies of biological treatment of the liquid fraction of manure masses do not imply restoration of the quality of the liquid phase to modern standards of reuse (e.g. for technical water supply) or discharge into water bodies.

Deep processing of the liquid fraction makes it possible to obtain organic fertilizer in solid and liquid form. In the absence of the necessary areas for applying liquid organic fertilizers, the latter are subject to either transfer to third parties or restoration for the purposes of reuse (for technical needs or for discharge into a reservoir).

A priority list of indicators for the liquid fraction as a result of the separation of manure masses has been formulated, the values of which must be known in order to assess the possibility of recovering the liquid fraction for reuse purposes (for technical needs or for disposal into water bodies).

Depending on the initial salinity of the liquid fraction, schematic diagram of its physicochemical and biological treatment have been developed in order to obtain a solid organic fertilizer and a liquid phase sent for reuse or to a reservoir.

Keywords: pig farm manure, liquid fraction, biological treatment, disposal into a reservoir, reuse of treated wastewater, deep processing, organic fertilizers

Citation. Miklashevskiy, N.V., Bekrenev, A.V. (2023) 'Theoretical background of the development of the technology for cleaning the liquid fraction when separating manure masses of industrial type pigs farms', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3, pp. 91-98 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-91-98

Введение. Обоснование технологии очистки жидкой фракции при сепарации навозных масс свинокомплексов промышленного типа необходимо для разработки научно-методического подхода к решению актуальной научно-практической проблемы максимального использования навоза свинокомплексов, содержащего ценные биогенные элементы (азот, фосфор, калий), а также для защиты компонентов окружающей среды от негативного воздействия на нее этих элементов. Работа выполнена на кафедре «Строительство зданий и сооружений» Санкт-Петербургского аграрного университета по договору с ООО «Иннотехмаш».

Цель исследования: формирование принципиальной технологической схемы по очистке жидкой фракции навозных масс для восстановления водной фазы с целью ее повторного применения либо отведения в водоемы, в том числе рыбохозяйственного значения, при максимальном использовании ценных биогенных элементов (азота, фосфора, калия), содержащихся в навозных массах свинокомплексов.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования является технология глубокой переработки навоза свинокомплексов промышленного типа. В задачи исследований входит изучение состава жидкой фракции при сепарации навозных масс свинокомплексов и анализ современных методов физико-химической и биологической очистки сточных вод.

Методом исследований является анализ литературных источников [1–4] по составу жидкой фракции навозных масс, включая полученные результаты анализа состава жидкой фракции свиноводческого комплекса ЗАО «Мордовский бекон», а также современных технологий переработки жидкой фракции с целью получения удобрения в твердой форме [1–8] и биологической очистки сточных вод [9–11].

Материалы исследований: современная научно-техническая [1–11] и нормативно-техническая литература по проблеме переработки жидкой фракции навозных масс свиноводческих комплексов, а также полученные при проведении исследований результаты анализа показателей жидкой фракции.

Научная новизна проведенных исследований заключается в теоретическом обосновании возможности глубокой биологической очистки с целью получения твердых органических удобрений и очищенных сточных вод для целей повторного использования или отведения в водоем.

Результаты исследования. Определены основные показатели жидкой фракции, образующейся после сепарации навозных масс свинокомплексов, которые необходимо учитывать при разработке технологической схемы очистки, а также значения данных показателей действующего предприятия ЗАО «Мордовский бекон». Приоритетный перечень этих показателей сформирован на основании нормативных требований к составу очищенных сточных вод, отводимых в водоемы, в том числе рыбохозяйственного значения.

В соответствии с полученными результатами разработана принципиальная схема комплексной физико-химической и биологической очистки жидкой фракции после сепарации навозных масс свинокомплексов.

В таблице 1 представлены значения основных показателей жидкой фракции навозных масс свинокомплекса ЗАО «Мордовский бекон», дано их сравнение с нормативами отведения в водоемы (предельно-допустимые концентрации ПДК загрязняющих веществ в водоемах рыбохозяйственного значения), приведены предполагаемые технологии достижения нормируемых показателей.

Таблица 1. Значения основных показателей жидкой фракции навозных масс свиного комплекса
 ЗАО «Мордовский бекон»
 Table 1. Values of the main indicators of the liquid fraction of the manure masses of the pig farm
 CJSC «Mordovian bacon»

№ п/п	Показатели	Концентрация (усредненный сток)	ПДК водоема рыбохозяйственного значения	Предполагаемая технология
1	БПК ₅ , мгО/дм ³	1235	3	ФХО*, БО**
2	ХПК, мгО/дм ³	3615	30	ФХО, БО
3	Взвешенные вещества, мг/дм ³	960	+0,25 к фону	ФХО, БО
4	Сухой остаток, мг/дм ³	7000	1000	ФХО, ОО***
5	рН	7,1	-	-
6	Гидрокарбонат-ионы	4800	Норм. по п.4	ФХО, ОО
7	Хлориды, мг/дм ³	430	350	ОО
8	Сульфаты, мг/дм ³	200	100	ОО
9	Общий азот, мг/дм ³	Более 1033	9,52	ФХО, БО
10	Аммоний (по N), мг/дм ³	1033	0,4	ФХО, БО
11	Нитриты, нитриты, мг/дм ³	0,028	9,1	БО
12	Фосфор общий, мг/дм ³	125	0,2	ФХО, БО
13	запах	Нет сведений	б/з	ФХО, БО
14	Цветность	Нет сведений	20	ФХО

Примечания: ФХО* – технология физико-химической очистки;

БО** – технология биологической очистки;

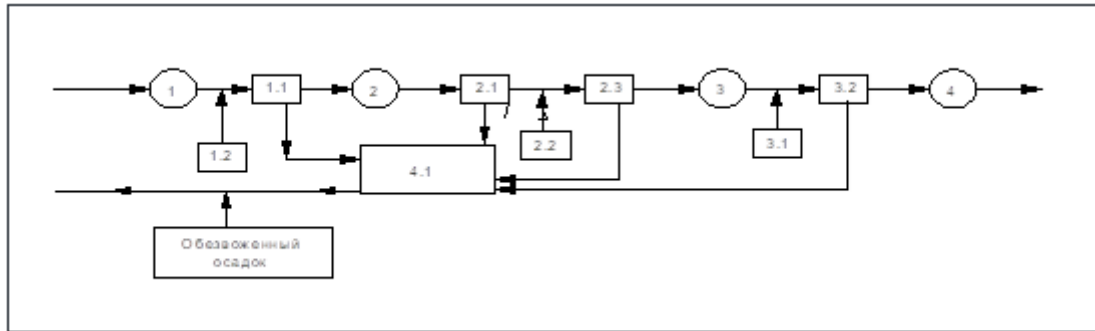
ОО*** – технология обратного осмоса.

При очистке жидкой фракции до норм отведения в водоемы необходимо предусматривать удаление грубодисперсных примесей (взвешенных веществ), снижение концентрации органических соединений (характеризующихся биологическим потреблением кислорода БПК и химическим потреблением кислорода ХПК), удаление биогенных элементов (фосфора и азота), а также снижение солесодержания (общего солесодержания, концентрации хлоридов и сульфатов) до норм отведения в водоемы. Также необходимо выполнять обеззараживание очищенных сточных вод (водной фазы жидкой фракции).

В случае если требование по солесодержанию (общему солесодержанию, концентрации хлоридов и сульфатов) к очищенной жидкой фазе не предъявляются, то технологическая схема комплексной физико-химической и глубокой биологической очистки жидкой фракции должна содержать блоки физико-химической очистки (разделения твердой и водной фаз жидкой фракции), блок глубокой биологической очистки с зонами нитрификации-денитрификации, зоной биологического удаления фосфора и зоной разделения очищенной воды и активного ила, а также блок доочистки и обеззараживания и блок обезвоживания осадка и избыточного ила.

Задачей физико-химической очистки является удаление грубодисперсных примесей (взвешенных веществ) с целью дальнейшего использования осадка в качестве твердого органического удобрения. Задачей биологической очистки является снижение в очищенной водной фазе концентрации органических соединений, азота и фосфора до ПДК этих веществ в воде водоемов. При этом общее солесодержание, концентрация хлоридов и сульфатов могут быть выше нормируемых значений.

На рисунке представлена принципиальная схема технологии комплексной физико-химической и глубокой биологической очистки жидкой фракции навозных масс.



Обозначения потоков:

- 1 – Исходная жидкая фракция
- 2 – Водная фаза после отстаивания или разделения фаз
- 3 – Биологически очищенная водная фаза
- 4 – Биологически очищенная, дочищенная и обеззараженная водная фаза

Обозначения элементов технологической схемы:

- 1.1 – отстойник или разделитель фаз
- 1.2 – станция дозирования реагентов
- 2.1 – биореактор с аэробной, аноксидной и анаэробной зонами
- 2.2 – компрессор
- 2.3 – разделитель фаз иловой смеси (вторичный отстойник)
- 3.1 – станция дозирования реагентов
- 3.2 – фильтр
- 4.1 – установка обезвоживания осадка

Рисунок. Технологическая схема комплексной физико-химической и глубокой биологической очистки жидкой фракции навозных масс при отведении водной фазы на использование
 Figure. Technological scheme of complex physical-chemical and deep biological treatment of the liquid fraction of manure masses when diverting the water phase for use

Исходная жидкая фракция после сепарации навозных масс (поток 1) с показателями качества, представленными в таблице 2, поступает для отстаивания в отстойник 1.1. Влажность жидкой фракции зависит от влажности навозных масс, поступающих на сепарацию, и технических характеристик сепаратора: она составляет величину 98% и выше. Рекомендуемое исполнение отстойника – вертикальное. Рекомендуемое время отстаивания – 2 часа. Без введения коагулянтов и флокулянтов эффективность отстаивания составляет 70–75%. При введении коагулянтов и флокулянтов эффективность отстаивания повышается до 80–85%. Из нижней части вертикального отстойника осадок влажностью 90–92% направляется на блок обезвоживания (на дегидратор) 4.1. Ввиду высокого содержания грубодисперсных примесей (до 20 г/дм³) может быть рассмотрен такой вариант устройства разделения фаз жидкой фракции, как шнековый дегидратор. После блока физико-химической очистки поток 2 направляется на блок глубокой биологической очистки активным илом по таким показателям, как БПК, ХПК, общий и аммонийный азот, фосфор. В то же время солесодержание, концентрация хлоридов и сульфатов изменяются незначительно. Блок глубокой биологической очистки имеет зоны нитрификации, денитрификации, удаления фосфора, разделения биологически очищенной воды и иловой смеси. Нитрификация осуществляется в аэробной зоне, денитрификация – в аноксидной зоне, биологическое удаление фосфора – в анаэробной зоне. Глубина биологической очистки определяется временем нахождения водной фазы в каждой зоне, которая определяется по уравнениям

ферментативной кинетики или по значениям удельной скорости нитрификации-денитрификации. В таблице 2 представлены прогнозируемые значения показателей качества биологически очищенной водной фазы (поток 3).

Таблица 2. Прогнозируемые значения показателей по потокам при очистке
 Table 2. Predicted values of indicators by flows during cleaning

Поток и	Значения нормируемых показателей								
	БПК, мг/дм ³	ХПК, мг/дм ³	Взвеш. вещ., мг/дм ³	Общий азот, мг/дм ³	Аммон азот, мг/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³	Солесодержание, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³
1	>1200	>4000	20000	>1000	>1000	>125	>1000	>350	>100
2	>1000	>3000	2000	>1000	>8000	>100	>1000	>350	>100
3	>3	>30	20	9,52	0,39	>0,2	>1000	>350	>100
4	3	30	+0,25 к фону	9,52	0,39	0,2	>1000	>350	>100

При использовании в качестве разделителя фаз иловой смеси вторичного отстойника биологически очищенная водная фаза содержит взвешенные вещества в концентрации 10–20 мг/л и значительное количество микробов, в том числе и патогенных (ОМЧ до 10¹⁰ ед.), что требует доочистки и обеззараживания на блоке доочистки и обеззараживания. При помощи станции дозирования 3.1 в биологически очищенную водную фазу могут дозироваться коагулянт и дезинфектант. Скоагулированные взвешенные вещества отфильтровываются на фильтре 3.2, а биологически очищенная и обеззараженная водная фаза направляется на повторное применение.

Обеззараживание также может быть выполнено путем УФ-облучения биологически очищенной и осветленной на фильтре 3.2 водной фазы, поскольку наличие в ней взвешенных веществ снижает эффективность обеззараживания. Прогнозируемые значения показателей на каждом этапе очистки определены на основании требований к очищенным сточным водам при отведении в водоем рыбохозяйственного значения и на основе применения известных технологий физико-химической и биологической очистки.

Задачами дальнейших исследований является анализ применимости существующих методик биологической очистки для расчета технологической схемы очистки водной фазы жидкой фракции после сепарации навозных масс свиноккомплексов промышленного типа и формирование методики расчета оборудования для глубокой биологической очистки. Экономическая эффективность рассматриваемой технологии может быть определена после проведения этих исследований.

Выводы. Установлено, что современные технологии глубокой переработки жидкой фракции предполагают ее физико-химическую и биологическую обработку с целью получения твердой фазы с высокими концентрациями биогенных элементов (азота, фосфора, калия, микроэлементов) и жидкой фазы (осветленной, обеззараженной, с минимальным содержанием органических веществ, содержащих биогенные элементы азот и фосфор).

Глубокая переработка жидкой фракции позволяет получить органическое удобрение в твердом и жидком виде. При отсутствии необходимых площадей для внесения жидких органических удобрений последние подлежат либо передаче третьим лицам, либо восстановлению для целей повторного использования (на технические нужды или для отведения в водоем).

Известные технологии биологической очистки жидкой фракции навозных масс не предполагают восстановления качества жидкой фазы до современных норм повторного использования (например, для технического водоснабжения) или отведения в водоемы.

Сформулирован приоритетный перечень показателей жидкой фракции в результате сепарации навозных масс, значения которых должны быть известны для оценки возможности восстановления жидкой фракции с целью повторного использования.

В зависимости от исходного солесодержания жидкой фракции разработана принципиальная схема ее физико-химической и биологической обработки с целью получения твердого органического удобрения и жидкой фазы, направляемой на повторное использование или в водоем.

Список источников литературы

1. Куликова, М.А. Переработка жидких отходов свинокомплексов на принципах наилучших доступных технологий / М. А. Куликова, К. О. Оковитая, О. А. Суржко // Международный исследовательский журнал. – 2021. – № 4 (106). – URL: <https://research-journal.org/archive/4-106-2021-april/pererabotka-zhidkix-otxodov-svinokompleksov-na-osnove-principov-nailuchshix-dostupnyx-technologij> (дата обращения: 20.06.2020) /2023). – doi: 10.23670/IRJ.2021.106.4.020.
2. Izmaylov, A. et al. Pig Manure Management: A Methodology for Environmentally Friendly Decision-Making. *Animals* 2022, 12, 747. <https://doi.org/10.3390/ani1206074>.
3. Головкин, А.Н., Бондаренко, А.М., Хаценко, А.В. Оптимизация процесса глубокой переработки жидких навозов животноводческих предприятий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (100). – С. 125–128.
4. Бондаренко, А.М. Исследование процесса переработки жидких навозов свинокомплексов передвижным агрегатом / А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова, А. В. Барышников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (86). – С. 133–136.
5. Шалавина, Е.В. Повышение эффективности переработки жидкой фракции свиного навоза за счет оптимизации технологических процессов и разработки адаптивных технологий. // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – № 4.
6. Monastyrskiy D.I. Application of modern business models when implementing resource saving technologies in the agrocomplex / D. I. Monastyrskiy, T. A. Kolesnikova, M. A. Kulikova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 677 (2021), 022074. DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022074.
7. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технологические условия-ИС.
8. Revision of the total nitrogen and phosphorus content in a cattle manure-based organic fertiliser in North-West Russia / A. Briukhanov, A. Trifanov, E. Shalavina [et al.] // *Agricultural and Food Science*. – 2021. – Vol. 30, No. 2. – Pp. 44-52. – doi: 10.23986/afsci.9919.
9. Биологическое удаление и восстановление питательных веществ из твердого и жидкого навоза: последние достижения и перспективы. *Bioresource Technology*, Volume 301, 2020, Article 122823. Muhammad Zubair, Siqi Wang, Panyue Zhang, Junpei Ye, Jinsong Liang, Mohammad Nabi, Zeyan Zhou, Xue Tao, Na Chen, Kai Sun, Junhong Xiao, Yajing Cai.
10. Ковалев, А.А. Обоснование применения систем анаэробно-аэробной очистки навозных стоков свинокомплексов / Д. А. Ковалев, А. А. Ковалев, Е.И. Азимжанов // Вестник Всероссийского НИИ механизации животноводства. – 2016. – № 4 (24). С. 116–119.
11. Миклашевский, Н. В. Условия и технологии использования сточных вод предприятий пищевой промышленности / Н. В. Миклашевский // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 60. – С. 22–27.

References

1. Kulikova M.A. et al. ‘Processing of liquid waste of pig farms based on the principles of the best available technologies’, *International Research Journal*, 4 (106), available at: <https://research-journal.org/archive/4-106-2021-april/pererabotka-zhidkix-otxodov-svinokompleksov-na-osnove-principov-nailuchshix-dostupnyx-technologij> (accessed: 06/20/2023), doi: 10.23670/IRJ.2021.106.4.020.

2. Izmaylov, A. et al. (2022) ‘Pig Manure Management: A Methodology for Environmentally Friendly Decision–Making’, *Animals*, 12, 747. <https://doi.org/10.3390/ani1206074>.
3. Golovko A.N., Bondarenko A.M., Khatsenko A.V. Optimization of the process of deep processing of liquid manure of livestock enterprises // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2023. No. 2 (100). pp. 125–128.
4. Bondarenko, A.M. Study of the process of processing liquid manure of pig farms with a mobile unit / A.M. Bondarenko, L.S. Kachanova, A.V. Baryshnikov // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. – 2020. – No. 6 (86). – Pp. 133-136. EDN: THWWLG.
5. Shalavina E.V. Improving the efficiency of processing the liquid fraction of pig manure by optimizing technological processes and developing adaptive technologies. *Vestnik VNIIMZH*. 2015. – No. 4.
6. Monastyrskiy D.I. Application of modern business models when implementing resource saving technologies in the agrocomplex / D.I. Monastyrskiy, T.A. Kolesnikova, M.A. Kulikova // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 677(2021) 022074 DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022074.
7. GOST R 54651-2011 Udobreniya organicheskie na osnove osadkov stochnykh vod. Tekhnologicheskie usloviya [Organic fertilizers on the basis of sewage sludge. Specifications] [in Russ.].
8. Revision of the total nitrogen and phosphorus content in a cattle manure-based organic fertiliser in North-West Russia / A. Briukhanov, A. Trifanov, E. Shalavina [et al.] // *Agricultural and Food Science*. – 2021. – Vol. 30, No. 2, pp. 44-52. – DOI 10.23986/afsci.99191. – EDN WALLMM.
9. Biological removal and nutrient recovery from solid and slurry: recent advances and perspectives. *Bioresource Technology*, Volume 301, 2020, Article 122823 Muhammad Zubair, Siqi Wang, Panyue Zhang, Junpei Ye, Jinsong Liang, Mohammad Nabi, Zeyan Zhou, Xue Tao, Na Chen, Kai Sun, Junhong Xiao, Yajing Cai.
10. Kovalev A.A. Substantiation of the use of systems for anaerobic-aerobic treatment of manure runoff of pig farms / Kovalev D.A., Kovalev A.A., Azimzhanov E.I. // *Bulletin of the All-Russian Research Institute of Livestock Mechanization*. 2016. – No. 4 (24). pp. 116-119. EDN: WTRMQX.
11. Miklashevsky, N.V. Conditions and technologies for the use of wastewater from food industry enterprises / N.V. Miklashevsky // *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*. – 2022. – No. 60. – Pp. 22–27. – EDN UFVFCZ.

Сведения об авторах

Миклашевский Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент, кафедры строительства зданий и сооружений ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 9760-1932.

Бекренев Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, инженер-проектировщик, ООО «Иннотехмаш».

Information about the authors

Nikolay V. Miklashevskiy – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor at the Department of Construction of buildings and structures, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», SPIN-code: 9760-1932.

Alexej V. Bekrenev – Candidate of Sciences in Technology, assistant professor Design Engineer at the Design Department, LLC «Innovative Technologies in Mechanical Engineering».

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.06.2023; одобрена после рецензирования 20.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 16.06.2023; approved after reviewing 20.08.2023; accepted after publication 22.08.2023.

Научная статья
УДК 535.241.44
Код ВАК 4.3.2
doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-99-107

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЛИСТА РАСТЕНИЯ В АГРОЭКОМОНИТОРИНГЕ

Елена Николаевна Ракутько¹, Геннадий Валериевич Медведев²,
Сергей Анатольевич Ракутько³

¹ Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д. 3, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196625, Россия; elena.rakutko@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; genatswaly@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3685-7332>

³ Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д. 3, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196625, Россия; sergej1964@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>

Реферат. Агрэкоэкоэстемы в современном техногенном мире подвержены сильному антропогенному влиянию. В этих условиях актуальной задачей является разработка методов экологического мониторинга. Информация о текущем статусе агроэкоэстемы и тенденции ее развития может быть получена путем биоиндикационной оценки, по растениям. Их общее состояние, формируемое под влиянием совокупности экологических факторов, является показателем степени стрессовых воздействий, нарушающих нормальное течение физиологических процессов в организме растения. Основные подходы к оценке состояния растений – по функциональному состоянию, оцениваемому по среднему значению некоторого признака, и по стабильности их развития, оцениваемой по флуктуирующей асимметрии (ФА) того же признака. Яркость листа растения, характеризующая его отражательные свойства, является перспективным признаком для использования в экологическом мониторинге. Для проведения измерений был изготовлен лабораторный стенд, позволяющий определить среднее значение доли зеркального компонента отраженного от листа потока и его ФА. Устройство обеспечивает цифровую фотосъемку листьев растений в отраженном свете при различных углах падения и наблюдения. Способ экологического мониторинга апробировали в условиях естественной и искусственной экосистем на растениях сирени (*Syringa vulgaris*) и перца (*Capsicum Annuum L.*). Найдено, что длительные отклонения качества окружающей среды не сказались на изменении среднего значения доли зеркальной компоненты у сирени, растущей в естественных условиях. При этом наблюдалось увеличение величины ФА этого показателя, что свидетельствует о влиянии степени антропогенной нагрузки на стабильность развития сирени. На примере растений перца, выращиваемого в искусственных условиях, выявлена возможность использования предложенного способа экологического мониторинга при оценке режимов полива.

Ключевые слова: агроэкоэстема, биоиндикация, экологический мониторинг, растение, лист, яркость, зеркальная компонента

Цитирование. Ракутько Е.Н., Медведев Г.В., Ракутько С.А. Применение отражательных свойств листа растения в агроэкоэмониторинге // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (72) – С. 99-107, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-99-107

REFLECTANCE PROPERTIES APPLICATION OF THE PLANT LEAF
IN AGROECOMONITORINGElena N. Rakutko¹, Gennady V. Medvedev², Sergei A. Rakutko³

¹ Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSAC VIM, Filtrovskoje Shosse, 3, St. Petersburg, Pushkin, 196625, Russia; elena.rakutko@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>

² FSBEI HE «Saint-Petersburg State Agrarian University», Petersburg Sh.,2, St. Petersburg, Pushkin, 196601, Russia; genatswaly@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3685-7332>

³ Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSAC VIM, Filtrovskoje Shosse, 3, St. Petersburg, Pushkin, 196625, Russia; sergej1964@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>

Abstract. Agroecosystems in the modern technogenic world are subject to strong anthropogenic influence. Under these conditions, the development of environmental monitoring methods is an urgent task. Information on the current status of the agroecosystem and its development trend can be obtained by bioindication assessment, by plants. Their general state formed under the influence of a set of environmental factors is an indicator of the degree of stress influences disturbing the normal course of physiological processes in the plant organism. The main approaches to assessing the state of plants are by functional state estimated by the average value of some trait and by stability of their development estimated by fluctuating asymmetry (FA) of the same trait. The brightness of a plant leaf, which characterises its reflective properties, is a promising trait for use in environmental monitoring. To perform the measurements, a laboratory bench was constructed to determine the average value of the fraction of the specular component of the flux reflected from the sheet and its FA. The device provides digital photography of plant leaves in reflected light at various angles of incidence and observation. The method of ecological monitoring was tested in natural and artificial ecosystems, on lilac (*Syringa vulgaris*) and pepper (*Capsicum Annuum L.*) plants. It was found that long-term deviations in environmental quality did not affect the change in the mean value of the mirror component fraction in lilacs growing under natural conditions. At the same time, an increase in the FA value of this index was observed, indicating the influence of the degree of anthropogenic load on the stability of lilac development. On the example of pepper plants grown in artificial conditions, the possibility of using the proposed method of environmental monitoring in the assessment of irrigation regimes was revealed.

Key words: *agroecosystem, bioindication, ecological monitoring, plant, leaf, brightness, mirror component*

Citation. Rakutko S.A., Rakutko E.N. (2023) 'Reflectance properties application of the plant leaf in agroecomonitoring', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 73, no. 3, pp. 99–107 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-99-107

Введение. Агрэкоэкоэстемы в современном техногенном мире подвержены сильному антропогенному влиянию. В этих условиях актуальной задачей является разработка методов экологического мониторинга [1; 2]. Информация о текущем состоянии агрэкоэкоэстемы и тенденции ее развития, необходимая для разработки экологически чистых технологий, комплексов машин и оборудования для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции, может быть получена путем биоиндикационной оценки, по растениям [3]. Их общее состояние, формируемое под влиянием совокупности экологических факторов, является показателем степени стрессовых воздействий, нарушающих нормальное течение физиологических процессов в организме растения [4].

Одним из критериев оценки общего состояния растений является их функциональное состояние, т. е. физиологическое состояние, отражающее уровень функционирования растения в целом или отдельных его систем, а также показывающее приспособленность растения к условиям его существования. Функциональное состояние растений в значительной

мере подвержено влиянию факторов естественной или регулируемой окружающей среды и изменяется соответственно изменению последних.

Другим подходом к оценке общего состояния растений является морфогенетический, при котором об изменениях в растениях вследствие нарушений гомеостаза судят по стабильности их индивидуального развития. Численным показателем и критерием оценки стабильности развития является флуктуирующая асимметрия (ΦA) билатеральных (в норме зеркальных) признаков. Последняя определяется как следствие сбоя онтогенетических процессов в живом организме под влиянием факторов окружающей среды, которые нарушают взаимосвязь частей растения, что препятствует сохранению их симметрии. Такие изменения в живом организме происходят задолго до того, как действие факторов окружающей среды скажется на функциональном состоянии растения. В качестве билатеральных при расчете величины ΦA используют как морфологические (ширину листа, расстояния между характерными точками листовой поверхности, углы между жилками), так и не морфологические (физиологические или биохимические) признаки растений.

Традиционно для экологического мониторинга используют оптические свойства листьев растений [5; 6]. Отражательные свойства листьев также широко используются при экологическом мониторинге и оценке качества среды [7]. Например, яркость поверхности листа характеризует его отражательные свойства, зависящие от состояния растения и протекающих в нем биохимических процессов [8]. Яркость используется при дистанционных неразрушающих измерениях [9]. Коэффициент яркости представляет собой отношение яркости исследуемого образца материала к яркости диффузного эталона при их одинаковом облучении источником излучения при различных углах падения и наблюдения. Яркость измеряют с помощью специальных фотометрических приборов – гониофотометров и гониорефлектометров, принцип действия которых заключается в обеспечении поворота освещенного образца относительно приемного устройства, во вращении приемной части вокруг образца или в сочетании обоих поворотов [10]. Как правило, это дорогие и громоздкие устройства, они используются в оптических измерениях; обеспечиваемая ими точность избыточна при работе с биологическими объектами.

При отражении от листа смешанный световой поток содержит две компоненты: диффузную, в большей или меньшей степени соответствующую косинусному закону, и зеркальную, поток которой сосредоточен в достаточно малом телесном угле [11]. Диффузная компонента образуется благодаря наличию на поверхности листа растения различных видов шероховатостей и неровностей. Причина их появления – сниженный тургор, дефицит элементов питания, повреждение поверхности под влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды. Напротив, большая доля в смешанном потоке зеркальной компоненты свидетельствует о лучшем экологическом состоянии растения, об отсутствии необходимости внешнего вмешательства (полив, подкормка или другие формы ухода за растением).

Целью работы является оценка возможности применения отражательных свойств листа растений при экологическом мониторинге агроэкосистем.

Материалы, методы и объекты исследования. Для проведения измерений был изготовлен лабораторный стенд (Заявка на ПМ № № 2023108309. 04.04.2023 «Гониофотометр для исследования листьев растений»). Стенд (рисунок) содержит корпус, состоящий из горизонтальной платформы 1 и прикрепленной к ней вертикальной стойки 2, к которой неподвижно прикреплена горизонтальная ось 3.

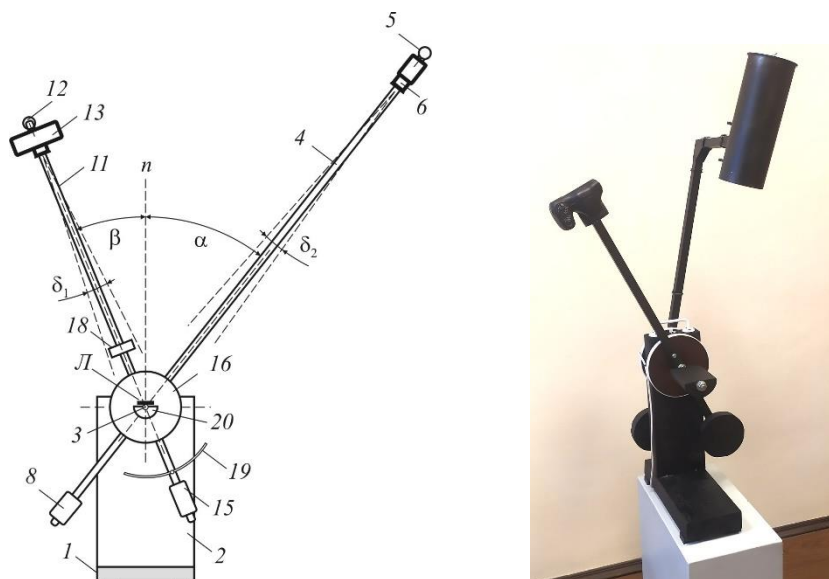


Рисунок. Схема станда (слева) и его внешний вид (справа). Пояснения в тексте
 Figure. Design of the device (left) and its appearance (right). Explanations in the text

По одну сторону стойки 2 на горизонтальной оси 3 с возможностью вращения вокруг нее закреплена штанга 4, к одному концу которой прикреплена горизонтальная планка 5 с закрепленным на ней осветителем 6. На другом конце штанги 4 закреплен противовес 8. Штанги соединены со шкалами, проградуированными в угловых величинах. По другую сторону стойки 2 на оси 3 с возможностью вращения вокруг нее закреплена штанга 11, к одному концу которой прикреплена горизонтальная планка 12 с закрепленной на ней камерой 13. К другому концу штанги 11 прикреплен противовес 15. На штанге 11 в поле зрения камеры 13 закреплен дисплей 18.

На штанге 11 со стороны противовеса 15 закреплен экран 19 из светопоглощающего материала. Объект исследования (лист растения L) закреплен на держателе 20. Держатель 20, имеющий плоскую и цилиндрическую площадки, содержит эталонные поверхности с минимальным и максимальным коэффициентами яркости и закреплен на оси 3 с возможностью поворота вокруг нее. Управление стандом производится от контроллера.

При работе с устройством держатель поворачивают вокруг горизонтальной оси 3 так, чтобы в соответствии с планом измерений вверху была расположена его плоская либо цилиндрическая площадка. На площадке закрепляют образец, например, лист растения L . Выставляют углы освещения α (по шкале 9) и наблюдения β (по шкале 16). Включают источник света в осветителе 6. Параллельный пучок света, сформированный линзами осветителя (на рисунке не показаны), отражаясь от поверхности образца L , формирует на чувствительной матрице камеры 13 изображение, интенсивность отдельных пикселей которого пропорциональна яркости соответствующих точек поверхности образца. Компонентные размеры элементов устройства выбраны таким образом, что дисплей 18, расположенный на штанге 11, находится в поле зрения камеры 13, но не перекрывает изображение образца L . На дисплее 13 отображаются текущие значения углов α и β , а также, при необходимости, другая информация, относящаяся к условиям фотометрирования и вводимая с клавиатуры (на рисунке не показана) в контроллер: номер образца, дата и время проведения измерений, тип камеры и т. д. Поскольку дисплей расположен на той же штанге,

что и камера, на получаемом снимке его изображение находится всегда в одном и том же месте, что делает более удобной последующую работу с массивом полученных снимков. Одновременно в кадре присутствуют изображения эталонных поверхностей 21 и 22 с известными минимальным и максимальным коэффициентами яркости, по которым калибруют значения интенсивности выбранных пикселей на изображении листа.

Фон для получаемого кадра создает экран 19 из светопоглощающего материала. По сигналам от контроллера блок управления обеспечивает работу осветителя и камеры. Изменение углов освещения и наблюдения производится поворотом соответствующих штанг вокруг горизонтальной оси. Экспериментально определенная точность устройства (и соответственно, метода определения отражательных свойств листа растения) составляет 10% в пределах углов α и $\beta \pm 80^\circ$.

Метод апробировали в условиях естественной и искусственной экосистем. В первой серии экспериментов определяли стрессовое состояние растений сирени (*Syringa vulgaris*), произрастающей в местах с различной экологической ситуацией, отличающейся по степени антропогенной нагрузки: I) в центральной части Екатерининского парка (г. Пушкин); II) вблизи одного из перекрестков центральных улиц г. Пушкин, характеризующегося значительным автомобильным трафиком. Во второй серии экспериментов выращивали растения перца (*Capsicum Annuum L.*) в искусственных условиях, при этом непосредственно перед измерениями растениям обеспечивали I) нормальную и II) уменьшенную дозу полива.

Для определения доли зеркальной компоненты в смешанном отраженном потоке при экологическом мониторинге использовали разработанную оригинальную методику (Заявка на изобретение № 2023111710. 05.05.2023 «Способ экологического мониторинга стрессовых состояний растений»). При измерениях штангу 11 с цифровой камерой станда фиксировали в вертикальном положении. Штангу с источником света, создающим параллельный поток, поочередно размещали под углом 20° в одну и в другую сторону от линии визирования камеры. Распределение поля яркости на цифровом снимке визуализировали в программе ImageJ в виде кривой (индикатрисы) зависимости коэффициента отражения от линейной координаты, измеряемой вдоль прямой, перпендикулярной линии визирования камеры. На полученной кривой смешанного отражения выделяли участок резкого всплеска, соответствующий появлению зеркальной компоненты отражения, определяли положение данного участка относительно края снимка и его размер. На том же расстоянии от другого края снимка (симметрично относительно проекции центральной жилки на указанную линейную координату) выделяли участок диффузной компоненты отражения того же размера. Для большего удобства при работе в полевых условиях был изготовлен компактный прибор (Заявка на ПМ № 2023113153. 22.05.2023 «Устройство для экологического мониторинга стрессовых состояний растений»).

Находили коэффициенты отражения для каждого выделенного участка для смешанного потока и его диффузной компоненты при первом ρ_L^c и ρ_R^d и втором ρ_R^c и ρ_L^d положении источника света. Величины коэффициентов зеркального отражения ρ_R^3 и ρ_L^3 находили как разницу соответствующих коэффициентов отражения смешанного потока и его диффузной компоненты. Находили значения доли зеркальной компоненты как билатерального признака для выделенных участков листа $v_L = \rho_L^3 / \rho_L^c$ и $v_R = \rho_R^3 / \rho_R^c$. Находили среднее значение

доли зеркальной компоненты $\bar{v} = (v_L + v_R)/2$, по которому судили о функциональном состоянии растения. Находили значение ΦA доли зеркальной компоненты $\Phi A_v = |v_L - v_R|/(v_L + v_R)$, по которому судили о стабильности развития растения.

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием программ EXCEL и STATISTICA. Значимость различий средних значений доли зеркальной компоненты определяли с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Значимость различий величин ΦA определяли с помощью U -критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования. В таблице представлены найденные средние значения доли зеркальной компоненты \bar{v} и ее флуктуирующей асимметрии ΦA_v для растений, выращенных в естественной (сирень) и искусственной (перец) экосистемах. Условия окружающей среды: *I* – заведомо благоприятные (меньшая степень антропогенного воздействия в естественной экосистеме и нормальная влажность субстрата в момент производства измерений для искусственной экосистемы); *II* – менее благоприятные (большая степень антропогенного воздействия в естественной экосистеме и сниженная влажность субстрата в момент производства измерений для искусственной экосистемы).

Таблица. Показатели отражательных свойств растений
 Table. Indicators of the reflective properties of plants

Показатель	Сирень		Перец	
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>I</i>	<i>II</i>
\bar{v}	0,34±0,06	0,35±0,04	0,75±0,05	0,65±0,04
ΦA_v	0,0250	0,0412	0,0382	0,0349

Полученные данные для двух видов растений выявили существенный диапазон изменения отражательных свойств листьев – как средней величины доли зеркальной компоненты \bar{v} , так и ее флуктуирующей асимметрии ΦA_v .

У листьев растений сирени значения \bar{v} не отличаются значимо между собой для обоих вариантов условий окружающей среды (0,34±0,06 и 0,35±0,04 отн. ед.). Это означает, что в индивидуальном развитии листа влияние степени антропогенной нагрузки (в первую очередь загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом) на отражательные свойства тканей его пластинки было незначимым. Однако отличия по ΦA_v оказались весьма существенными (0,0250 и 0,0412 отн. ед.). Это означает, что антропогенная нагрузка повлияла на тонкие механизмы управления гомеостазисом. Увеличение ΦA свидетельствует о снижении стабильности развития растений в условиях антропогенной нагрузки.

У листьев перца, напротив, в менее благоприятных условиях по обеспечению влагой наблюдалось значимое снижение параметра \bar{v} (0,65±0,04 отн. ед. против 0,75±0,05 отн. ед.). Однако поскольку экспериментальные и контрольные растения до момента измерений выращивались в одинаковых условиях, стабильность развития растений, характеризуемая величиной ΦA_v , значимо не различалась у обеих групп растений (0,0382 и 0,0349 отн. ед.)

Выводы. Методы биоиндикации предоставляют удобную возможность для проведения экологического мониторинга экосистемы. Рассмотренный способ мониторинга предусматривает нахождение среднего значения доли зеркальной компоненты отраженного

от листа растения потока. По этому значению судят о функциональном состоянии растения в данный момент времени. Флуктуирующая асимметрия данного показателя позволяет судить о стабильности развития растения в течение всего онтогенеза. Исходными данными являются индикатрисы яркости. Разработанный для определения индикатрис яркости макет стенда по сравнению с уже существующими устройствами отличается простотой, низкими затратами на изготовление, большей скоростью проведения исследований. Его особенностью является повышение информативности результатов измерений за счет сохранения параметров фотометрирования на снимке, содержащем изображение фотометрируемого образца. Устройство обеспечивает цифровую фотосъемку листьев растений в отраженном свете при различных углах падения и наблюдения. Апробация предложенного способа экологического мониторинга показала существенный диапазон изменения отражательных свойств листьев у двух видов растений. Найдено, что длительные отклонения качества окружающей среды не сказались на изменении среднего значения доли зеркальной компоненты у сирени, растущей в естественных условиях. При этом наблюдалось увеличение значения флуктуирующей асимметрии этого показателя, что свидетельствует о влиянии степени антропогенной нагрузки на стабильность развития растений. На примере растений перца, выращиваемого в искусственных условиях, выявлена возможность использования предложенного метода при оценке режимов полива на основе проведения экологического мониторинга.

Список источников литературы

1. Кулик, К.Н. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны / К. Н. Кулик, А. С. Исаков, В. В. Новочадов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1 (61). – С. 25–36.
2. Ракутько, Е. Н. О возможности биоиндикации окружающей среды по флуктуирующей асимметрии оптической плотности листьев растений / Е. Н. Ракутько, С. А. Ракутько // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – 1(69). – С. 563–575.
3. Ракутько, Е.Н. Методы биоиндикационной оценки состояния агроэкосистем: аналитический обзор / Е. Н. Ракутько, С. А. Ракутько, Су Цзянь, Ма Ян // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 1 (110). – С. 19–42.
4. Ерошенко, Ф.В. Оценка состояния растений методами экспресс-диагностики / Ф. В. Ерошенко, И. Г. Сторчак, И. В. Чернова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 7 (186). – С. 19–25.
5. Ustin, S. L. How the optical properties of leaves modify the absorption and scattering of energy and enhance leaf functionality / Ustin S. L., Jacquemoud S. // *Remote Sensing of Plant Biodiversity*. 2020, pp. 349–384. Springer International Publishing.
6. Ракутько, С.А. Способ биоиндикации агроэкосистем с применением метода компьютерной морфоцветометрии / С. А.Ракутько, Е. Н. Ракутько // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1 (70). – С. 111–119.
7. Sun, Z. Optical properties of reflected light from leaves: A case study from one species / Sun Z., Wu D., Lv Y., Lu S. 2019. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 57, No. 7, pp. 4388–4406.
8. Zhang, X.Z. Review of Research and Application for Vegetation BRDF / Zhang X.Z., Du P.P., He Y., Fang H. // *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. 2017. 37(3): pp. 829–835. Chinese, English.
9. Lukeš, P. Upscaling seasonal phenological course of leaf dorsiventral reflectance in radiative transfer model / Lukeš P., Neuwirthová E., Lhotáková Z., Janoutová R., Albrechtová J // *Remote Sens. Environ.*, vol. 246, Sep. 2020, Art. no. 111862.

10. Лабунец, Л.В. Регуляризованная параметрическая модель индикатрисы коэффициента яркости шероховатой поверхности / Л. В. Лабунец, А. Б. Борзов, И. М. Ахметов // Оптический журнал. – 2019. – Т. 86. – № 10. – С. 20–29.
11. Олейников, М.И. Феноменологический подход к построению физически корректной модели отражения материалов и покрытий в видимом диапазоне / М. И. Олейников, О. И. Чёста, И. В. Осипова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 3. – С. 280–288.

References

1. Kulik, K. N., Isakov, A. S., Novochadov, V. V. (2021) New opportunities for the analysis of leaf blades of bioindicator trees in assessing the state of the environment in an arid zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 1(61). Pp. 25–36.
2. Rakutko, E. N., Rakutko, S. A. (2023) Possibility of bioindication of environment by the fluctuating asymmetry of leaf optical density. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* No. 1(69), pp. 563–575.
3. Rakutko, E.N., Rakutko, S.A., Jian, S., Yan, M. (2022) ‘Methods of bioindicative assessment of the state of agroecosystems: an analytical review’, *AgroEcoEngineering*. No. 1 (110), pp. 19–42.
4. Eroshenko, F.V., Storchak, I.G., Chernova, I.V. (2019) ‘Assessment of the state of plants by methods of express diagnostics’, *Agrarian Bulletin of the Urals*. No. 7 (186), pp. 19–25.
5. Ustin S. L., Jacquemoud S. (2020) How the optical properties of leaves modify the absorption and scattering of energy and enhance leaf functionality. In *Remote Sensing of Plant Biodiversity* (pp. 349–384). Springer International Publishing.
6. Rakutko, S.A., Rakutko, E.N. (2023) Method for bioindication of agroecosystems based on computer morpho-colorimetry. *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 70, no.1, pp. 111–119.
7. Sun Z., Wu D., Lv Y., Lu S. (2019) Optical properties of reflected light from leaves: A case study from one species. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 57, no. 7, pp. 4388–4406.
8. Zhang X.Z., Du P.P., He Y., Fang H. (2017) Review of Research and Application for Vegetation BRDF. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. no 37(3). pp 829-35. Chinese, English.
9. Lukeš, P. et al. (2020) ‘Upscaling seasonal phenological course of leaf dorsiventral reflectance in radiative transfer model’, *Remote Sens. Environ.*, vol. 246, Sep., Art. no. 111862.
10. Labunets, L.V., Borzov, A.B., Akhmetov, I.M. (2019) ‘Regularized parametric model of the indicatrix of the luminance coefficient of a rough surface’, *Optical magazine*, vol. 86, no. 10, pp. 20–29.
11. Oleinikov, M.I., Chesta, O.I., Osipova, I.V. (2022) ‘Phenomenological approach to building a physically correct model of reflection of materials and coatings in the visible range’, *Izvestia of the Tula State University. Technical science*. No. 3, pp. 280–288.

Сведения об авторах

Ракутько Елена Николаевна – научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, SPIN-код: 1427-3360.

Медведев Геннадий Валериевич – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологий Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, SPIN-код: 3335-0521.

Ракутько Сергей Анатольевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологий Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, главный научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, SPIN-код: 5103-4590.

Information about the authors

Rakutko Elena Nikolaevna – Researcher at the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, SPIN-code: 1427-3360.

Gennady V. Medvedev – DSc (Engineering), Professor at the Department of Energy Supply of Companies and Electrical Technologies, Saint-Petersburg State Agrarian University, SPIN-code: 3335-0521.

Rakutko Sergei Anatolievich – DSc (Engineering), Chief Researcher at the Department of Energy Supply of Companies and Electrical Technologies, "Saint-Petersburg State Agrarian University"; Chief Researcher at the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, SPIN-code: 5103-4590.

Авторский вклад. Все авторы статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и поиске литературы. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors’ contribution. All authors of this paper have directly participated in the study planning and execution, and literature survey. All authors have read and approved the final version of the paper submitted.

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

Статья поступила в редакцию 08.06.2023; одобрена после рецензирования 13.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 08.06.2023; approved after reviewing 13.08.2023; accepted after publication 22.08.2023.

Научная статья

УДК 683.569.2

Код ВАК 4.3.1

doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-107-116

**РАЗРАБОТКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА АВТОВЫШКИ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ НА ВЫСОТЕ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

**Вера Михайловна Худякова¹, Надежда Владимировна Матюшева²,
Олег Владимирович Жадан³**

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; vmsafonova@mail.ru;
<http://orcid.org/0000-0002-9691-4610>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; nadusha1705@yandex.ru;
<http://orcid.org/0000-0001-9442-7723>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Россия; spbgau.pgs@yandex.ru

Реферат. Автовышки и автоподъемники (АГП) предназначены для подъема людей на высоту для выполнения определенных работ в различных отраслях производства, в том числе и в агропромышленном комплексе (АПК), в связи с чем к безопасности работы этой специальной техники, её составных частей и агрегатов предъявляются очень серьезные требования. Проводя анализ работы автоподъемной техники и обеспечения техники безопасности людей, работающих на высоте, при

эксплуатации автовышек и автоподъемников в АПК можно отметить факты травматизма, связанные с нарушением техники безопасности, а также с несрабатыванием существующих технических средств, направленных на страховку от обрушения конструкций в случае поломки или аварии. Несмотря на внедрение новых технологий по обеспечению безопасности, количество аварий и несчастных случаев при использовании подъемной техники до сих пор остается на высоком уровне.

Проведенный анализ существующих технических средств предотвращения самопроизвольного обрушения рабочих площадок автоподъемной техники на соответствие их требованиям безопасности показал, что проблема обеспечения безопасности людей, работающих на высоте с использованием автоподъемной техники в агропромышленном производстве, является актуальной и на сегодняшний момент.

К сожалению, анализ устройств безопасности автовышек и автогидроподъемников показывает явную незащищенность рабочих, находящихся на высоте, при наступлении критических ситуаций, а именно при непроизвольном обрушении стрелы автовышки. Так, при гидравлическом отказе системы или при остановке двигателя существующие приборы безопасности способны предотвратить травмоопасную ситуацию, а при механической неисправности (обрыв точек крепления гидроцилиндра, разрушение гидроцилиндра, загибание штока гидроцилиндра и др.) существующие приборы безопасности не в состоянии обеспечить право работника на безопасный труд.

Одним из немногих выходов в сложившейся ситуации является применение предохранительных устройств и механизмов для предотвращения самопроизвольного опускания стрелы подъемника и, соответственно, рабочей площадки, на которой находятся рабочие.

Ключевые слова: автовышка, работа на высоте, безопасность, предохранительное устройство, охрана труда, машины и оборудование, АПК, аварийность

Цитирование. Худякова В.М., Матюшева Н.В., Жадан О.В. Разработка предохранительного устройства автовышки для обеспечения безопасности работников на высоте в АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – 3 (72). – С. 107-116, doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-107-116

SAFETY DEVICE DEVELOPMENT FOR A TOWER VEHICLE TO ENSURE THE SAFETY OF WORKERS AT HEIGHT IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Vera M. Khudiakova¹, Nadezhda V. Matyusheva², Oleg V. Zhadan³

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; vmsafonova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9691-4610>

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; nadusha1705@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9442-7723>

³Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; spbgau.pgs@yandex.ru

Abstract. Tower vehicle and auto lifts (AHL) are designed to lift people to a height to perform certain works in various industries, including the agro-industrial complex (AIC), in connection with which very serious requirements are imposed to the safety of this special equipment, its components and aggregates. When analysing the operation of aerial lifting equipment and the safety of people working at heights during the operation of aerial lifts in the agro-industrial complex, it is possible to note the facts of traumatism associated with violations of safety techniques, as well as with the failure of existing technical means aimed at insuring against the collapse of structures in case of breakdown or accident.

Despite the introduction of new safety technologies, the number of accidents and incidents involving lifting equipment is still high.

The conducted analysis of existing technical means of prevention of spontaneous collapse of working platforms of auto-lifting equipment on conformity to their safety requirements has shown that the problem of providing safety of people working at height with the use of auto-lifting equipment in agro-industrial production, is actual and for today.

Unfortunately, the analysis of the safety devices of aerial towers and aerial lifts shows a clear lack of protection of workers at height in critical situations, namely in case of unintentional collapse of the boom of the aerial lift. For example, in case of hydraulic system failure or engine stoppage, the existing safety devices are capable of preventing an injury hazardous situation, while in case of mechanical malfunction (breakage of hydraulic cylinder fixing points, destruction of hydraulic cylinder, bending of hydraulic cylinder rod, etc.) the existing safety devices are not capable of ensuring the employee's right to safe labour.

One of the few solutions to this situation is the use of safety devices and mechanisms to prevent spontaneous lowering of the boom of the hoist and, consequently, the working platform in which the workers are located.

Keywords: tower vehicle, work at height, safety, safety device, labour protection, machinery and equipment, agro-industrial complex, accident rate

Citation. Khudiakova V.M, Matyusheva N.V, Zhadan O.V. (2023) 'Safety device development for a tower vehicle to ensure the safety of workers at height in the agro-industrial complex', *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 72, no. 3, pp. 107–116 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-3-107-116

Введение. На современном этапе развития агропромышленного производства немислимо представить его работу без эксплуатации и обслуживания автомобильных кранов, манипуляторов и т. д. Любое использование машин помогает снизить трудозатраты на транспортные и погрузочные работы, где ручной труд очень тяжелый. В списке неисправностей автовышек лидирующие позиции занимают четыре пункта:

- 1) нарушение технологической и трудовой дисциплины;
- 2) неправильные или несогласованные действия обслуживающего персонала;
- 3) неисправность технических устройств;
- 4) неисправность приборов безопасности.

Проведенный анализ расследования актов несчастных случаев на подъемниках, в том числе в агропромышленной отрасли, выявил большое количество замечаний к полноте и качеству проводимых обследований и экспертиз промышленной грузоподъемной техники, использование техники, а также отработавшей нормативный срок службы, и использование импортного оборудования без дополнительного обучения [1; 2].

Основные факторы аварий при эксплуатации подъемной техники – неисправность технических устройств безопасности, неудовлетворительный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности, а также нарушение технологической и трудовой дисциплины, неправильные или несогласованные действия обслуживающего персонала [3]. Анализируя аварийность по видам подъемных сооружений, используемых в агропромышленном производстве при выполнении работ с эксплуатацией автовышек, можно отметить следующую тенденцию: парк автовышек постоянно увеличивается, а их аварийность по отношению к общему числу аварий при использовании подъемной техники остается на прежнем высоком уровне.

В связи со сложившейся ситуацией было принято решение разработать устройство повышения безопасности, которое сможет предотвратить самопроизвольное опускание

платформы с рабочими как при гидравлических отказах в системе, так и при механических. Предполагаемое устройство безопасности должно обеспечить предотвращение травмоопасной ситуации, предотвратить травмирование или даже смерть работника, а также уменьшить затраты на ремонт самого оборудования, так как при самопроизвольном обрушении несущие конструкции испытывают огромные нагрузки, что приводит к их разрушению (см. рисунок 1).



Рисунок 1. **Последствия падения люльки на площадку лестничного марша**
Figure 1. **The consequences of the cradle fall to the landing of the flight of stairs**

Во время падения люлька ударила правой стороной о площадку лестничного марша, расположенного с внешней стороны здания на высоте 2,7 м, при выполнении работ по обслуживанию осветительных приборов на территории тепличного хозяйства.

Цель исследования. Совершенствование условий и безопасности труда работников в агропромышленном производстве за счет устройства повышения безопасности при эксплуатации автовышек.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве объекта исследования рассматриваются подъемные механизмы, используемые в строительстве чаще всего, а также проблемы их безопасного эксплуатирования при выполнении подъемных и ремонтных работ на объектах в АПК. В работе предложены инженерно-технические мероприятия по разработке проекта предохранительного устройства для стрелы автовышки. Проанализированы причины, а также статистические данные несчастных случаев вследствие обрушения стрелы автовышки за 1997–2007 гг. Из проведенного анализа видно, что в среднем в РФ количество несчастных случаев с летальным исходом на грузоподъемной технике снижается незначительно, в то время как возмещение материального ущерба неизмеримо возрастает. Это вызывает необходимость разработки проектов предохранительных устройств для стрелы автовышки.

В результате исследования разработан проект нового предохранительного устройства для стрелы автовышки, используемой в агропромышленном производстве. Приведены расчеты несущих элементов конструкции и социально-экономической эффективности внедрения предохранительного устройства.

Аварии автовышек в агропромышленном производстве происходят из-за разрушения узловых конструкций коленьев стрелы автовышки и излома силового гидравлического оборудования и точек его крепления.

Наряду с этими причинами свою роль играет человеческий фактор – халатное отношение работников к проверке технического состояния техники, к проведению ремонтных работ (качество сварки) и несоблюдение правил безопасности проведения работ при использовании автовышки.

Травмоопасная ситуация может возникнуть при следующих обстоятельствах:

1. Отказ в гидравлической системе:

- поломка опорно-поворотного устройства;
- поломка самого гидроцилиндра (штока), его изгиб;
- трещины в точках крепления кронштейнов гидроцилиндров к несущим конструкциям;

- поломка верхнего кронштейна гидроцилиндра;

- поломка нижнего кронштейна гидроцилиндра;

- выпадение пальца крепления опорного гидроцилиндра.

2. Брак при изготовлении автовышки:

- несовершенство конструкторской документации;

- отступления от конструкторской документации при изготовлении продукции;

- использование некачественных материалов при производстве автовышек.

3. Совершение оператором ошибочных действий, приводящих к возникновению нештатной ситуации:

- проведение работ при несоблюдении правил безопасности;

- отступление при работе от проекта проведения работ;

- осуществление работ без наряда-допуска на проведение работ повышенной опасности.

4. Несовершенный контроль за техническим состоянием подъемного оборудования в организациях, где используется данное оборудование.

Наличие данных факторов совместно является травматической ситуацией и приводит к несчастному случаю.

Наиболее уязвимые узлы конструкции автовышки представлены на рисунке 2. Эффективная работа предохранительного устройства для защиты от самопроизвольного опускания стрелы автовышки будет зависеть от расположения гидроцилиндра, массы груза, угла подъема стрелы и влияния окружающей среды на долговечность работы подъемного механизма [4].

Гидравлические механизмы применяются при подъемах для ускорения выполнения операций и снижения временных затрат при производстве работ. При несоблюдении инструкций по обслуживанию гидроподъемника увеличивается возможность отказа гидравлических подъемных механизмов. При обслуживании необходимо уделять особое внимание точкам крепления подъемного механизма (так как эти места наиболее уязвимы и подвержены износу), а также самому гидравлическому цилиндру (особенно обращать внимание на чистоту рабочей жидкости, которая подвержена загрязнению) [5].

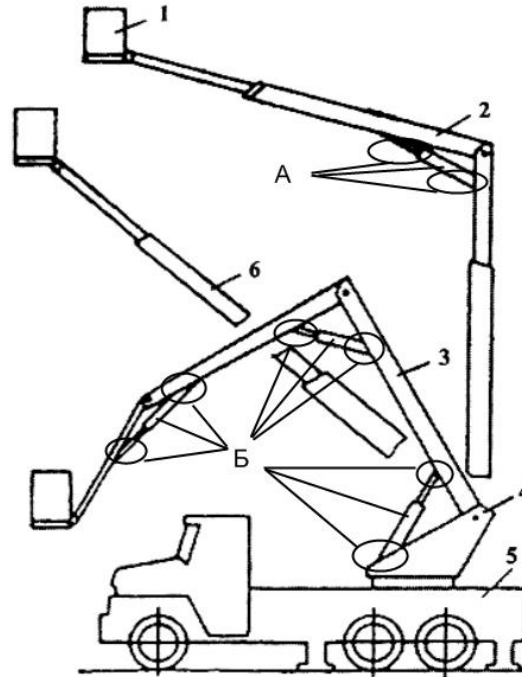


Рисунок 2. Наиболее уязвимые узлы конструкции автовышки:

1 – рабочая площадка (люлька); 2, 6 – телескопические колена; 3 – простое колено;
 4 – поворотная платформа; 5 – опорная рама; А, Б – наиболее уязвимые узлы конструкции

Figure 2. The most vulnerable components of the aerial platform structure:

1 – working platform (cradle); 2, 6 – telescopic elbows; 3 – a simple knee; 4 – turntable; 5 – support frame;
 A, B – the most vulnerable components of the structure

Результаты исследования. При проектировании устройства, повышающего безопасность работников агропромышленного производства, использующих автовышку, учитываются конструктивно-технологические и функциональные факторы. При работе автовышки ее мобильность осуществляется за счет большого рабочего пространства, которое, в свою очередь, обеспечивается большим углом изгиба коленьев автовышки [6; 7].

Вследствие того, что место под стрелой и в месте сочленения колен автовышки занято рабочими гидроцилиндрами поднимания (опускания) стрелы (и в случае установки предохранительного устройства под стрелой ближе к кабине автомобиля), пространство под стрелой и между верхним и нижним коленом значительно сокращается. Сокращение этого пространства непременно ведет к уменьшению мобильности и, соответственно, к ухудшению работоспособности данной автовышки.

В связи с вышеизложенным было принято решение о расположении предохранительного устройства таким образом, чтобы оно своей конструкцией не мешало работе основной гидросистемы и не ограничивало пространство под стрелой и между первым и вторым коленами.

Примерное расположение предохранительного устройства представлено на рисунке 3, где 1 и 2 – рабочие гидроцилиндры, а 3 и 4 – предохранительные устройства.

Расположение предохранительных устройств по бокам стрелы автовышки и места их крепления к стреле и опорно-поворотному устройству являются наиболее приемлемыми, так как своим расположением устройство не будет мешать работе механизма раскрытия колен автовышки.

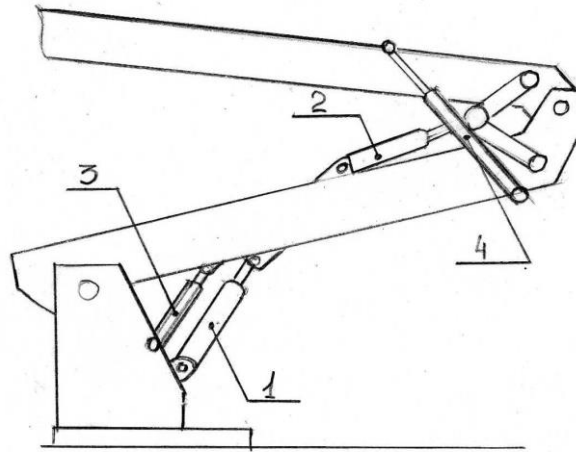


Рисунок 3. Расположение предохранительного устройства по бокам стрелы автовышки:
 1, 2 – рабочие гидроцилиндры; 3, 4 – предохранительные устройства

Figure 3. The location of the safety device on the sides of the aerial platform boom:
 1, 2 – working hydraulic cylinders; 3, 4 – safety devices

Разработанная конструкция предохранительного устройства для автовышки позволит снизить количество производственных травм и несчастных случаев с летальным исходом при выполнении работ, связанных с подъемом людей на высоту (рисунок 4).

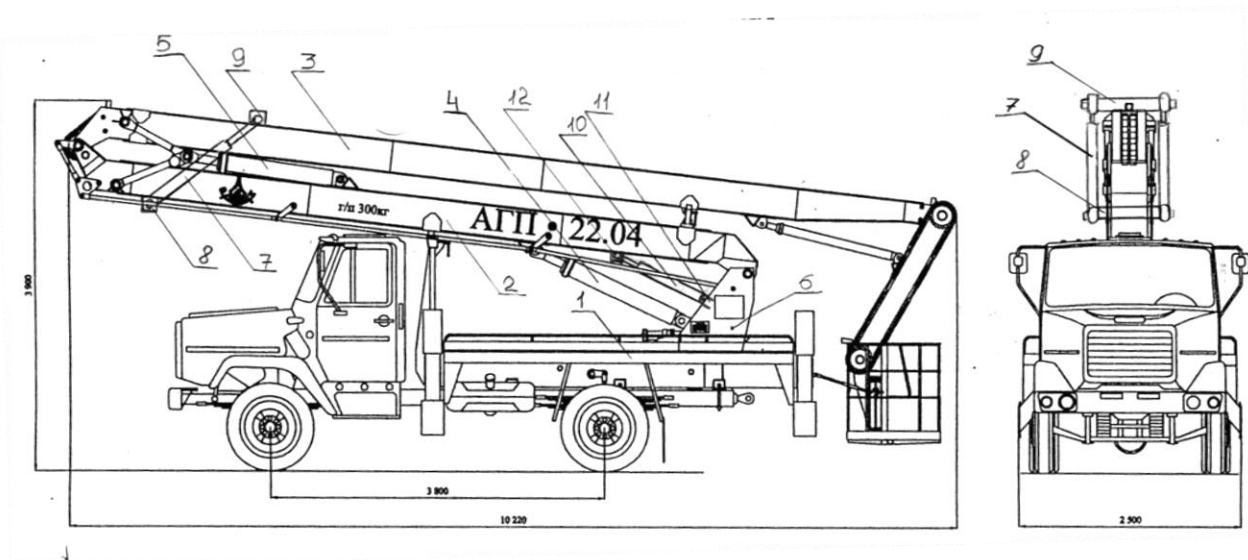


Рисунок 4. Расположение разрабатываемого устройства на схеме автовышки в транспортном положении: 1 – автовышка; 2 – нижнее колено автовышки; 3 – верхнее колено; 4 – рабочий гидроцилиндр подъема нижнего колена; 5 – рабочий гидроцилиндр подъема нижнего колена; 6 – опорно-поворотное устройство автовышки; 7 – предохранительное устройство для второго колена; 8, 9 – кронштейны предохранительного устройства для второго колена; 10 – предохранительное устройство для нижнего колена; 11 – фланец крепления опорной части предохранительного устройства для нижнего колена; 12 – кронштейн крепления верхней части предохранительного устройства для нижнего колена

Figure 4. Location of the developed device on the aerial platform scheme in transport position:
 1 – aerial platform; 2 – the lower knee of the aerial platform; 3 – upper knee; 4 – working hydraulic cylinder for lifting the lower knee; 5 – working hydraulic cylinder for lifting the lower knee; 6 – slewing device of aerial platform; 7 – safety device for the second knee; 8, 9 – brackets of the safety device for the second knee; 10 – safety device for the lower knee; 11 – flange for fastening the supporting part of the safety device for the lower elbow; 12 – bracket for fastening the upper part of the safety device for the lower knee

Предохранительное устройство для автовышки состоит из гидравлических цилиндров, закрепленных при помощи кронштейнов и фланцев к её стреле.

За основу для разработки гидроцилиндров предохранительного устройства взяты гидроцилиндры, которые используются на данной модели автовышки для выдвижения выносных опор, а также аналогичный им гидроцилиндр для подъема третьего колена.

Предлагаемые гидроцилиндры будут отличаться тем, что они имеют замкнутый цикл циркуляции рабочей жидкости (рабочая жидкость принимается аналогичной жидкости, используемой в гидросистеме автовышки) через трубку, соединяющую впускные (выпускные) отверстия гидроцилиндра.

Плавность опускания и в то же время разгрузка точек крепления предохранительного гидроцилиндра, стрелы автовышки и, соответственно, безопасность рабочих, в момент поломки находящихся на высоте, осуществляется за счет того, что впускные (выпускные) отверстия оригинальных гидроцилиндров при их проектировании рассчитаны на такую скорость пропуска рабочей жидкости, что скорость штока гидроцилиндра остается в пределах 5 м/мин или 0,083 м/с. Согласно п. 2.7.20 ПБ 10-611-03 при отказе гидропривода следует обеспечить аварийное опускание люльки, при этом скорость опускания должна быть не более 0,2 м/сек [8].

Максимальная скорость при нормальной работе рабочего гидроцилиндра (при спуске) равняется 2 м/мин, а впускные отверстия вспомогательного гидроцилиндра (диаметр штока – 80 мм, диаметр впускного отверстия – 12 мм) обеспечивают скорость штока равной 5 м/мин, это и означает, что при воздействии на шток вспомогательного гидроцилиндра гидроцилиндр и точки его крепления не будут испытывать нагрузки.

При безопасной скорости опускания стрелы, равной 0,2 м/сек, для выполнения условия безопасности диаметр впускных отверстий может достигать 16 мм, а на используемом в предохранительном устройстве гидроцилиндре диаметр впускных отверстий равен 12 мм – условие безопасности выполняется [9].

Преимущества данного предохранительного устройства:

- при механическом повреждении точек крепления и самого гидроцилиндра будет осуществляться плавное опускание люльки с рабочими на поверхность земли;
- используются штатные гидроцилиндры, что упрощает процесс изготовления и установки предохранительного устройства;
- простота работы и обслуживания.

Выводы. Разработанное предохранительное устройство для стрелы автовышки АГП-22.04 улучшит условия труда работников, которые по роду своих должностных обязанностей вынуждены использовать вспомогательную подъемную технику в агропромышленном производстве. Устройство позволит снизить вероятность возникновения травматической ситуации, а при ее возникновении значительно снизит уровень ее влияния на работников.

Разработанное предохранительное устройство является гидравлическим и изготавливается из штатного гидроцилиндра, используемого на этой же модели автовышки, что значительно унифицирует его. Предохранительное устройство не наносит вреда окружающей среде, а также пожаро- и взрывобезопасно.

Экономический расчет показывает, что расходы на установку этого предохранительного устройства составят 1,5% от суммы возможных потерь предприятия при возникновении аварийной ситуации [10], в случае эксплуатации автовышки, не оснащенной

таким предохранительным устройством, что дает возможность считать проект предохранительного устройства экономически выгодным.

Список источников литературы

1. Состояние условий труда работников организаций Российской Федерации по отдельным видам экономической деятельности 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gks.ru/folder/11110/document/13264> (дата обращения: 25.04.2023).
2. Аварийность и смертельный травматизм при эксплуатации подъемных сооружений [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/Analysis/index.php> (дата обращения: 25.04.2023).
3. Булыгин, Ю.И., Пантузенко, А.А., Лазуренко, Р.Р., Газгиреев, А.С. Анализ аварийности и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов в России // *Безопасность техногенных и природных систем*. – 2018. – С. 2–17. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2018-3-4-2-17>.
4. Поветкина, П.Н., Хамидуллина, Е.А. Анализ аварийности и травматизма при работе с грузоподъемными механизмами. XXI век. Техносферная безопасность. 2018; 3(4):40–50. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-40-50.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек) П68 (ПБ 10-611-03). Серия 10. Выпуск 25. – М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2008. – 92 с.
6. Короткий, А.А., Павленко, А.Н., Панфилова, Э.А., Симонов, Д.Н. Вопросы безопасности соединений конструкций грузоподъемных кранов // *Безопасность техногенных и природных систем*. – 2022. – № 1. – С. 41–47. Doi: <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-41-47>.
7. Автовышки АГП / Официальный сайт компании ООО «Автоспецтехника». – [Электронный ресурс]. – URL: https://avspec.ru/katalog/avtovyshki_agp/ (дата обращения: 25.04.2023).
8. Ветчинников М.Н., Ежов Е.Ф., Кокурин Н.А., Левкин А.А. Основные дефекты грузоподъемных кранов и автовышек // *Актуальные вопросы архитектуры и строительства*. – Саранск, 2014. – С. 389–390.
9. Руководство по эксплуатации автовышки и автогидроподъемника — инструкция по эксплуатации автовышки [Электронный ресурс]. – URL: <https://vseagr.ru/blog/rukovodstvo-po-ekspluatatsii> (дата обращения: 25.04.2023).
10. Марутов, В.Л., Павловский, С.А. // *Гидроцилиндры: конструкции и расчет*. – М: Машиностроение, 1966. – 5 с.

References

1. The state of working conditions of employees of organizations of the Russian Federation for certain types of economic activity (2022), available at: <https://www.gks.ru/folder/11110/document/13264> (accessed: 04.25.2023) (in Russ.).
2. Accident rate and fatal injuries during the operation of lifting structures, available at: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/Analysis/index.php> (accessed: 04.25.2023) (in Russ.).
3. Bulygin, Yu.I., Pantuzenko, A.A., Lazurenko, R.R., Gazgireev, A.S. (2018), ‘Analysis of accidents and injuries during the operation of hoisting machines and mechanisms in Russia’, *Safety of technogenic and natural systems*, pp. 2–17 (in Russ.).
4. Povetkina, P.N., Khamidullina, E.A. (2018), ‘Analysis of accidents and injuries when working with lifting mechanisms. XXI Century’, *Technosphere safety*, vol. 3 (4), pp. 40–50.
5. Rules for the design and safe operation of lifts (towers) (2008), *Scientific and technical center for safety in industry*, P68 (PB 10-611-03), Series 10, Issue 25, 92 p. (in Russ.).
6. Korotkiy, A.A., Pavlenko, A.N., Panfilova, E.A., Simonov, D.N. (2022), ‘Questions of safety of connections of designs of load-lifting cranes’, *Safety of technogenic and natural systems*, No 1, pp. 41-47 (in Russ.).
7. AGP aerial platforms (2023), official website of company LLC «Avtospeztechnical», available at: https://avspec.ru/katalog/avtovyshki_agp/ (accessed: 04.25.2023) (in Russ.).
8. Vetchinnikov, M.N., Ezhov, E.F., Kokurin, N.A., Levkin, A.A. (2014), ‘The main defects of cranes

- and aerial platforms', *Topical issues of architecture and construction*, Saransk, pp. 389-390 (in Russ.).
9. Manual for the operation of the aerial platform and aerial platform – an instruction manual for the operation of the aerial platform, available at: <https://vseagp.ru/blog/rukovodstvo-po-ekspluatatsii/> (accessed: 04/25/2023) (in Russ.).
10. Marutov, V.L., Pavlovsky, S.A. (1966), 'Hydraulic cylinders. Designs and calculation', *Mechanical engineering*, Moscow. 5 p. (in Russ.).

Сведения об авторах

Худякова Вера Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности технологических процессов и производств, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 8563-3130.

Матюшева Надежда Владимировна – старший преподаватель кафедры безопасности технологических процессов и производств, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4746-7206.

Жадан Олег Владимирович – старший преподаватель кафедры строительства зданий и сооружений, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6416-3657.

Information about the authors

Vera M. Khudiakova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Technological Processes and Production Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 8563-3130.

Nadezhda V. Matyusheva – Senior Lecturer at the Department of Technological Processes and Production Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 4746-7206.

Oleg V. Zhadan – Senior Lecturer at the Department of Construction of Buildings and Structures, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 6416-3657.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Статья поступила в редакцию 30.05.2023; одобрена после рецензирования 25.07.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 30.05.2023; approved after reviewing 25.07.2023; accepted after publication 16.08.2023.

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 сторонних авторов — в электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту izvestiya@spbgau.ru) согласно требованиям к структуре и содержанию статьи с обязательным указанием контактных телефонов авторов; **допускается не более 3-х авторов**;
- **реферат (200–250 слов)** на русском и английском языках; **ключевые слова (не более 7 слов)** на русском и английском языках; **информацию об авторе** (авторах) статьи на русском и английском языках (электронная почта, место работы, адрес места работы).

Правила оформления статьи:

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

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

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

4. Поступившие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования в программе «Антиплагиат».
5. Редакционно-издательские услуги для сторонних авторов – 550 руб. (1 стр.), стоимость журнала – 900 руб.
6. **В каждом журнале допускается публикация только одной статьи одного и того же автора.**

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
№ 3 (72)

Подписано к печати 20.09.2023.
Формат 60×84 1/8. П.л. 15. Тираж 1000. Заказ 238
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов
в Издательско-полиграфическом комплексе
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета
г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2