

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 4 (65)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2021**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4 (65)



# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2021

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 4 (65)

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**

quarterly scientific journal  
№ 4 (65)

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**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 4 (65)

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

Заместители главного редактора:  
**Колесников Роман Олегович**  
Кандидат ветеринарных наук, временно исполняющий обязанности проректора  
по научной и инновационной работе  
**Воронцов Ярослав Алексеевич**  
Кандидат экономических наук, проректор по коммерческой деятельности  
и развитию имущественного комплекса

Выпускающий редактор  
**Баранова Марина Дмитриевна**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

- Алдошин Николай Васильевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);
- Анисимов Анатолий Иванович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);
- Атрощенко Геннадий Парфёнович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);
- Болгов Анатолий Ефремович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство» ФГБОУ ВО ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);
- Ганусевич Фёдор Фёдорович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство);
- Дидманидзе Отари Назирович**, Академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);
- Долженко Виктор Иванович**, Академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений);
- Долженко Татьяна Васильевна**, доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);
- Донских Нина Александровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);
- 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 (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.04 Агрохимия);
- Карпов Валерий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологий» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);
- Карташевич Анатолий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и машины для природоустройства» УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве)
- Карынбаев Аманбай Камбарбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);
- Киру Степан Димитрович**, доктор биологических наук, профессор кафедры «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений);

**Кулинцев Валерий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Лаврищев Антон Викторович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Почвоведение и агрохимия им. Л.Н. Александровой» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.03 Агрофизика; 06.01.04 Агрохимия);

**Лаптев Георгий Юрьевич**, доктор биологических наук, директор ООО «Биотроф» (06.02.07. Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

**Митюков Алексей Савельевич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт Озероведения Российской академии наук» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

**Найда Надежда Михайловна**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие и луговое хозяйство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

**Новиков Михаил Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

**Осипова Галина Степановна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Плодоводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

**Персикова Тамара Филипповна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение» УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (06.01.04 Агрохимия);

**Попов Владимир Дмитриевич**, Академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Ракутько Сергей Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией энергоэффективных электротехнологий ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

**Рогозина Елена Вячеславовна**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля ФГБНУ ВИР (06.01.04 Агрохимия; 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений);

**Ружьев Вячеслав Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Технические системы, сервис и энергетика» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Салеева Ирина Павловна**, член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией технологии производства мяса птицы ФНЦ «ВНИТИП» РАН (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Сафронов Сергей Леонидович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой «Молочное и мясное скотоводство» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

**Смелик Виктор Александрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Сорокопудов Владимир Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Декоративное садоводство и газоноведение» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений; 06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

**Спиридонов Анатолий Михайлович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

**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» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

**Терлецкий Валерий Павлович**, доктор биологических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией клеточной биотехнологии ГАОУ ВО ЛГУ им. А.С. Пушкина (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Шило Иван Николаевич**, доктор технических наук, профессор, ректор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Юдаев Игорь Викторович**, доктор технических наук, профессор, временно исполняющий обязанности декана электроэнергетического факультета ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

**Якушев Виктор Петрович**, Академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом моделирования адаптивных агротехнологий ФГБНУ АФИ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства; 06.01.03 Агрофизика; 06.01.04 Агрохимия).

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

QUARTERLY ISSUED SCIENTIFIC JOURNAL

№ 4 (65)

Editor-in-Chief

**Morozov Vitaliy Yurievich**

Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputies Editor-in-Chief

**Kolesnikov Roman Olegovich**

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

**Vorontsov Yaroslav Alekseyevich**

Candidate of Economic Sciences, Vice-Rector for Commercial  
Activities and Development of the Property Complex

Executive Journal Editor

**Baranova Marina Dmitrievna**

**EDITORIAL BOARD**

**Aldoshin Nikolay Vasilievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural machines, FSBEI HE RSAU - MTAA (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

**Anisimov Anatoly Ivanovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE SPbSAU (06.01.07 Plant Protection);

**Atroshchenko Gennady Parfyonovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU (06.01.08 Fruit Growing, Viticulture; 06.01.09 Vegetable Production);

**Bolgov Anatoly Efremovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management, FSBEI PetrSU (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals);

**Ganusevich Fedor Fedorovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Research named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU (06.01.01 General Farming, Crop Research);

**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 (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

**Dolzhenko Victor Ivanovich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, FSBSI VIZR (06.01.07 Plant Protection);

**Dolzhenko Tatiana Vasilievna**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE SPbSAU (06.01.07 Plant Protection);

**Donskikh Nina Alexandrovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU (06.01.01 General Farming, Crop Research; 06.01.06 Grassland Research and Medicinal Essential Oil Crops);

**Ivanov Alexey Ivanovich**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Physical and Chemical Reclamation and Experimentation, FSBSI ARI (06.01.01 General Farming, Crop Research; 06.01.04 Agrochemistry);

**Karpov Valery Nikolaevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Power Supply of Enterprises and Electrotechnologies, FSBEI HE SPbSAU (05.20.02 Electrotechnology and Electrical Equipment in Agriculture);

**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» (05.20.03 Technologies and means of maintenance in agriculture)

**Karynbaev Amanbai Kambarbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, LLP «South-West Scientific Research Institute of Livestock and Plant Production» (06.02.10 Animal Sciences, Production of Animal Products);

**Kiru Stepan Dimitrovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Plant Growing named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants).

**Kulintsev Valery Vladimirovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Director of FSBSI «North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center» (06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology);

**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 (06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry);

**Laptev Georgy Yurievich**, Doctor of Biological Sciences, Director of LLC «Biotrof» (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals);

**Mityukov Alexey Savelievich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the FSBSI «Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences» (06.02.10 Animal Sciences, Production of Animal Products);

**Nayda Nadezhda Mikhailovna**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU (06.01.06 Grassland Research and Medicinal Essential Oil Crops);

**Novikov Mikhail Alekseevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

**Osipova Galina Stepanovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Cultivation and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU (06.01.08 Fruit Production, Viticulture; 06.01.09 Vegetable Production);

**Persikova Tamara Fillipovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, EI «Belarusian State Agricultural Academy» (06.01.04 Agrochemistry)

**Popov Vladimir Dmitrievich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture);

**Rakutko Sergey Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Energy Efficient Electrotechnologies, IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM (20.05.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture)

**Rogozina Elena Vyacheslavovna**, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Potato Genetic Resources, FSBSI VIR (06.01.04 Agrochemistry; 06.01.05 Selection and Seed Production of Agricultural Plants);

**Ruzhyev Vyacheslav Anatolievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Technical Systems, Service and Energy, FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture);

**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 (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals; 06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology)

**Safonov Sergey Leonidovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Dairy and beef cattle breeding" of the FSBEI HE RSAU – MTAA named after K.A. Timiryazev (06.02.10 Animal Sciences, Production of Animal Products);

**Smelik Viktor Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture);

**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 (06.01.05 Selection and Seed Production of Agricultural Plants; 06.01.08 Fruit Production, Viticulture; 06.01.09 Vegetable Production);

**Spiridonov Anatoly Mikhailovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Storage Technology and Processing of Agricultural Products, FSBEI HE SPbSAU (06.01.06 Grassland Research and Medicinal Essential Oil Crops);

**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» (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals);

**Terletsky Valery Pavlovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Cell Biotechnology, SAEI HE Leningrad State University named after A.S. Pushkin (06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology);

**Shilo Ivan Nikolaevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of the EI «Belarusian State Agrarian Technical University» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization)

**Yudaev Igor Viktorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Dean of the Faculty of Electric Power Engineering, FSBEI HE SPbSAU (05.20.02 Electrotechnology and Electrical Equipment in Agriculture);

**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 (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture; 06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry).

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

<b>Найда Н.М.</b> Экология цветения и нектаропродуктивность <i>Symphytum officinale</i> в условиях меняющегося климата на Северо-Западе РФ.....	9
<b>Степанова Н.Ю.</b> Агробиологическая оценка сортов кориандра в условиях Ленинградской области .....	20
<b>Самбунова Ю.М.</b> Комплексная оценка миниатюрных и карликовых сортов пеларгонии зональной ( <i>Pelargonium x hortorum</i> , Bailey) в коллекции Санкт-Петербургского аграрного университета .....	28
<b>Улимбашев А.М.</b> Продуктивность различных форм озимого чеснока в Ленинградской области.....	36
<b>Осипова Г.С., Попова Д.А.</b> Влияние года репродукции и условий формирования семян на рост, развитие и урожайность перца сладкого сорта Ласочка .....	45
<b>Кононенко А.Н., Ивахнова О.Ф., Логинова Ю.Н.</b> Влияние микробиопрепаратов на продуктивность семенного картофеля в условиях Ленинградской области .....	53
<b>Лебедев В.Н., Хуаз С.Х., Ураев Г.А.</b> Сравнение действия возрастающих доз азота на продуктивность и качество зеленой массы редьки масличной и горчицы сарептской.....	60
<b>Кирсанов А.Д., Комаров А.А.</b> Агроэкологический мониторинг плодородия почв на примере полигона в хозяйстве ЗАО «Осьминское» Сланцевского района.....	69

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Мишина А.И., Абдельманова А.С.</b> Современное состояние бестужевской породы крупного рогатого скота.....	80
<b>Политова М.А.</b> Перспективы использования орловской рысистой породы в классических видах конного спорта и характеристика современных представителей породы, выступавших в спорте в 2017-2020 гг .....	87
<b>Шараськина О.Г., Головина Т.Н., Назарова Е.А.</b> Затраты энергии на выполнение работы и их восполнение за счет рациона у лошадей в классических видах конного спорта .....	95

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

<b>Васильев Н.В., Карташев Д.А., Криштопа Н.Ю.</b> Анализ режимов работы электрических сетей с использованием их цифровых моделей .....	103
<b>Черных А.Г.</b> Использование насосного оборудования в закрытой оросительной системе с разделительной камерой и накопительным резервуаром в обращенном режиме работы.....	112
<b>Ипатов А.Г., Волков К.Г., Шмыков С.Н.</b> Повышение долговечности клапанных сопряжений модификацией рабочих поверхностей.....	124
<b>Смелик В.А., Новиков М.А., Ерошенко Л.И.</b> Анализ технологий послеуборочной обработки вороха семян трав в условиях Северо-Западного региона РФ.....	132

### ИСТОРИЯ И ТРАДИЦИИ УНИВЕРСИТЕТА

<b>Шкрабак В.С.</b> Научно-педагогическая школа профессора Н.С. Ждановского, ее результативность и его ученики.....	142
---	-----



## **AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY**

<b>Naida N.M.</b> The ecology of flowering and nectar productivity of <i>Symphytum officinale</i> under the conditions of a changing climate in the northwest of the Russian Federation).....	9
<b>Stepanova N.Yu.</b> Agrobiological assessment of coriander varieties in the conditions of the Leningrad region.....	20
<b>Samburova Yu.M.</b> Comprehensive assessment of miniature and dwarf varieties of zonal pelargonium ( <i>Pelargonium x hortorum</i> , Bailey) in the collection of the St. Petersburg Agrarian University.....	28
<b>Ulimbashev A.M.</b> Productivity of various forms of winter garlic in Leningrad region.....	36
<b>Osipova G.S., Popova D.A.</b> Influence of the reproduction year and conditions of seed formation on growth, development and yield of sweet pepper.....	45
<b>Kononenko A.N., Ivakhnova O.F., Loginova J.N.</b> Influence of microbio preparations on seed potatoes productivity under conditions of Leningrad region.....	53
<b>Lebedev V.N., Huaz S.Kh., Uraev G.A.</b> Comparison of the effects of nitrogen increasing doses on the productivity and quality of oilseed radish and Sarepta mustard green mass.....	60
<b>Kirsanov A.D., Komarov A.A.</b> Agroecological monitoring of soil fertility on the example of a test site in the farm of ZAO Osminskoe, Slantsevsky district.....	69

## **AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE**

<b>Mishina A.I., Abdelmanova A.S.</b> Current state of the bestuzhevskaya cattle breed.....	80
<b>Politova M.A.</b> Prospects for the use of the Orlovskaya trotting breed in classical equestrian sports and the characteristics of modern representatives of the breed who performed in sports in 2017-2020.....	87
<b>Sharaskina O.G., Golovina T.N., Nazarova E.A.</b> Energy consumption for the work and its replenishment with the diet in horses used in olympic equestrian disciplines.....	95

## **ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS**

<b>Vasiliev N.V., Kartashev D.A., Krushtopa N.Yu.</b> Analysis of operating modes of the electrical grids by using their digital models.....	103
<b>Chernykh A.G.</b> The usage of pumping equipment in a closed irrigation system with a separation chamber and a storage tank in reverse operation.....	112
<b>Ipatov A.G., Volkov K. G., Shmykov S.N.</b> Increasing the durability of valve couplings by modifying the working surfaces.....	124
<b>Smelik V.A., Novikov M.A., Eroshenko L.I.</b> Analysis of post-harvest processing technologies for a heap of grass seeds in the North-West region of the Russian Federation.....	132

## **HISTORY AND TRADITIONS OF THE UNIVERSITY**

<b>Shkrabak V.S.</b> Scientific and pedagogical School, Professor N.S. Zhdanovsky, its effectiveness and his students .....	142
---	-----

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ  
AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY

---

Научная статья

УДК 58:633.8

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-9-19

**ЭКОЛОГИЯ ЦВЕТЕНИЯ И НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТЬ  
*SYMPHYTUM OFFICINALE* В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА  
НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ**

**Надежда Михайловна Найда**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; nayda.nad@yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-3909-4353>

**Реферат.** Рост и развитие растений во многом зависят от факторов окружающей среды, основными из которых являются свет, тепло и влага. Реагируя на изменение экологических факторов, растения адаптируют процессы роста и развития к динамике внешних условий. В ответ на меняющиеся условия среды растения могут менять, хотя и в разной степени, свои качественные и количественные морфологические признаки, а также биологические особенности. Однако, чем большей экологической пластичностью обладают виды, тем легче они осваиваются в новой обстановке.

Цель исследования – выявить особенности цветения, опыления и нектаропродуктивности окопника лекарственного в условиях меняющегося климата на Северо-Западе РФ.

Объектом исследования был дикорастущий образец из коллекции ВИР (к-20) окопника лекарственного. Наблюдения проводили с 1985 г., растения размножали вегетативно, последний раз пересадку образца проводили в 2008 году при закладке коллекционного питомника лекарственных и эфирно-масличных растений на опытном поле СПбГАУ. Нами была изучена динамика прохождения фенологических фаз, продолжительность цветения репродуктивного побега и его структур. Рассмотрены суточные и сезонные ритмы цветения, динамика накопления нектара в зависимости от фаз развития цветка. Показан суточный лёт насекомых-опылителей и суточный ход температуры воздуха. Проанализированы потенциальные возможности *Symphytum officinale* как медоносного и пыльценосного растения. Раскрыты причины снижения семенной продуктивности.

В заключение констатируется, что окопник лекарственный обладает достаточной экологической пластичностью, хорошо адаптируется в условиях меняющегося климата, не снижая медопродуктивности и семенной продуктивности, что дает возможность рекомендовать его и в будущем в качестве медоносного и пыльценосного растения.

**Ключевые слова:** окопник лекарственный, цветок, ритмы цветения, опыление, выделение нектара, ритмы лёта опылителей, семенная продуктивность

**Цитирование.** Найда Н.М. Экология цветения и нектаропродуктивность *Symphytum officinale* в условиях меняющегося климата на Северо-Западе РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 9-19. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-9-19

**THE ECOLOGY OF FLOWERING AND NECTAR PRODUCTIVITY OF *SYMPHYTUM OFFICINALE* UNDER THE CONDITIONS OF A CHANGING CLIMATE IN THE NORTHWEST OF THE RUSSIAN FEDERATION****Nadezhda M. Naida**Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; nayda.nad@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3909-4353>

**Abstract.** The growth and development of plants is largely dependent on environmental factors, the main of which are light, heat and moisture. In response to changes in environmental factors, plants adapt growth and development processes to the dynamics of external conditions. In response to changing environmental conditions, plants can change, albeit to varying degrees, their qualitative and quantitative morphological characteristics, as well as biological characteristics. However, the more ecological plasticity the species possess, the easier they are to assimilate in a new environment.

The aim of the study is to identify the features of flowering, pollination and nectar productivity of comfrey in the changing climate in the North-West of the Russian Federation.

The object of the study was a wild specimen from the collection of VIR (k-20) comfrey medicinal. Observations were carried out since 1985, the plants were propagated vegetatively, the last time the sample was transplanted in 2008 when the collection nursery of medicinal and essential oil plants was laid on the experimental field of St. Petersburg State Agrarian University. We have studied the dynamics of the passage of phenological phases, the duration of flowering of the reproductive shoot and its structures. The daily and seasonal rhythms of flowering, the dynamics of nectar accumulation depending on the phases of flower development are considered. The diurnal flight of pollinating insects and the diurnal variation of air temperature are shown. The potentialities of *Symphytum officinale* as a melliferous and pollen-bearing plant have been analyzed. The reasons for the decrease in seed productivity are revealed.

In conclusion, it is stated that medicinal comfrey has sufficient ecological plasticity, adapts well in a changing climate, without reducing honey productivity and seed productivity, which makes it possible to recommend it in the future as a melliferous and pollen-bearing plant.

**Keywords:** medicinal comfrey, flower, flowering rhythms, pollination, nectar secretion, pollinator flight rhythms, seed productivity

**Citation.** Naida, N.M. (2021), "The ecology of flowering and nectar productivity of *symphytum officinale* under the conditions of a changing climate in the northwest of the Russian Federation", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 9-19, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-9-19

**Введение.** Рост и развитие растений во многом зависят от факторов окружающей среды, основными из которых являются свет, тепло и влага. Реагируя на изменение экологических факторов, растения адаптируют процессы роста и развития к динамике внешних условий. Показателем темпа развития является переход растения к цветению, а показателем темпа роста – скорость нарастания массы растения [1, 2, 3].

В последние десятилетия происходит значительное изменение погоды на фоне глобального потепления. Так, по данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ), скорость глобального потепления в период с 1976 по 2020 гг. по России значительно превосходит среднюю по земному шару (0,18°C) и составляет 0,51°C за десятилетие. О потеплении свидетельствуют также изменения целого ряда других климатических переменных и агроклиматических показателей. Так, уменьшается по сравнению с нормой продолжительность залегания снежного покрова по всем

регионам России. Растет сумма температур воздуха за период вегетации и сумма активных температур ( $T \geq 10^\circ\text{C}$ ) по сравнению с нормой по регионам РФ от 208 до 341 $^\circ\text{C}$  и др. [4].

В ответ на меняющиеся условия среды растения могут менять, хотя и в разной степени, свои качественные и количественные морфологические признаки, а также биологические особенности. Однако, чем большей экологической пластичностью обладают виды, тем легче они осваиваются в новой обстановке.

Жизнедеятельность любого вида растения возможна при определенном количестве влаги, тепла и продолжительности его воздействия. Для каждого вида выделяют зоны оптимальных температур, а также минимальных и максимальных. Температуры ниже минимума и выше максимума обычно приводят к гибели растения. Температура влияет на многие процессы, протекающие в растении: дыхание, фотосинтез, прорастание семян, рост побегов и, конечно, цветение. На разных этапах развития растения нуждаются в определенных температурных условиях. Более сложный вопрос – влияние температуры на структуру растения и протекающие в нем процессы.

Изучение в течение длительного времени биологии цветения, нектаровыделения и опыления видов окопника [5, 6] позволяет провести сравнительный анализ антропоэкологических особенностей окопника лекарственного в годы с разными метеорологическими показателями – 1987 и 2021 гг.

**Цель исследования** – выявить особенности цветения, опыления и нектаропродуктивности окопника лекарственного в условиях меняющегося климата на Северо-Западе РФ.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследования был дикорастущий образец из коллекции ВИР (к-20) окопника лекарственного. Наблюдения проводили с 1985 г., растения размножали вегетативно, последний раз пересадку образца проводили в 2008 году при закладке коллекционного питомника лекарственных и эфирномасличных растений на опытном поле СПбГАУ. Почва участка – дерново-подзолистая на карбонатной марене, высокоокультуренная. Содержание гумуса – 3,5-3,9%. Площадь делянки – 7 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. Сезонный ритм цветения окопника и ритмы лета насекомых-опылителей изучали по общепринятым методикам. На 10 модельных растениях через каждые 4-5 дней подсчитывали число раскрывшихся цветков и число насекомых на 1 м<sup>2</sup>. Суточный ритм цветения изучали с 7 до 21 ч путем подсчета раскрывшихся цветков на 10 побегах разных растений. Нектар из цветков извлекали методом смывания, предварительно модельные побеги изолировали марлей. Количество сахаров, извлеченных из цветков, определяли методом Бертрана. Подсчет семенной продуктивности также проводили по общепринятым методикам. Пыльцевую продуктивность определяли методом В.К. Пельменева и Е.И. Руднянской.

Вегетационный период 1987 г. был холодным, с дождливыми летними месяцами, сумма осадков за летний период составила 393,5 мм, переход через 5 $^\circ\text{C}$  состоялся 6 апреля, а переход через 10 $^\circ\text{C}$  – 1 июня. В целом год был не очень благоприятным для роста и развития растений (табл.1).

Июнь и июль 2021 г. оказались очень жаркими и засушливыми, среднемесячная температура воздуха была значительно выше нормы, сумма осадков за эти месяцы составила всего 32,6 мм. Температура остальных месяцев была близка к средним многолетним или немного ниже нормы.

Таблица 1. Среднемесячные температуры воздуха и сумма осадков за вегетационные периоды 1987 и 2021 гг.

Table 1. Average monthly air temperatures for the growing season 1987 and 2021

Месяц/Год	Количество осадков за месяц, мм	Декада месяца, °С			Среднемесячная °С., мм	Средняя многолетняя, °С	Отклонение от средней многолетней, +/-
		1	2	3			
Апрель 1987	18,1	1,1	2,6	3,4	2,4	5,9	- 3,5
2021	23	3,3	8,6	5,5	5,8	5,9	- 0,1
Май 1987	38,3	9,8	13,2	7,5	10,2	11,8	-1,6
2021	139	6,6	16,8	12,8	12,1	11,8	+ 0,3
Июнь 1987	136,7	10,0	14,7	13,7	12,8	15,8	- 3,0
2021	0,01	16,8	19,2	23,6	19,9	15,8	+ 3,6
Июль 1987	58,6	16,2	12,8	16,8	15,3	19,1	- 3,8
2021	0,01	22,8	24,2	19,1	21,8	19,1	+ 2,7
Август 1987	176,3	13,8	12,8	13,1	13,2	17,2	- 4,0
2021	166,3	16,5	16,9	12,6	15,2	17,2	- 2,0
Сентябрь 1987	74,0	11,5	9,7	7,6	9,5	12,4	- 2,9
2021	43	11,2	10,1	9,2	10,2	12,4	- 2,2

**Результаты исследований.** Окопник лекарственный – *Symphytum officinale* L. – травянистое многолетнее растение, густо опушенное колючими волосками, со стержневой корневой системой. Стебель прямостоячий, крылатый от мезофилла листьев, гранистый, высотой 60-100 см. Стеблевые листья на длинных черешках, продолговатые. Яркие цветки окопника лекарственного собраны в двойные завитки, которые образуют главные и боковые тирсы, а те формируют объединенные соцветия – синфлоресценции. Плод – ценобий, состоящий из 4 орешковидных эремов. Растение применяется в народной медицине и ветеринарии. Все его части содержат алкалоиды, слизи, смолы, дубильные вещества, органические кислоты, инулин, эфирное масло. Растение обладает противовоспалительным, вяжущим, противомикробным, кровоостанавливающим, обволакивающим и другими свойствами [7-11]. На фоне препаратов из окопника наблюдается быстрое срастание переломов костей. Растение очень декоративно и является прекрасным медоносом.

Растет окопник лекарственный по влажным лугам и берегам рек, имеет большой ареал: Западная Сибирь, Средняя Азия, Кавказ, Европейская часть России, Скандинавия, Средняя и Атлантическая Европа, Средиземноморье.

Известно, что наступление фенологических фаз растения зависит от его генетической программы, эколого-географического происхождения образца, а также от экологических факторов произрастания (температура, влажность, продолжительность солнечного сияния, длина дня, минеральное питание). Наблюдения показали, что наступление всех фаз развития от отрастания (рис.1) до конца плодоношения происходило гораздо раньше в 2021 г. по сравнению с 1987 г. (табл. 2). Эти годы сильно различались по температурному режиму, количеству осадков и другим метеорологическим показателям. Размах сдвигов в календарных сроках колеблется в пределах 10-12 дней. Однако продолжительность цветения центральных и боковых тирсов почти не изменилась (табл. 3). Общая продолжительность цветения плантации значительно сократилась. Как отмечают исследователи [1, 2], цветение особи –

вопрос физиологический, связанный как с эндогенными факторами, так и с внешними факторами: фотопериодизмом и температурными условиями.

У окопника лекарственного за вегетационный период полный цикл развития проходят репродуктивные побеги двух поколений (общепринятый термин для окопника). После цветения и плодоношения репродуктивные побеги I поколения полегают и отмирают, а на их месте разворачиваются побеги II поколения, которые закладываются на каудексе ранней весной. Такое явление значительно увеличивает общую длительность цветения и служит источником нектара и пыльцы для пчел.

Таблица 2. Динамика наступления фенологических фаз *Symphytum officinale*  
 Table 2. Dynamics of the onset of phenological phases of *Symphytum officinale*

Год/ Фенофазы	Начало отрастания	Фаза розетки листьев	Бутонизация	Цветение	Плодоношение
1987	30.04-5.05	06.05-25.05	с 26.05	с 10.06	с 18.06
			с 20.07	с 12.08	с 22.08
2021	20-25.04	26.04-15.05	с 16.05	с 22.05	с 05.06
			с 15.07	с 18.07	с 30.07

Таблица 3. Продолжительность цветения репродуктивного побега и его структур  
 у *Symphytum officinale*  
 Table 3. Duration of flowering of the reproductive shoot and its structures  
 of the *Symphytum officinale*

Год	Средняя продолжительность цветения побега I поколения, дн.	Средняя продолжительность цветения побега II поколения, дн.	Средняя продолжительность цветения главного тирса, дн.	Средняя продолжительность цветения бокового тирса, дн.	Средняя продолжительность цветения 1 цветка, дн.
1987	26,6	24,7	19,5	21,1	2,6
2021	25,7	24,5	19,1	20,6	2,3



Рисунок 1. Окопник лекарственный *Symphytum officinale*:  
 фенологическая фаза – розетка листьев

Figure 1. *Symphytum officinale*: phenological phase – rosette of leaves

Сезонный ритм цветения можно проследить по графику (рис. 2). Пик раскрывания цветков соответствует массовому цветению репродуктивных побегов первого поколения, второй пик – массовое цветение побегов II поколения.

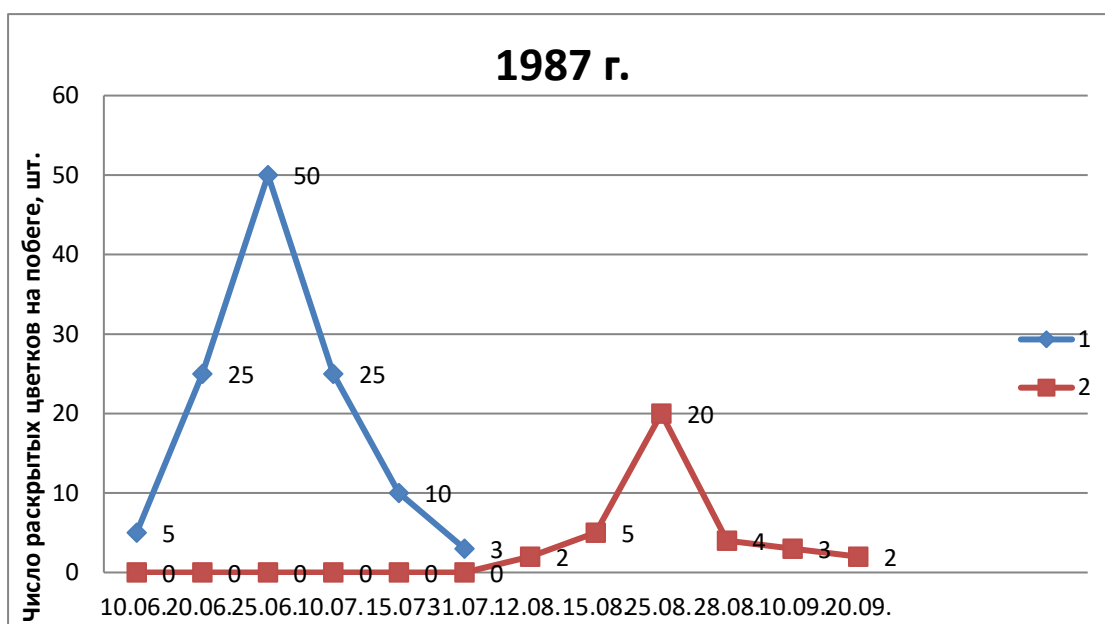


Рисунок 2. Сезонный ритм цветения *Symphytum officinale* в 1987 г.:

1 – репродуктивные побеги I поколения; 2 – репродуктивные побеги II поколения

Figure 2. Seasonal flowering rhythm of *Symphytum officinale* in 1987:

1 - reproductive shoots of the first generation; 2 - reproductive shoots of the second generation

Репродуктивные побеги II поколения цветут менее интенсивно и максимум раскрывшихся цветков в два раза меньше, чем у I поколения. Та же закономерность отмечалась и в 2021 г. (рис. 3).

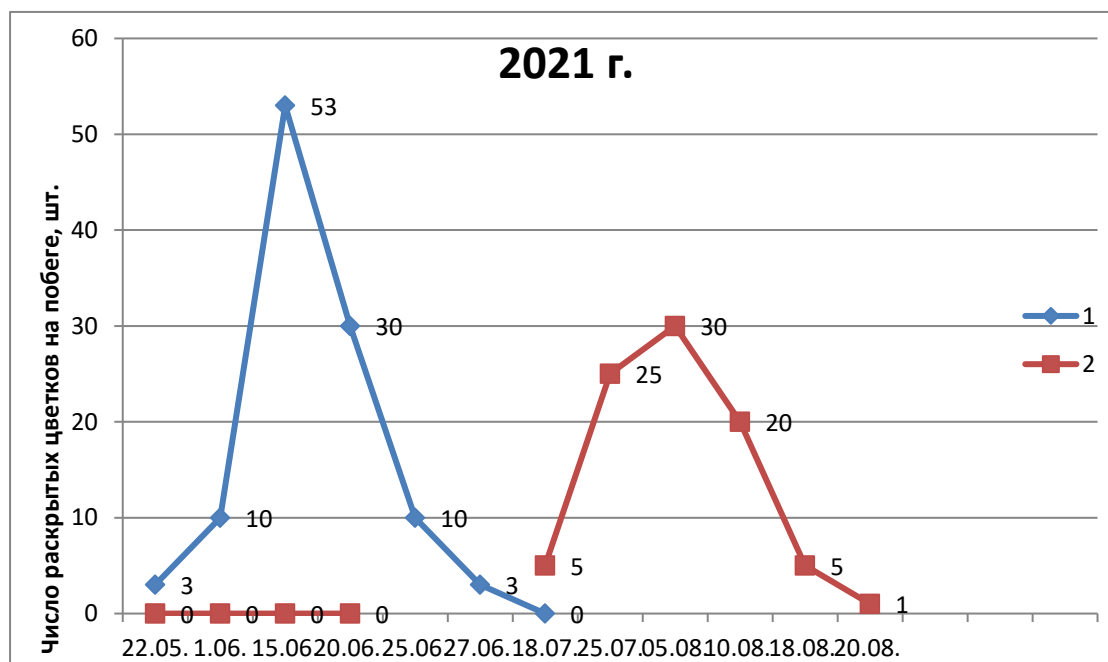


Рисунок 3. Сезонный ритм цветения *Symphytum officinale* в 2021 г.:

1 – репродуктивные побеги I поколения; 2 – репродуктивные побеги II поколения

Figure 3. Seasonal flowering rhythm of *Symphytum officinale* in 2021:

1 - reproductive shoots of the first generation; 2 - reproductive shoots of the second generation

По нашим наблюдениям, динамика раскрытия цветков и суточный ритм цветения зависят не только от освещенности растения, но и от температуры воздуха. Для окопника характерен дневной тип раскрытия цветков. Их распускание в многоцветковых завитках происходит с интервалом 1,5-2 часа при температуре 19-20°C, при более высоких температурах интервал сокращается. Цветки раскрываются с раннего утра и до вечера (21-22 ч), но большее число раскрывалось после полудня (рис.4). Ритм цветения полностью совпадает с ритмом активности насекомых. Высокие температуры воздуха в 2021 г. повлияли на суточный ритм раскрытия цветков, и наибольшее число цветков раскрывалось в утренние и вечерние часы. Следует отметить, что указанные закономерности посещения цветков окопника опылителями в других погодных условиях не сохраняется. Так, при аномально высоких дневных температурах 2021 г. наибольшая активность пчел и шмелей отмечалась в утренние и вечерние часы.

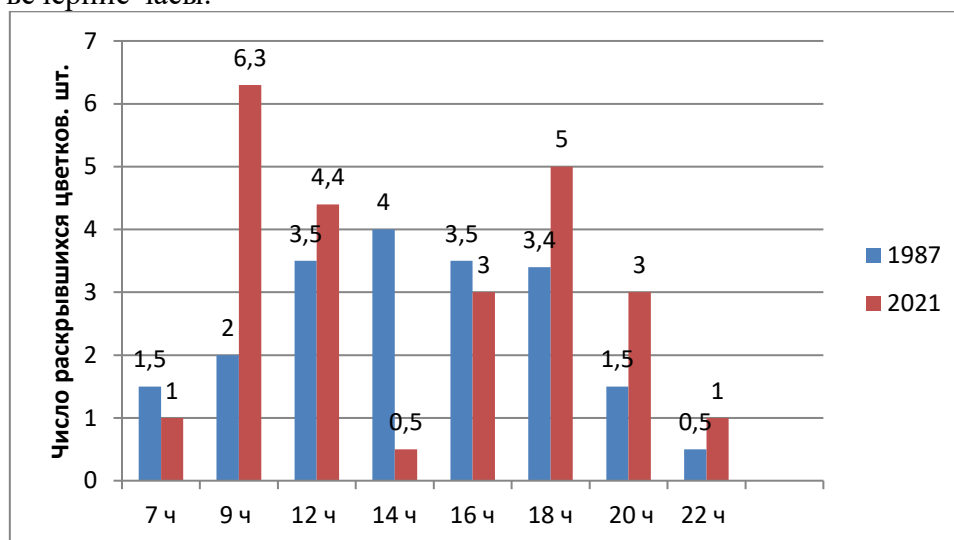


Рисунок 4. Суточный ритм цветения главных тирсов *Symphytum officinale* в 1987 и 2021 гг.  
 Figure 4. The diurnal flowering rhythm of the main thyrusus *Symphytum officinale* in 1987 and 2021

Цветки растений привлекают насекомых, предоставляя им пищу – нектар и пыльцу, которые играют главную роль в перекрестном опылении. Но, кроме пищи, насекомых-опылителей привлекает яркая окраска цветков, форма венчика, запах цветков и пыльцы, различные узоры на венчиках – указатели нектара, дающие информацию о расположении пищи. Цветки окопника яркие, собранные в густые завитки, хорошо различимы на фоне зеленых листьев. Трубочато-колокольчатая форма венчика с 5-лопастным отгибом служит посадочной площадкой и привлекает пчел и шмелей.

Кроме признаков ксеногамии, у цветков окопника имеются механизмы, препятствующие самоопылению: геркогамия (пространственное разделение рыльца и тычинок) и диогогамия. Пыльники спрятаны в трубке и закрыты сводиками (особые структуры внутри трубки венчика, сходящиеся конусом), столбик выставляется за пределы венчика. Диогогамия у окопника лекарственного проявляется в форме протандрии. Первыми после раскрытия цветка начинают раскрываться пыльники. Их пыление при оптимальных температурах 19-22°C происходит последовательно, как и закладываются примордии тычинок в зачаточном цветке. Но, как показали наблюдения, при экстремальных температурах 2021 г. пыление пыльников проходило одновременно, пыльники начинали раскрываться еще в бутоне. Позже рыльце становится восприимчивым к пыльце, после опыления и оплодотворения венчик увядает, а чашечка остается при развивающихся плодах.

Нектар, выделяемый лопастными нектарниками, расположенными у основания завязи, находится глубоко на дне трубки венчика. Чтобы достать пыльцу и нектар, опылитель должен раздвинуть сводики и пролезть в цветок. В многоцветковых завитках цветки находятся на



разных стадиях развития как в пределах одного растения, так и на плантации в целом. Посещая цветки с пылящими пыльниками, насекомые переносят пыльцевые зерна на цветки, у которых рыльце готово к восприятию пыльцы, и таким образом производят опыление.

Пчелы и шмели активно посещают цветки в течение всего дня. При оптимальных температурах (1987 г.) суточный ход температуры и лёт опылителей совпадают. В экстремальных условиях (2021 г.) максимум лёта насекомых опылителей отмечается в утренние и вечерние часы (рис. 5).

Небольшое количество нектара выделяется еще в бутоне. После раскрытия цветка начинается тычиночная фаза, в ходе которой выделяется наибольшее количество нектара, чуть меньше нектара выделяется в рыльцевую фазу, но по нашим наблюдениям нектар в эту фазу содержит больше сахаров. Динамика накопления нектара по фазам развития цветка представлена на рисунке 6.

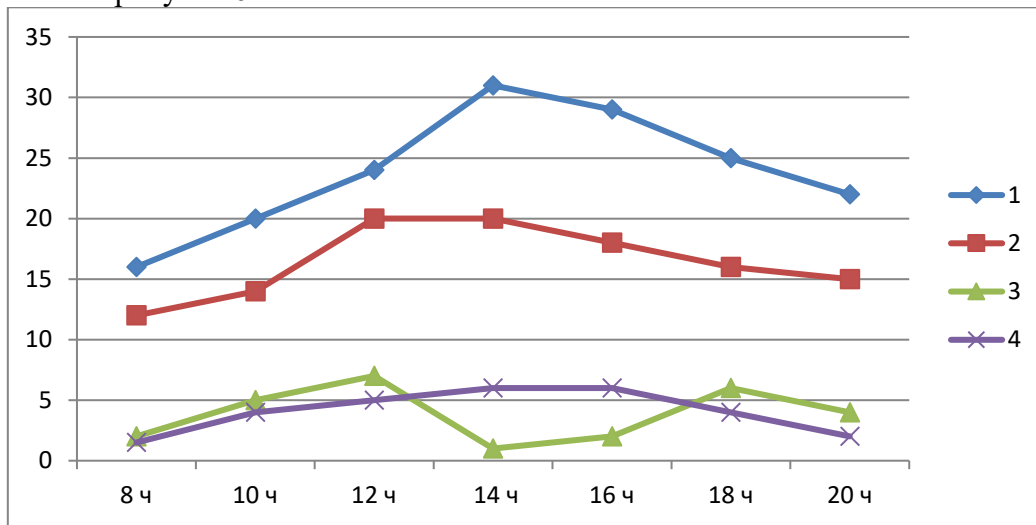


Рисунок 5. Суточный ритм лёта насекомых-опылителей на *Symphytum officinale*:

1 – все виды шмелей и пчел на одном растении в 1987 г.; 2 – суточный ход температуры в 1987 г.; 3 – все виды шмелей и пчел на одном растении в 2021 г.; 4 – суточный ход температуры в 2021 г.

Figure 5. The daily rhythm of the summer of insect pollinators on *Symphytum officinale*: 1 – all types of bumblebees and bees on one plant in 1987; 2 - the daily course of temperature in 1987; 3 - all types of bumblebees and bees on one plant in 2021; 4 – the daily course of temperature in 2021

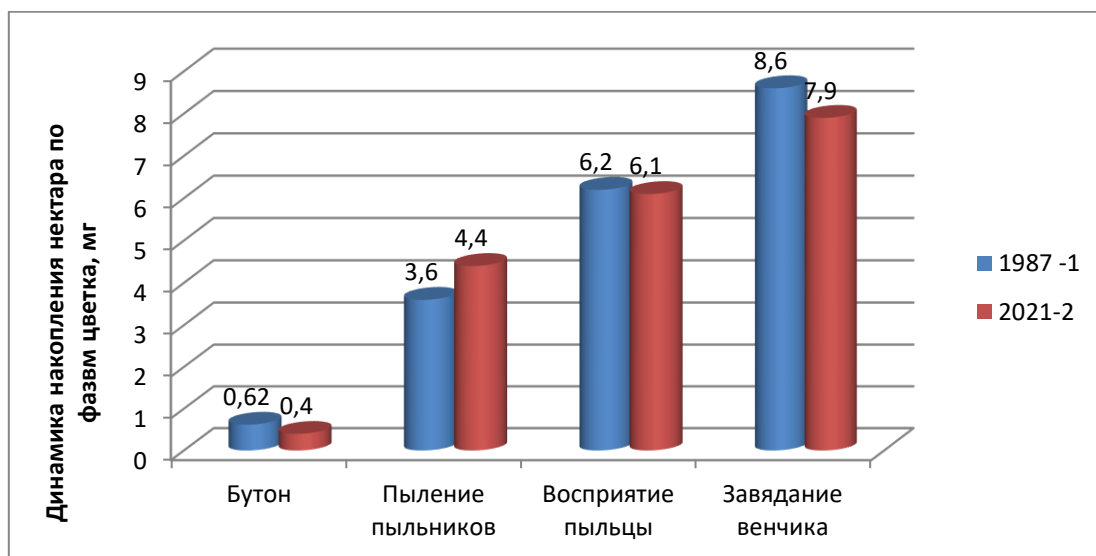


Рисунок 6. Динамика накопления нектара в цветке *Symphytum officinale* в 1987 и в 2021 гг.

Figure 6. Dynamics of nectar accumulation in the *Symphytum officinale* flower in 1987 and 2021

Оценка окопника лекарственного по хозяйственно-ценным признакам в условиях изменения климата очень важна для развития пчеловодства и формирования его кормовой базы. Ценным качеством окопника является то, что это многолетнее растение, способное при надлежащем уходе произрастать на одном месте до 15 лет и почти не снижать продуктивности (табл. 4). В условиях очень жаркого и сухого лета 2021 г. нектара в цветках выделялось немного меньше, чем в 1987 г., но содержание в нем сахара было значительно выше.

Урожайность надземной массы, семян, медопродуктивность растений окопника зависят от возраста растения и числа репродуктивных побегов. У молодых растений их мало, наибольшее количество побегов имеют растения в период взрослой генеративной особи. Мы изучили факторы, влияющие на уровень семенной продуктивности. Они очень разнообразные: метеорологические и эдафические, стерильность пыльцы и дефицит опылителей, истощение растения, дефектные семязачатки, нарушение оплодотворения, нарушение эмбриогенеза и др. Анализ семязачатков на ранних фазах развития позволил установить некоторые причины снижения семенной продуктивности у окопника лекарственного (рис. 7).

Таблица 4. Показатели медоносного значения *Symphytum officinale*  
 Table 4. Indicators of honey-bearing value of *Symphytum officinale*

Год	Возраст растений, годы	Накопление нектара в 1 цветке за весь период его жизни, мг	Содержание сахара в нектаре, %	Пыльцевая продуктивность 1 цветка, мг	Средняя биологическая медопродуктивность, кг/га	Коэффициент семенной продуктивности, %
1987	4	8,6	37-49	1,85	401,9	45,3
2021	13	7,9	41-57	1,52	337,7	46,7



Рисунок 7. Причины снижения семенной продуктивности *Symphytum officinale* в 1987 г:  
 РСП – реальная семенная продуктивность, %; ДСП – семязачатки, дегенерировавшие после оплодотворения, %; ССД – стерильные семязачатки, дегенерировавшие до оплодотворения, %;  
 ФСН – фертильные семязачатки, неоплодотворенные по разным причинам, %

Figure 7. Reasons for the decrease in seed productivity of *Symphytum officinale* in 1987:

RSP – real seed productivity, %; DSP – ovules degenerated after fertilization, %;  
 SSD – sterile ovules degenerated before fertilization, %; FSN – fertile ovules, unfertilized for various reasons, %

Все семязачатки в раскрывшихся цветках, составляющие потенциальную семенную продуктивность, можно разделить на три группы: 1 – стерильные семязачатки, в которых зародышевые мешки дегенерируют до опыления (2,2%); 2 группа семязачатков –

неоплодотворенные, но фертильные. Доля таких семязачатков может достигать значительных масштабов – 42%. Это происходит вследствие нарушения опыления и оплодотворения. Отсутствие опыления может быть вызвано недостатком опылителей в связи с неблагоприятными погодными условиями: низкой температурой воздуха, затяжными дождями и сильными ветрами. 3 группа – это те семязачатки, которые дегенерируют после оплодотворения вследствие нарушения эмбриогенеза и развития эндосперма. Остановка в развитии может происходить как на начальных этапах, так и на поздних. Такие семязачатки образуют мелкие, щуплые, светлые эремы, хорошо отличимые от нормальных. Если остановка в развитии происходит на поздних этапах, образующиеся эремы морфологически не отличаются от полноценных, но они не отрываются от карпобазиса и содержат мелкое, пленчатое, нежизнеспособное семя.

**Выводы.** В заключение можно сказать, что окопник лекарственный обладает достаточной экологической пластичностью, хорошо адаптируется в условиях меняющегося климата, не снижая медопродуктивности и семенной продуктивности. Высокие температуры воздуха в летние месяцы 2021 г., отсутствие осадков обусловили изменение суточного ритма цветения, последовательности раскрытия пыльников, а, следовательно, и ритма активности опылителей. Все это дает основание рекомендовать окопник лекарственный и в будущем использовать в качестве медоносного и пыльценосного растения.

#### Список источников литературы

1. Кузнецов, В.В. Физиология растений в 2 т. Том 1: учебник / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 437 с. – URL: <https://biblio-online.ru/book/31694750-63FF-4EE4-BFFB-CBADD6F3B5/fiziologiyarasteniy-v-2-t-tom-1> (дата обращения: 17.11.2021).
2. Кузнецов, В.В. Физиология растений в 2 т. Том 2: учебник / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 459 с. – URL: <https://biblio-online.ru/book/A1862A77-82F1-4581-AC2C-8F77455293/fiziologiyarasteniy-v-2-t-tom-2> (дата обращения: 17.11.2021).
3. Ottoline Leyser, Stephen Day. Mechanisms in Plant Development. Blackwell Science Ltd.; 1 edition. 2003. 241 pages.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М., 2021. – 104 с. [Электронный ресурс]. – URL: [https://docviewer.yandex.ru/?tm=1637142295&tld=ru&lang=ru&name=doklad\\_klimat\\_2020](https://docviewer.yandex.ru/?tm=1637142295&tld=ru&lang=ru&name=doklad_klimat_2020). (дата обращения: 17.11.2021).
5. Найда Н.М. Биология семенного размножения видов *Symphytum L.* в условиях Северо-Западной Нечерноземной зоны РФ: автореф. дис...доктора биол. наук (на правах рукописи). – СПб, 1998. – 36 с.
6. Найда Н.М. Ботаника. Медоносные растения и их полезные свойства: учебное пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2019. – 208 с.
7. Ефремов А.П. Лекарственные растения и грибы Средней полосы России: Полный атлас-определитель. – М.: Фитон XXI, 2014. – 504 с.
8. Бобкова Н.В. Фармакогностическое изучение комплексных лекарственных растительных средств: дис... доктора фармацевтических наук. – М., 2017. – 275 с.
9. Leung PC, Ko EC, Siu WS. Developing an effective health supplement for the prevention of Osteoporosis. Int J Osteoporosis Metab Disord. 2012; 5:1–12.
10. Gao Z, Lu Y, Halmurat Upur, Jing J, Xu D. Study of osteoporosis treatment principles used historically by ancient physicians in Chinese Medicine. Chin J Integr Med., 2013 Nov;19(11):862-8.
11. Shu B, Shi Q, Wang YJ. Shen (Kidney)-tonifying principle for primary osteoporosis: to treat both the disease and the Chinese medicine syndrome. Chin J Integr Med. 2015 Sep;21(9):656-61.

#### Reference

1. Kuznecov, V.V. and Dmitrieva G.A., (2018), *Fiziologiya rastenij*, [Plant physiology], Tom 1, YUrajt, Moskva, P. 437. <https://biblio-online.ru/book/31694750-63FF-4EE4-BFFB-CBADD6F3B5/fiziologiyarasteniy-v-2-t-tom-1>.

2. Kuznecov, V.V. and Dmitrieva G.A., (2018), *Fiziologiya rastenij*, [Plant physiology], Tom 2, YUrajt, Moskva, P. 459. <https://biblio-online.ru/book/A1862A77-82F1-4581-AC2C-8F77455293/fiziologiyarasteniy-v-2-t-tom-2>.
3. Ottoline, Leyser and Stephen, Day, (2003), "Mechanisms in Plant Development", *Blackwell Science Ltd.*, 1 edition. 241 p.
4. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2020 god. (2021), Moskva, 104s. Elektronnyj resurs. [https://docviewer.yandex.ru/?tm=1637142295&tld=ru&lang=ru&name=doklad\\_klimat2020](https://docviewer.yandex.ru/?tm=1637142295&tld=ru&lang=ru&name=doklad_klimat2020).
5. Naida, N.M., (1998), "Biologiya semennogo razmnozheniya vidov Symphytum L. v usloviyah S-Z Nechernozemnoj zony RF" Abstract of D. Sc. dissertation, St. Petersburg State.
6. Naida, N.M., (2019), "Botanika. Medonosnye rasteniya i ih poleznye svoystva", *Prospekt Nauki*, St. Petersburg State, P.208.
7. Efremov, A.P., (2014), "Lekarstvennye rasteniya i griby Srednej polosy Rossii: Polnyj atlas-opredelitel", *Fiton HKHI*, Moskva, P. 504.
8. Bobkova, N.V., (2017), "Farmakognosticheskoe izuchenie kompleksnyh lekarstvennyh rastitel'nyh sredstv": Abstract of D. Sc. dissertation, Moskva.
9. Leung, P.C., Ko, E.C. and Siu, W.S., (2012), "Developing an effective health supplement for the prevention of Osteoporosis". *Int J Osteoporosis Metab Disord*, pp.1-12.
10. Gao, Z., Lu, Y., Halmurat, Upur, Jing, J. and Xu, D., (2013), "Study of osteoporosis treatment principles used historically by ancient physicians in Chinese Medicine", *Chin J Integr Med.*, no. 19(11), pp.862-8.
11. Shu, B., Shi, Q. and Wang, Y.J. (2015), "Shen (Kidney)-tonifying principle for primary osteoporosis: to treat both the disease and the Chinese medicine syndrome", *Chin J Integr Med.* Sep; 21(9):656-61.

#### Сведения об авторах

**Найда Надежда Михайловна** – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 8936-4524.

#### Information about the authors

**Nadezhda M. Naida** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agriculture and Meadow Farming, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 8936-4524.

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

**Conflikt of interest.** The author declares no conflicts of interest.

*Статья поступила в редакцию 04.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 30.11.2021 г.; принята к публикации 06.12.2021 г.*

*The article was submitted 04.10.2021; approved after reviewing 30.11.2021; accepted after publication 06.12.2021.*

Научная статья

УДК 635.751

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-20-27

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ КОРИАНДРА  
В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****Наталья Юрьевна Степанова**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; natelaspb@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-2433-7121>

**Реферат.** Кориандр – пряноароматическое растение семейства сельдерейные, является широко распространенной культурой в южных регионах и редко встречается в хозяйствах Северо-Запада. Кориандр обладает высокой пищевой ценностью. Основная ценность листьев кориандра заключается в эфирных маслах, которые и придают ему специфический аромат. В 2014-2018 гг. была проведена агробиологическая оценка 12 отечественных сортов кориандра: АЗОСС – 379, Алексеевский 704, Бородинский, Венера, Кин-дза-дза, Лимонный, Октябрьский, Прелесть, Смена, Стимул, Тайга, Янтарь при выращивании на зелень в условиях Ленинградской области. В качестве контроля был выбран сорт Венера. Изучали особенности роста и формирования урожая, а также определяли химический состав зелени кориандра. Биометрические наблюдения, учет урожая и определение химического состава проводили по общепринятым методикам. Определение химического состава зелени проводили по следующим показателям: хлорофилл (спектрофотометрический метод), каротиноиды (спектрофотометрический метод), аскорбиновая кислота (по Мурри), сумма сахаров (по Бертрану), сухое вещество (высушиванием до постоянной массы при 105°C). По биометрическим показателям выделились сорта кориандра АЗОСС-379, Лимонный, Бородинский, Прелесть – за более высокий прирост и наибольшее количество листьев. Наибольшую урожайность зелени кориандра на 65-70% выше контрольного варианта сформировали сорта Бородинский, Алексеевский, на 45-50% выше сорта Стимул и АЗОСС-379 и на 40% больше, чем в контроле, сорта Смена и Октябрьский. Использование новых перспективных сортов позволило получить 1,5-2,3 кг/м<sup>2</sup> зелени кориандра и повысить урожайность на 40-70%. При анализе химических показателей выделены следующие сорта: Алексеевский 704, Октябрьский, Кин-дза-дза, АЗОСС-379 и Стимул.

**Ключевые слова:** кориандр, сорта, скороспелость, урожайность, химический состав

**Цитирование.** Степанова Н.Ю. Агробиологическая оценка сортов кориандра в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 20-27. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-20-27

**AGROBIOLOGICAL EVALUATION OF CORIANDER VARIETIES  
IN THE CONDITIONS OF THE LENINGRAS REGION****Natalia Yu. Stepanova**

St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg,  
196601, Russia; natelaspb@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2433-7121>

**Abstract.** Coriander is a spicy aromatic plant of the celery family, is a widespread crop in the southern regions and is rarely found on farms in the Northwest. Coriander has a high nutritional value. The main value of coriander leaves lies in essential oils, which give it a specific aroma. In 2014-2018.

An agrobiological assessment of 12 domestic varieties of coriander was carried out: AZOSS - 379, Alekseevsky 704, Borodinsky, Venera, Kin-dza-dza, Limonny, Oktyabrsky, Prelest, Smena, Stimul, Taiga, Amber when grown for greens in the Leningrad region. The Venera variety was chosen as a control. Studied the characteristics of the growth and formation of the crop, and also determined the chemical composition of coriander greens. Biometric observations, accounting of the yield and determination of the chemical composition were carried out according to generally accepted methods. Determination of the chemical composition of greens was carried out according to the following indicators: chlorophyll (spectrophotometric method), carotenoids (spectrophotometric method), ascorbic acid (according to Murri), the sum of sugars (according to Bertrand), dry matter (by drying to a constant mass at 105 ° C). According to biometric indicators, the coriander varieties AZOSS-379, Lemonny, Borodinsky, Prelest stood out for higher growth and the largest number of leaves. The highest yield of coriander greens, 65-70% higher than the control variant, was formed by varieties Borodinsky, Alekseevsky, 45-50% higher than varieties Stimul and AZOSS-379, and 40% more than in the control variety Smena and Oktyabrsky. The use of new promising varieties made it possible to obtain 1.5-2.3 kg / m<sup>2</sup> of coriander greens and increase the yield by 40-70%. When analyzing chemical indicators, the following varieties were identified: Alekseevsky 704, Oktyabrsky, Kin-dza-dza, AZOSS-379 and Stimul.

**Keywords:** coriander, varieties, early maturity, yield, chemical composition

**Citation.** Stepanova, N.Yu. (2021), “Agrobiological assessment of coriander varieties in the conditions of the Leningrad region”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 20-27, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-20-27

**Введение.** Одной из самых любимых приправ в Азии и на Кавказе считается кориандр, листья которого часто называют кинзой. У кориандра листья внешне схожи с листьями петрушки, при этом они обладают сильным специфическим запахом.

Кориандр – древнейшая пряность, использовалась человеком еще в пятом тысячелетии до нашей эры, в Центральную Европу попал от римлян в 1 веке нашей эры. Первые упоминания о кориандре в России относятся к 18 веку [1].

Следует отметить очень богатый химический состав кориандра. Содержание витамина С в листьях доходит до 140 мг/100г, количество каротина – около 10 мг/100 г. Также листья кориандра содержат витамины группы В, до 140 мг/100г витамина Р (рутина) и макроэлементы магний, калий, кальций, натрий, фосфор (рис. 1) [2].

Основная ценность листьев кориандра заключается в эфирных маслах, которые и придают ему специфический аромат [3]. Содержание эфирных масел зависит в первую очередь от сорта, возраста растения, условий и зоны выращивания [4].

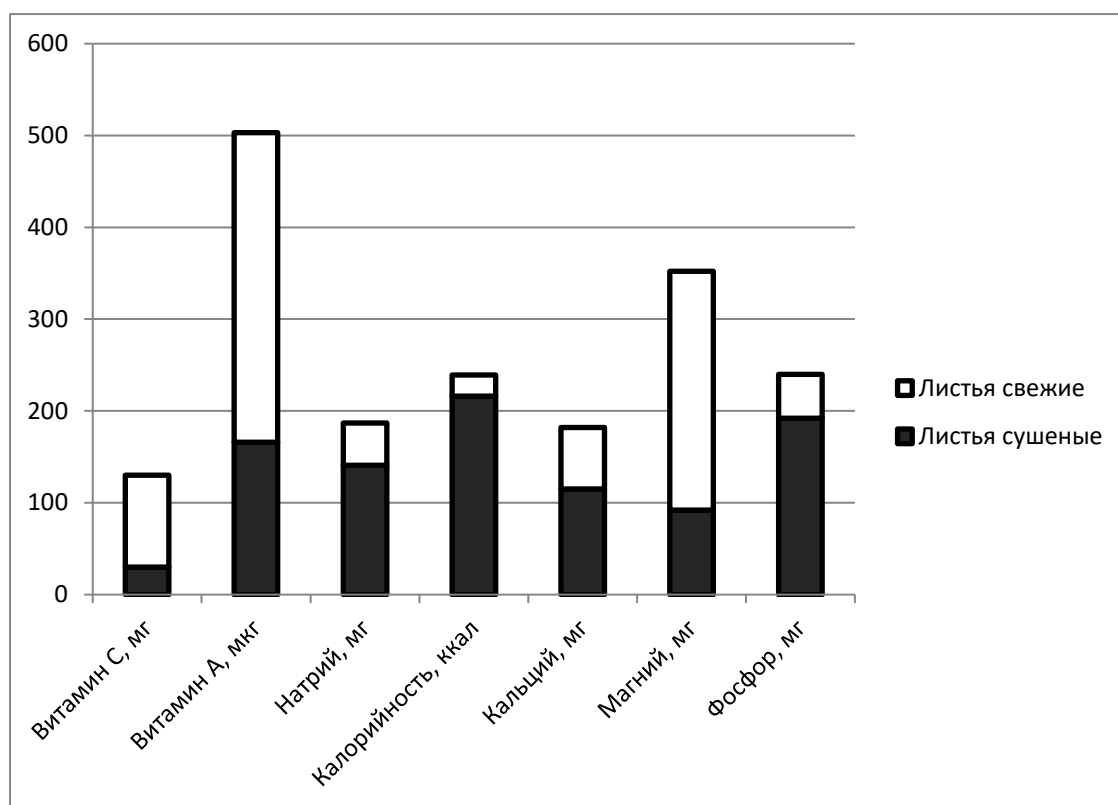


Рисунок 1. Пищевая ценность листьев кориандра  
Figure 1. Nutritional value of coriander leaves [2]

Кроме пищевой ценности, кориандр обладает высокими лечебными свойствами. Листья кинзы имеют бактерицидные свойства, препятствуют распространению инфекций, помогают при сердечных и легочных заболеваниях, улучшают мозговое кровообращение [4].

Листья кинзы благоприятно воздействуют на желчный пузырь, пищеварительную систему, останавливают воспалительные явления в желудке, а также благотворно влияют на кровь и сосуды [4].

Листья кинзы используют в свежем виде в салатах, а также в качестве приправы к супам, мясным блюдам, в соусах и подливах как в свежем, так и в сушеном виде [5].

Общая площадь посевов кориандра в мире достигает 300-320 тыс. га, из них для получения зелени используют 15-20 тыс. га, остальную площадь для получения плодов. Главные районы возделывания кориандра в России – это Воронежская область и Краснодарский край.

Существует распространенное мнение, что кориандр выращивают в южных регионах нашей страны вследствие его теплолюбивости. Однако полакомиться этой ароматной зеленью хотят и жители северных районов России.

Известно, что зеленные культуры имеют очень непродолжительный период хранения и очень быстро вянут. Поэтому возникают своеобразные сложности с их транспортировкой, что приводит к значительному удорожанию зелени. Кроме этого, за время доставки зелень теряет свои пищевые достоинства и особенно аромат [6, 7].

Назревает необходимость выращивать зелень кориандра непосредственно в регионах его употребления. Санкт-Петербург и Ленинградская область – это регион с большой населенностью, поэтому вопрос производства свежей зелени именно здесь достаточно актуальный.

Учитывая местный климат: непродолжительное, иногда прохладное лето, небольшое количество солнечных дней, сырая, дождливая погода, требуется подбор особых сортов

кориандра, способных противостоять неблагоприятным условиям и давать стабильный урожай [8,9].

В Государственный реестр селекционных сортов на сегодняшний момент включено много сортов кориандра, каждый из которых имеет свою хозяйственно-биологическую характеристику [10]. Она определяется не только урожайностью и скороспелостью, но и лежкостью, пригодностью к переработке, устойчивостью к болезням и вредителям. Однако все эти свойства разных сортов проявляются по-разному в зависимости от конкретного региона выращивания [11]. Поэтому очень важно оценить каждый конкретный сорт в определенных агроклиматических условиях отдельного региона.

**Цель исследования** – изучить и подобрать ценные сорта кориандра для выращивания на зелень в условиях Ленинградской области Российской Федерации.

Для решения данной цели были поставлены следующие задачи: изучить особенности роста и развития разных сортов кориандра, установить их урожайность и скороспелость, определить химический состав зелени кориандра и выявить таким образом лучшие сорта, пригодные для выращивания в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Экспериментальную работу проводили в 2014-2018 гг. на опытном поле кафедры плодоовощеводства и декоративного садоводства, а также в биохимической лаборатории СПбГАУ.

В ходе исследований было изучено 12 сортов кориандра: АЗОСС – 379, Алексеевский 704, Бородинский, Венера, Кин-дза-дза, Лимонный, Октябрьский, Прелесь, Смена, Стимул, Тайга, Янтарь. В качестве контрольного сорта был выбран сорт Венера. Посев в открытый грунт проводили в начале мая (с 3 по 11 мая в зависимости от погодных условий каждого конкретного года). Семена были получены на плодоовощной опытной станции из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. Площадь учетной делянки составила 2 м<sup>2</sup>. Повторность в опытах 3-кратная. Размещение учетных делянок рендомизированное. Все сорта выращивали по одной технологии на грядах шириной 1 м с расстоянием между рядами 15 см. В процессе исследований проводили фенологические, биометрические исследования по общепринятым методикам. Определение химического состава зелени проводили по следующим показателям: хлорофилл (спектрофотометрический метод), каротиноиды (спектрофотометрический метод), аскорбиновая кислота (по Мурри), сумма сахаров (по Бертрану), сухое вещество (высушиванием до постоянной массы при 105°C).

**Результаты исследований.** Фенологические наблюдения за фазами роста показали, что раньше других на 8-й день от посева (11-19 мая в зависимости от года) появились всходы у сортов Бородинский, Лимонный, Прелесь, Октябрьский и АЗОСС-379. Самые поздние всходы во все года отмечены у сорта Янтарь. У этих же сортов на два дня раньше других было появление первого и второго настоящих листьев (на 11-й и 17-й день от посева соответственно). Уборку урожая проводили на 34-35 день после всходов, а именно 14-23 июня в зависимости от года.

Анализируя средние биометрические данные, надо отметить, что наибольшую высоту имели растения сортов АЗОСС-379, Алексеевский 704, Октябрьский, Прелесь – 28-34 см (рис.2.). Все изучаемые сорта, за исключением сорта Смена, по высоте превосходили контрольный сорт Венера.

Более широкая листовая пластинка (4-4,5 см) выявлена у сортов Смена, Прелесь, Октябрьский, Алексеевский 704. Ширина листа у сортов Бородинский, Кин-дза-дза, Лимонный, Тайга, АЗОСС-379 незначительно превышала таковую в контрольном варианте.



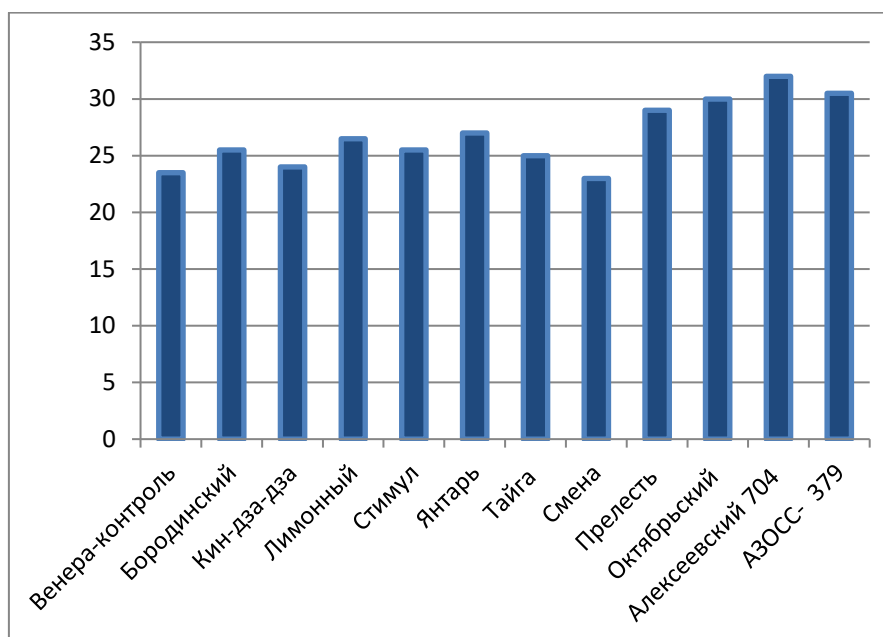


Рисунок 2. Высота растений, см (средние данные за 5 лет)  
 Figure 2. Plant height, cm (average data for 5 years)

Наибольшее количество листьев к моменту сбора урожая (9-10 шт.) сформировали сорта кориандра АЗОСС-379, Прелесть, Бородинский, Лимонный, Кин-дза-дза (рис.3). Сорта Алексеевский 704, Октябрьский, Стимул, Смена, так же как и контрольный сорт Венера, имели по 8 листьев на растении. Меньше всего листьев у сортов Янтарь и Тайга, что связано с их позднеспелостью.

По комплексу биометрических показателей следует выделить сорта кориандра АЗОСС-379, Лимонный, Бородинский, Прелесть – за более высокий прирост и наибольшее количество листьев.

Анализируя данные таблицы 1, надо отметить, что наибольшая масса одного растения была у сортов Алексеевский 704, Бородинский, Смена. Сорта Стимул, Лимонный, АЗОСС-379, Прелесть по массе 1-го растения превосходили контрольный сорт Венера на 3-4 г.

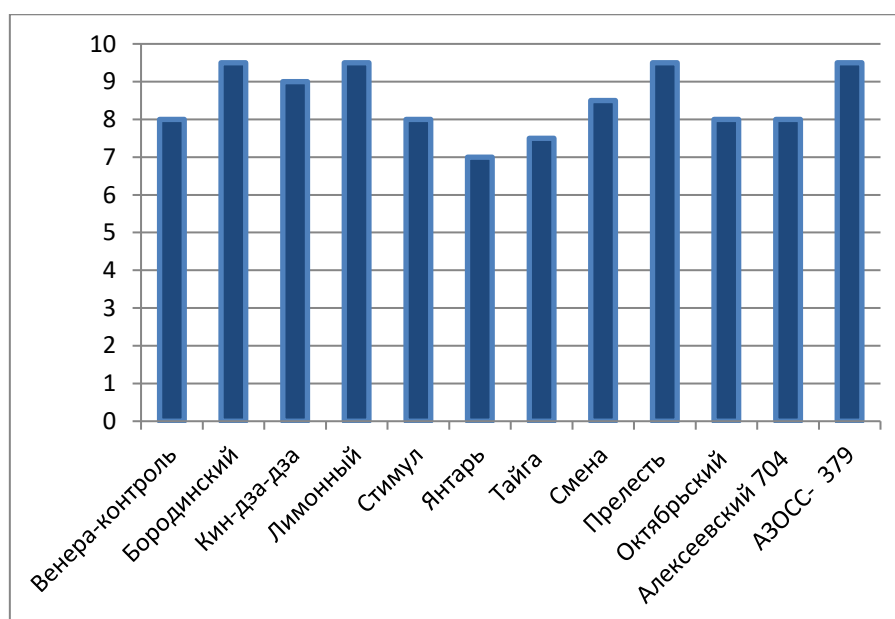


Рисунок 3. Количество листьев, шт. (средние данные за 5 лет)  
 Figure 3. Number of leaves, pcs (average data for 5 years)

Таблица 1. Урожайность и масса 1-го растения (средние данные за 5 лет)  
 Table 1. Yield and weight of the 1st plant (average data for 5 years)

Сорта кориандра	Масса 1-го растения, г	Урожайность	
		кг/м <sup>2</sup>	в % к контролю
Венера – контроль	9,6-12,0	1,1-1,3	100
Бородинский	16,0-19,1	1,8-2,3	163-177
Кин-дза-дза	11,2-13,5	1,3-1,6	118-123
Лимонный	12,8-13,8	1,3-1,5	115-118
Стимул	13,5-14,4	1,7-1,9	146-155
Янтарь	11,5-12,9	1,4-1,5	118-127
Тайга	12,0-13,1	1,1-1,3	100
Смена	16,3-17,4	1,6-1,8	138-145
Прелесть	13,5-14,6	1,4-1,6	118-123
Октябрьский	12,7-15,7	1,5-1,9	136-146
Алексеевский 704	16,5-18,4	1,8-2,2	163-169
АЗОСС -379	13,8-15,4	1,6-1,9	145-146

Максимальная урожайность зелени кориандра на 65-70% выше контрольного варианта была получена на сортах Бородинский, Алексеевский, на 45-50% – выше у сортов Стимул и АЗОСС-379 и на 40% больше, чем в контроле, у сортов Смена и Октябрьский. Урожайность сортов Лимонный, Янтарь, Прелесть и Кин-дза-дза превышала контрольный сорт на 15-20%. Данная закономерность сохранялась во все годы исследований.

Таким образом, использование новых перспективных сортов позволяет получить 1,5-2,3 кг/м<sup>2</sup> зелени кориандра и повысить урожайность на 40-70%.

Исследуя химический состав зелени кориандра по количеству сухих веществ и сахаров, следует выделить сорта Кин-дза-дза, Алексеевский 704, Октябрьский, Бородинский, АЗОСС-379 и Лимонный (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав листьев кориандра (средние данные за 5 лет)  
 Table 2. Chemical composition of coriander leaves (average data for 5 years)

Сорта кориандра	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100г	Каротиноиды, мг/100г	Хлорофилл, мг/100г
Венера – контроль	16,3	2,8	40	14	92
Бородинский	17,9	3,5	48	17	92
Кин-дза-дза	18,1	4,1	54	17	110
Лимонный	17,5	3,4	42	16	91
Стимул	16,4	2,8	60	15	136
Янтарь	16,3	2,9	43	15	164
Тайга	16,2	2,8	42	14	99
Смена	17,4	3,3	47	15	122
Прелесть	17,0	3,0	42	15	97
Октябрьский	18,0	3,4	51	15	120
Алексеевский 704	18,1	3,6	50	16	131
АЗОСС -379	17,7	3,4	53	16	122

Сорта кориандра Бородинский и Кин-дза-дза накопили больше всего каротиноидов – 17 мг/100 г. Это на 20% превышает контрольный сорт Венера. Немного больше, чем у Венеры, каротиноидов содержали сорта Алексеевский 704, АЗОСС-379, Лимонный.

Сорта кориандра Янтарь, Стимул и Алексеевский 704 содержали хлорофилла на 40-75% больше контрольного сорта. Сорта Октябрьский, Смена и АЗОСС-379 по содержанию хлорофилла превышали контрольный сорт на 25-30%.

Анализируя данные химических показателей, следует выделить следующие сорта: Алексеевский 704, Октябрьский, Кин-дза-дза, АЗОСС-379 и Стимул.

**Выводы.** Исходя из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Самый ранний урожай свежей зелени кориандра в условиях Ленинградской области (14-23 июня) позволяют получить сорта Бородинский, Лимонный, Прелесть, Октябрьский и АЗОСС-379.
2. При оценке биометрических показателей выделены сорта Бородинский, Лимонный, АЗОСС-379 и Прелесть.
3. Наиболее урожайными являются сорта кориандра Бородинский, Алексеевский 704, Стимул, АЗОСС-379, Смена, Октябрьский.
4. Самыми ценными по химическому составу зелени следует считать сорта Алексеевский 704, Октябрьский, Кин-дза-дза, АЗОСС-379 и Стимул.

Таким образом, для выращивания кориандра на зелень в условиях Ленинградской области можно рекомендовать сорта Бородинский, Алексеевский 704, Стимул, АЗОСС-379 и Октябрьский.

#### Список источников литературы

1. Иванова М.И., Кашлева А.И. Кориандр на зелень // Картофель и овощи. – 2016. – № 6. – С. 10-11.
2. Грессов М.В., Кочергина Е.М. Использование сортов кориандра для заморозки // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. научн. Трудов / СПбГАУ. – СПб., 2018. – С.184-188.
3. Chemical composition of essential oil of coriander seeds (*coriandrum sativum*) cultivated in amazon savannah, Brazil dos Santos M.D.V., Neto M.F.D.C., de Melo Filho A.A., Chagas P.C., Reis de Melo A.C.G., Takarashi J.A., Ferraz V.P., Chagas E.A. Chemical Engineering Transaction. 2019. Т. 75. С. 409-414.
4. Степанова Н.Ю. Производство и пищевая ценность пряностей // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава / СПбГАУ. – СПб., 2015. – С. 280-283.
5. Степанова Н.Ю., Студенникова Е.В. Использование пряноароматических растений в промышленности // Вестник Студенческого научного общества СПбГАУ – СПб., 2013. – № 2. – С. 257-260.
6. Присс О.П., Сухаренко Е.И., Коляденко В.В., Нестеров Ю.Ю. Хранение зелени кориандра (*coriandrum sativum* L.) в питательной среде // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2019. – Т. 1. – № 9. – С. 57.
7. Влияние упаковочных материалов и абсорбера этилена на сохраняемость кориандра вощного / Е.В. Янченко, А.В. Янченко, М.И. Иванова, Г.В. Ткаченко, К.В. Порвалов // Картофель и овощи. – 2021. – №10. – С. 24-27. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.31.41.001>
8. Скиба А.В., Кривда С.И., Кравченко Г.Д. Результаты сравнительного изучения разных сортов кориандра посевного (*Coriandrum Sativum* L.) в предгорной зоне Республики Крым // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21 (184). – С. 33-46.
9. Кузенко В.И. Продуктивность кориандра в условиях Республики Адыгея: Материалы всероссийской научно-практической конференции аспирантов, докторантов и молодых ученых / Майкопский государственный технологический университет. – 2021. – С. 84-87.
10. Physiological and biochemical traits in coriander affected by plant growth-promoting rhizobacteria under salt stress Rabiei Z., Hosseini S.J., Pirdashti H., Nazrati S. Heliyon. 2020. Т. 6. № 10. С. e05321.
11. Хромцев Д.Ф., Виноградов Д.В. Совершенствование элементов технологии возделывания кориандра в условиях южной части Нечерноземной зоны России // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: Сборник статей по материалам VII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора М.Е. Николаева. – 2016. – С. 232-234.

### References

1. Ivanova, M.I., Kashleva, A.I. (2016), Coriander on greens, *Potatoes and vegetables*, no. 6, pp. 10-11.
2. Gressov, M.V., Kochergina, E.M. (2018), The use of coriander varieties for freezing, *Scientific support for the development of agriculture in the conditions of import substitution: collection of scientific works*, SPbGAU, pp. 184-188.
3. Chemical composition of essential oil of coriander seeds (*coriandrum sativum*) cultivated in amazon savannah, Brazil dos Santos M.D.V., Neto M.F.D.C., de Melo Filho A.A., Chagas P.C., Reis de Melo A.C.G., Takarashi J.A., Ferraz V.P., Chagas E.A. *Chemical Engineering Transaction*. 2019. T. 75. C. 409-414.
4. Stepanova, N.Yu. (2015), Production and nutritional value of spices, In the collection, *Scientific support for the development of agriculture in the conditions of reform*, materials of the scientific and practical conference of the teaching staff, pp. 280-283.
5. Stepanova, N.Yu., Studennikova, E.V. (2013), The use of spicy-aromatic plants in industry, *Bulletin of the Student Scientific Society*, no. 2, pp. 257-260.
6. Priss, O.P., Sukhareno, E.I., Kolyadenko, V.V., Nesterov, Yu.Yu. (2019), Storage of coriander greens (*coriandrum sativum* L.) in a nutrient medium, *Naukoviy visnik Tavriysk state agrotechnological University*, vol. 1, no. 9., p. 57.
7. The influence of packaging materials and ethylene absorber on the preservation of vegetable coriander (2021), E.V. Yanchenko, A.V. Yanchenko, M.I. Ivanova, G.V. Tkachenko, K.V. Porvalov, *Potatoes and vegetables*, no. 10, pp. 24-27, <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.31.41.001>
8. Skiba, A.V., Krivda, S.I., Kravchenko, G.D. (2020), Results of comparative study of different varieties of coriander (*coriandrum sativum* L.) in the foothill zone of the Republic of Crimea, *Izvestiya agronomicheskoi nauki Tavrida*, no 21 (184), pp. 33-46.
9. Physiological and biochemical traits in coriander affected by plant growth-promoting rhizobacteria under salt stress Rabiei Z., Hosseini S.J., Pirdashti H., Hazrati S. *Heliyon*. 2020. T. 6. № 10. C. e05321.
10. Kuzenko, V.I. (2021), Coriander productivity in the conditions of the Republic of Adygea, In the collection: Materials of the All-Russian scientific and practical conference of graduate students, doctoral students and young scientists, Maikop State Technological University. -pp. 84-87.
11. Khromtsev, D.F., Vinogradov, D.V. (2016), Improvement of coriander cultivation technology elements in the conditions of the southern part of the non-chernozem zone of Russia, In the collection, *Technological aspects of cultivation of agricultural crops*, Collection of articles based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of Professor M.E. Nikolaev, pp. 232-234.

### Сведения об авторах

**Степанова Наталья Юрьевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5703-5671.

### Information about the authors

**Natalia Yu. Stepanova** - Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of Agricultural Products Storage and Processing department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5703-5671.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 15.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 10.12.2021 г.; принята к публикации 13.12.2021 г.*

*The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted after publication 13.12.2021.*

Научная статья

УДК 635.922

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-28-35

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА МИНИАТЮРНЫХ И КАРЛИКОВЫХ СОРТОВ  
ПЕЛАРГОНИИ ЗОНАЛЬНОЙ (*PELARGONIUM X HORTORUM, BAILEY*)  
В КОЛЛЕКЦИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА****Юлия Михайловна Самбунова**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; konstanta-1@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-4315-5008>

**Реферат.** Пеларгония зональная – перспективная декоративная культура, имеющая большое коммерческое значение. В России зарегистрировано всего 9 сортов пеларгонии, отсутствует единая методика оценивания сортов. В результате исследования были изучены и проанализированы морфологические признаки 10 карликовых и миниатюрных сортов пеларгонии зональной из коллекции СПбГАУ. В работе предлагается оригинальная шкала оценки пеларгонии зональной интродуцированных миниатюрных и карликовых сортов. Разработанная шкала комплексной оценки сортов включает в себя морфологические признаки, такие как продуктивность цветения, продолжительность цветения, интенсивность цветения, количество цветоносов на растении и количество цветков на одном цветоносе. По результатам исследования установлены наиболее значимые признаки для оценки декоративности растения. Дополнена и переработана методика оценки сортов пеларгонии зональной, разработана удобная шкала для комплексной оценки. В результате был сформирован рейтинг перспективности тех или иных сортов пеларгонии зональной. По итогам комплексной оценки изучаемые сорта пеларгонии зональной получили от 120 до 145 баллов. Сорта *Vancouver Centennial*, *Petals (Madame Salleron)*, *Sussex Gem* получили по 120 баллов и были отнесены к перспективным за декоративную листву и компактный габитус. К перспективным были отнесены сорта, набравшие до 135 баллов – *Ragamuffin*, *Powder Puff*, *Pebbles*. К очень перспективным – набравшие от 136 до 145 баллов, это сорта: *Bridesmaid*, *Conny*, *Honeywood Susanne*, *Natali*. К неперспективным сортам для внедрения в массовое производство не было отнесено ни одного из изучавшихся. Отобрано 6 перспективных и 4 очень перспективных сорта для массового выращивания в условиях защищенного грунта и дальнейшей селекции.

**Ключевые слова:** пеларгония зональная, шкала комплексной оценки, декоративно-хозяйственные признаки, габитус растения

**Цитирование.** Самбунова Ю.М. Комплексная оценка миниатюрных и карликовых сортов пеларгонии зональной (*Pelargonium x hortorum, Bailey*) в коллекции Санкт-Петербургского аграрного университета // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 35-44. doi:10.24412/2078-1318-2021-4-28-35

**COMPREHENSIVE EVALUATION OF MINIATURE AND DWARF VARIETIES  
OF PELARGONIUM ZONAL (*PELARGONIUM X HORTORUM*, BAILEY)  
IN THE COLLECTION OF ST PETERSBURG AGRARIAN UNIVERSITY**

**Yulia M. Samburova**

Saint Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg,  
196601, Russia; konstanta-1@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4315-5008>

**Abstract.** Zonal pelargonium is a promising ornamental crop of great commercial importance. In Russia, only 9 varieties of pelargonium have been registered, there is no single method for evaluating varieties. As a result of the study, the morphological characteristics of 10 dwarf and miniature varieties of zonal pelargonium from the collection of St. Petersburg State Agrarian University were studied and analyzed. The paper proposes an original scale for assessing the pelargonium of zonal introduced miniature and dwarf varieties. The developed scale for the complex assessment of varieties includes morphological characteristics such as flowering productivity, flowering duration, flowering intensity, the number of peduncles per plant and the number of flowers per peduncle. According to the results of the study, the most significant signs for assessing the decorativeness of the plant were established. The methodology for evaluating zonal pelargonium varieties has been supplemented and revised, and a convenient scale for comprehensive evaluation has been developed. As a result, a rating of the prospects of certain varieties of zonal pelargonium was formed. According to the results of a comprehensive assessment, the studied varieties of zonal pelargonium received from 120 to 145 points. The varieties Vancouver Centennial, Petals (Madame Salleron), Sussex Gem received 120 points each and were classified as promising for their decorative foliage and compact habit. The varieties that scored up to 135 points were classified as promising (Ragamufin, Powder Puff, Pebbles). To very promising - scored from 136 to 145 points, these are varieties: Bridesmaid, Conny, Honeywood Susanne, Natali. None of the studied varieties were classified as unpromising varieties for introduction into mass production. Selected 6 promising and 4 very promising varieties for mass cultivation in greenhouses and further selection.

**Keywords:** *zonal pelargonium, complex assessment scale, decorative and economic characteristics, plant habit*

**Citation.** Samburova, Yu.M. (2021), "Comprehensive assessment of miniature and dwarf varieties of zonal pelargonium (*Pelargonium x hortorum*, Bailey) in the collection of the St. Petersburg Agrarian University", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 28-35, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-28-35

**Введение.** По данным английского общества любителей пеларгоний (The International Register of Pelargonium Cultivars), этот род насчитывает более 75000 зарегистрированных сортов [1, 2, 3]. Следует отметить, что при таком огромном количестве сортов пеларгонии зональной поступающие из-за рубежа сорта и сортотипы не всегда отвечают требованиям отечественного потребителя [4, 5]. На территории России селекция пеларгонии зональной недостаточна, ведется в основном на любительском уровне, нет единой методики оценки сортов и, как следствие, на 2021 год в Государственном реестре селекционных достижений зарегистрировано всего 9 сортов [6].

В Санкт-Петербургском аграрном университете, г. Пушкин (СПбГАУ), начала формироваться коллекция пеларгонии зональной в 2018 г., были проведены исследования по интродукции карликовых и миниатюрных сортов пеларгонии зональной иностранной селекции в условиях защищенного грунта с регулируемыми биотическими факторами, такими как освещенность, тепловой режим, режим влажности и минерального питания. Проблеме

интродукции декоративных растений в условиях защищенного грунта уделяется недостаточное внимание и в основном оно сосредоточено, в первую очередь, на коммерческих объектах [1].

Научные публикации по роду пеларгонии зональной малочисленны [5]. Следует отметить, что не существует единой методики оценки сортов пеларгонии зональной [7]. Различные методики периодически уточняются, пересматриваются и обновляются, однако с научной точки зрения остаются несовершенными. В основном идут попытки объединить и классифицировать пеларгонии зональные по форме и окраске цветка в тип цветка, по окраске и размеру в тип листа, в габитус включают только размер растения, что не совсем корректно. Габитус растения также должен учитывать симметричность куста, декоративность формы побегов [8, 9].

**Цель исследования** – комплексная оценка миниатюрных и карликовых сортов пеларгонии зональной из коллекции СПбГАУ, создание удобной шкалы признаков, выявление наиболее перспективных из них для формирования ассортимента для промышленного разведения, изучения и дальнейшей селекции.

Для этого были поставлены следующие задачи:

- исследовать морфологические признаки изучаемых сортов пеларгонии зональной 2-х подгрупп;
- изучить фенологию цветения;
- разработать удобную шкалу комплексной оценки сортов.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Работа проводится с 2018 года. Объектами комплексной оценки послужили 10 сортов и гибридов пеларгонии зональной иностранной селекции. На основе существующих методик была создана шкала признаков, позволяющая комплексно оценить сорта пеларгонии зональной из коллекции СПбГАУ и выделить из них наиболее перспективные.

В результате исследований были изучены и проанализированы морфологические признаки, которые условно были разделены на 15 групп. К этим признакам отнесены: продуктивность цветения в целом, количество цветоносов на растении, количество цветков на одном цветоносе. Так как пеларгония зональная выращивается в основном как декоративное растение, то особое внимание уделили признакам, отвечающим за эстетическое восприятие растения, в целом – это окраска, форма, размер цветка и степень осыпаемости цветков. Продуктивность цветения оценивалась по общему числу цветоносов на растении за весь период цветения. Морфологические признаки оценивали по методике Зининой В.Ф. «Первичная оценка декоративных признаков у интродуцированных сортов пеларгонии зональной», модифицированная с учетом современной селекции [10]. В работе использована модифицированная классификация пеларгонии зональной, принятая в The International Register of Pelargonium Cultivars. Для оценки сортов была принята 150 - балльная шкала.

**Результаты исследований.** Коллекция пеларгонии зональной составлялась и подбиралась с учетом того, чтобы охватить по возможности все группы признаков, существующих в современной селекции [11]. Было отобрано 50 сортов, наиболее типичных, наиболее устойчивых и неприхотливых в содержании. Из коллекции были отобраны 10 сортов, отвечающих всем требованиям подгруппы миниатюрные и карликовые пеларгонии. Это сорта: *Petals (Madame Salleron); Bridesmaid; Conny; Honeywood Susanne; Natalie; Pebbles; Powder Puff; Ragamuffin; Sussex Gem; Vancouver Centennial* (табл. 1).

Таблица 1. Описание сортов. Международный реестр и контрольный список сортов пеларгонии  
 Table 1. Variety description. International register and checklist of pelargonium varieties

Сорт	Ширина растения, см	Высота растения, см	Диаметр цветка, см	Диаметр соцветия, см	Примечание
Petals (Madame Salleron)	21	17	2,8-3,0	12	Пестролистная. Карликовый тип роста, введен в 1972 г., Clifton, серо-зеленый лист с широкой кремово-белой окантовкой, ярко-розовые простые цветки
Bridesmaid	18	15	2,5-2,7	13	Введен в 1972 г., Stringer. Карликовый тип роста, лист светлый без зоны, цветки лососевого оттенка, махровые
Conny	16	15	1,0-1,3	10-13	Тюльпановидная. Карликовый тип роста, листья глянцевые, цветок красно-оранжевый. Не датируется
Honeywood Susanne	23	16	3,5-4,2	13	Карликовый тип роста. Суперобильное цветение, соцветие рыхлое. J. Thogr, 1987 г.
Natalie	15	18	3,6-3,7	14	Карликовый тип роста. Цветок полумахровый, розовый с белой каймой. Sulman, 1996 г.
Pebbles	13	14	3,5-3,7	12	Миниатюрный тип роста. В. West, 2002 г. Цветок махровый, светло-красный, с изнанки белый. Лист зеленый, на ярком свете имеет темно-зеленую зону
Powder Puff	18	15	3,0	11	Карликовый тип роста, лососевый, подкладка лепестков светлая, махровый, лист с четкой зоной. Cat. Sulman, 2002 г.
Ragamuffin	16	17	2,8-3,0	13	Карликовый тип роста. Цветок махровый, розовый. Z. Lea UK, 1990 г.
Sussex Gem	12	15	2,5-2,6	9	Миниатюрный тип роста, махровый, цветок красный. Stringer, 2000 г.
Vancouver Centennial	18	18	2,3-2,6	10	Карликовый тип роста. Звездчатая, пестролистная, цветок красный, лист при ярком освещении темно-коричневый с салатовой каймой. Jan Gillam, Victoria Brilliance (Gillat., 1986 г.)



Разработанная шкала комплексной оценки сортов включает в себя морфологические признаки, такие как продуктивность цветения, продолжительность цветения, интенсивность цветения, количество цветоносов на растении и количество цветков на одном цветоносе. По результатам исследования установили наиболее значимые признаки для оценки декоративности растения. К таким признакам отнесены форма, размер цветка, его окраска, степень осыпаемости, окраска и форма листьев, габитус растения. В габитус включены такие признаки, как симметричность куста, длина цветоносов, расположение цветоносов относительно куста. В результате исследования выявлено 5 основных групп окраски цветка: белая и все максимально приближенные к нему оттенки; розовая; красная и все максимально приближенные к нему оттенки; сиреневая; пурпурная или фиолетовая. Они в свою очередь подразделяются на однотонную, двухтонную, с рисунком. Типы рисунков современных сортов пеларгонии зональной очень разнообразны – это и крап, кайма, глазки, штрихи и так называемые птичьи яйца. Дополнения и изменения в классификации подробно рассмотрены ранее [8, 9].

В шкалу оценки включено 15 групп признаков: декоративные – от окраски цветка до оригинальности растения в целом; хозяйственно-ценные – от общего состояния растения, например, облиственности, до устойчивости к болезням и вредителям. Некоторые признаки нельзя четко выделить в группу, так как они имеют одинаково важное значение как для оценки декоративности, так и хозяйственно значимы. К таким признакам отнесены габитус растения, высота и прочность цветоносов, неосыпаемость и другие. Признаки оценивались с помощью переводного коэффициента, с учетом степени значимости (табл. 2).

**Таблица 2. Шкала оценки сортов пеларгонии зональной по хозяйственно – полезным и декоративным признакам**

**Table 1. Scale for evaluating zonal pelargonium varieties according to economically useful and ornamental traits**

Признаки	Оценка по 5- балльной системе, балл	Переводной коэффициент*	Оценка, балл **
Окраска цветка	5	3	15
Форма цветка, край лепестка	5	3	15
Размер цветка	5	3	15
Количество лепестков (махровость)	5	2	10
Соцветие: плотность, количество цветков	5	1	5
Высота, прочность цветоносов	5	1	5
Продуктивность цветения	5	2	10
Интенсивность цветения, тип, характер цветения	5	1	5
Габитус куста	5	2	10
Окраска, форма листьев	5	3	15
Оригинальность, непохожесть	5	1	5
Общее состояние растения	5	2	10
Продолжительность цветения	5	3	15
Способность к размножению	5	2	10
Устойчивость к болезням и вредителям	5	1	5
Всего			150

\*Переводной коэффициент в зависимости от значимости признака

\*\* Оценка признака по 150-балльной системе

По признаку «размер цветка» пеларгония зональная классифицировалась на мелкоцветковую – до 3 см, среднецветковую – до 4,5-5 см, крупноцветковую – более 5 см в диаметре [8, 9]. Для миниатюрных и карликовых сортов, высота куста которых не более 18 см, добавлена следующая классификация: мелкоцветковые – до 2 см, среднецветковые – до 3 см, крупноцветковые – более 3,5 см в диаметре.

В группе признаков «лепестки – соцветия – цветоносы» каждый пункт получил максимум от 5 до 15 баллов. Оценивая качество лепестков, учитывали неосыпаемость цветков за весь период цветения цветоноса. У ряда сортов лепестки при температуре выше 25<sup>0</sup>С преждевременно теряли интенсивность окраски и увядали. Нами отмечен этот недостаток у сортов с белой окраской лепестков, нежная текстура которых оказалась малоустойчива к неблагоприятным температурным факторам.

Окраска цветка оценивалась по высшему баллу, если она была либо чистого цвета, либо окраска была оригинальна. Максимальную оценку по этому признаку получил сорт *Pebbles, Powder Puff*.

Форма, край лепестка оценивались по высшему баллу, если они были необычной формы или с оригинальным краем. Максимальную оценку по этому признаку получил сорт *Natalie, Vancouver Centennial*.

Основным признаком для культивации сортов пеларгонии является «количество цветков в соцветии». Такой признак, как «количество цветков в соцветии», является также очень значимым. По данному признаку сорта распределились следующим образом: наибольшее количество цветков (18-23 шт.) и максимальная оценка у сорта *Honeywood Susanne*; наименьшая (7-10 шт.) – у сорта *Conny*.

Размер цветка оценивался по максимальному баллу, если диаметр соцветия был выше среднего; для миниатюрных и карликовых сортов – более 3 см. Максимальную оценку по этому признаку получил сорт *Honeywood Susanne*.

Соцветия оценивались по высшему баллу при нормальной плотности, т.е. цветки при раскрытии создавали пышную шапку, на цветоносе было не менее 10 цветков, независимо от размера цветка. Максимальный балл получили следующие сорта: *Natalie, Honeywood Susanne*.

Максимальный балл по габитусу получили сорта *Conny, Bridesmaid, Pebbles*, среди которых 1 миниатюрный. Самым низкорослым (не более 14 см) является сорт *Pebbles*. Такой важный признак сорта, как высота растения, нельзя рассматривать в отрыве от признаков ширина растения и размер соцветия. Даже высокое растение с мелкими соцветиями будет менее декоративным и менее перспективным как для промышленного, так и для частного производства, чем растение средней высоты, но с большим соцветием [12].

В связи с этим был просчитан относительный коэффициент соотношения соцветие/высота растения ( $K_{lk/hr}$ ):  $K_{lk/hr} = L_k/H_r$ ,

где  $L_k$  – усредненное значение длины соцветия сорта;

$H_r$  – усредненное значение высоты растения сорта [11].

По данному показателю наиболее перспективными были сорта пеларгонии зональной: *Honeywood Susanne; Bridesmaid; Ragamuffin*.

По продолжительности цветения сорта подразделили на 2 группы: цветущие непрерывно и цветущие периодически. Первые, без дополнительной стимуляции, могут цвести продолжительно 8-9 месяцев, однако после такого цветения наступает истощение и раннее старение растения. В коллекции СПбГАУ среди карликов и миниатюр таких сортов нет. Растения, у которых цветение проходит периодически, также подразделили на 2 группы: это цветущие 2-3 месяца 2-3 раза в году и цветущие 1 раз в год 4-6 месяцев без перерыва (табл. 3).

Таблица 3. Продолжительность и периодичность цветения сортов пеларгонии зональной (2018-2021 гг.)

Table 3. Duration and frequency of flowering of zonal pelargonium cultivars 2018-2021

Сорт	Продолжительность цветения одного цветка, дней	Ремонтантное цветение	Периодичное цветение
Petals (Madame Salleron)	8	да	Редко
Bridesmaid	17	да	С мая по октябрь
Conny	21	да	С мая по ноябрь с интервалом 1 мес.
Honeywood Susanne	26	да	Непрерывно с мая по сентябрь
Natali	18	да	Непрерывно, с июня по нач. октября
Pebbles	25	да	2 мес. 2-3 раза в году
Powder Puff	20	да	С июня по октябрь с интервалом до 1 мес.
Ragamuffin	11	да	С мая по октябрь
Sussex Gem	14	да	С июня по нач. октября
Vancouver Centennial	16	да	2-3 мес. 2-3 раза в году

В результате комплексной оценки изучаемые сорта пеларгонии зональной получили от 120 до 145 баллов. К неперспективным сортам для внедрения в массовое производство не было отнесено ни одного сорта. Сорта *Vancouver Centennial*, *Petals (Madame Salleron)*, *Sussex Gem* получили по 120 баллов и были отнесены к перспективным за декоративную листву и компактный габитус. К перспективным отнесли сорта, набравшие до 135 баллов, это сорта *Ragamuffin*, *Powder Puff*, *Pebbles*. К очень перспективным сортам, набравшим от 136 до 145 баллов, отнесены: *Bridesmaid*, *Conny*, *Honeywood Susanne*, *Natali*.

**Выводы.** На основании выполненных исследований была дополнена классификация пеларгонии зональной по декоративным признакам, разработана удобная шкала для комплексной оценки пеларгонии.

Отобрано 6 перспективных и 4 очень перспективных сорта для массового выращивания в условиях защищенного грунта и дальнейшей селекции. Планируется их использование в собственной селекции и в учебном процессе.

#### Список источников литературы

1. Коньсбаева Д.Т. и др. Сортоизучение пеларгонии (*P. Pelargonium*) и ее адаптивные возможности в условиях Костанайской области // Вестник КГПИ. – 2015. – №. 1. – С. 29-34.
2. Molenaar H. et al. Selection for production-related traits in Pelargonium zonale: improved design and analysis make all the difference // Horticulture research. – 2017. – Т. 4. – №. 1. – С. 1-9.
3. Holt M. A. Fir Trees Pelargoniums // London: Batsford. – 2009. – 234 p.
4. Юрковская Е.Г., Смыкова Н.В., Клименко З.К. Коллекция пеларгонии Никитского ботанического сада // Цветоводство: теоретические и практические аспекты. – 2020. – С. 87-87.
5. Гутиева Н.М. Коллекция рода *Pelargonium* в свете новых критериев селекционного разведения пеларгонии // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 122.
6. Паластрова О.А., Усольцев Ю.А. Происхождение и видовое разнообразие представителей рода *Pelargonium* // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – 2019. – С. 176-178.
7. Feltwell J. Geraniums & Pelargoniums. – London: Collins & Brown, 2001. – 128 p.
8. Осипова Г.С., Самбунова Ю.М. К вопросу о методике изучения морфологических и биологических особенностей вида пеларгония зональная // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (57). – С. 11-16.
9. Самбунова Ю.М., Осипова Г.С. Методика первичной сортооценки пеларгонии зональной (*Pelargonium zonal L. Herit*) // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: сборник научных трудов / СПбГАУ. – СПб., 2019. – С. 53-56.

10. Зинина В.Ф. Первичная оценка декоративных признаков у интродуцированных сортов пеларгонии зональной // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 1985. – №. 60. – С. 34-38.
11. Былов В.Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений // Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений: сб. тр. – М.: Наука, 1978. – С. 7-31.
12. Коньсбаева Д.Т., Рулёва М.М. Основы декоративного комнатного цветоводства: учебное пособие. – Костанай: КГПИ, 2011. – 214 с.

### References

1. Konysbaeva, D.T. et al. (2015), Sortoizuchenie pelargonii (R. Pelargonium) i ee adaptivnye vozmozhnosti v usloviyah Kostonajskoj oblasti, *Vestnik KGPI*, no. 1, pp. 29-34. (In Russ.).
2. Molenaar, H. et al. (2017), Selection for production-related traits in Pelargonium zonale: improved design and analysis make all the difference, *Horticulture research*, vol. 4. – no. 1, pp. 1-9
3. Holt, M. (2009), *Fir Trees Pelargoniums*, Batsford, London, UK.
4. Yurkovskaya, E.G., Smykova, N.V., Klimenko, Z.K. (2020), Kolleksiya pelargonii Nikitskogo Botanicheskogo Sada, *Cvetovodstvo: teoreticheskie i prakticheskie aspekty*. pp. 87-87. (In Russ.).
5. Gutieva, N.M. (2016), Kolleksiya roda Pelargonium v svete novyh kriteriev selekcionnogo razvedeniya pelargonii, *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. vol. 122. (In Russ.).
6. Palastrova O.A., Usol'cev Y.A. (2019) Proiskhozhdenie i vidovoe raznoobrazie predstavitelej roda Pelargonium, *Aktual'nye problemy ekologii i prirodopol'zovaniya*, pp. 176-178. (In Russ.).
7. Feltwell, J. (2001), *Geraniums & Pelargoniums*, Collins & Brown, London, UK.
8. Osipova, G.S., Samburova, Y. M. (2019), K voprosu o metodike izucheniya morfologicheskikh i biologicheskikh osobennostej vida pelargoniya zonal'naya, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 57, no. 4, pp. 11-16. doi:10.24411/2078-1318-2019-14011 (In Russ.).
9. Samburova, Y.M., Osipova G.S. (2019), Metodika pervichnoj sortoocenki pelargonii zonal'noj (Pelargonium zonal L. Herit), *Rol' molodyh uchenyh v reshenii aktual'nyh zadach APK*. pp. 53-56. (In Russ.).
10. Zinina, V.F. (1985), Pervichnaya ocenka dekorativnyh priznakov u introducirovannyh sortov pelargonii zonal'noj, *Byull. Nikitskogo botanicheskogo sada*, no. 60. pp. 34-38. (In Russ.).
11. Bylov, V.N. (1978), Osnovy sravnitel'noj sortoocenki dekorativnyh rastenij, *Introdukciya i selekciya cvetochno-dekorativnyh rastenij: sb. tr.* pp. 7-31. (In Russ.).
12. Konysbaeva D.T., Rulyova M.M. (2011) Osnovy dekorativnogo komnatnogo cvetovodstva: uchebnoe posobie, [Basics of ornamental indoor floriculture: Training manual], KGPI, Kostanaj, Kazakhstan.

### Сведения об авторе

**Самбурова Юлия Михайловна** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 8555-9172.

### Information about the authors

**Yulia M. Samburova** – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; spin-code: 8555-9172.

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

**Conflict of interest.** Author declares no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 15.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 14.12.2021 г.; принята к публикации 17.12.2021 г.*

*The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 14.12.2021; accepted after publication 17.12.2021.*

Научная статья

УДК 635.262

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-36-44

**ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОЗИМОГО ЧЕСНОКА И РОКАМБОЛЬ  
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****Азрет Муазинович Улимбашев**Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; ulimbashov\_a@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-2882-1866>

**Реферат.** Чеснок (*Allium sativum* L.) культивируют в нашей стране с давних времен. Это многолетнее вегетативно размножающееся растение. Чеснок по своему химическому составу является чрезвычайно ценным растением, благодаря своим исключительным питательным и лечебным свойствам. Пары эфирных масел чеснока обладают сильным бактерицидным и фунгицидным действием. Он является одним из основных источников селена и германия для человеческого организма.

Все возделываемые формы культурного чеснока подразделяются на два подвида: стрелкующийся (стеблеобразующий) и обыкновенный (нестрелкующийся).

В 2019 году была проведена оценка продуктивности различных форм озимого чеснока в условиях Ленинградской области. Для закладки опыта использовали зубки озимого чеснока следующих сортов: Комсомолец – контроль (стрелкующийся), Новосибирский (нестрелкующийся), Витязь (нестрелкующийся) и зубки рокамболя сорта Жемчуг. Изучали темпы роста и развития растений, определяли продуктивность изучаемых сортов. В дальнейшем были проведены биохимические анализы озимого чеснока и рокамболя.

Изучали биологические особенности культуры рокамболь и озимого чеснока. Биометрические наблюдения, учет урожая и биохимические анализы проводили по общепринятым методикам. По фенологическим наблюдениям установлено, что опережение в росте и развитии у озимого чеснока сорта Комсомолец (контроль) на 12 дней больше, по сравнению с наступлением фенофаз у рокамболя. У озимого чеснока, сорт Витязь, раньше всех остальных образцов произошло полегание и пожелтение листьев. Самым продуктивным оказался озимый чеснок сорта Комсомолец (контроль) и рокамболь Жемчуг – 5,9 т/га и 6,4 т/га при средней массе луковицы 42 г и 45 г. При изучении химических показателей луковиц следует отметить, что наибольшее содержание сухого вещества – 39,8%, сахаров – 13,98% и аскорбиновой кислоты – 21,78% было в варианте у рокамболя сорта Жемчуг. По содержанию нитратов все сорта имели низкие показатели – от 11,37 мг/кг у рокамболя сорта Жемчуг с минимальным количеством до 12,8 мг/кг у сорта Комсомолец (контроль).

**Ключевые слова:** озимый чеснок, вид, форма, продуктивность, качество

**Цитирование.** Улимбашев А.М. Продуктивность различных форм озимого чеснока и рокамболь в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 36-44. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-36-44

## PRODUCTIVITY OF VARIOUS FORMS OF WINTER GARLIC AND ROCKAMBOL IN LENINGRAD REGION

Azret M. Ulimbashev

Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin,  
Saint-Petersburg, 196601, Russia; ulimbashv\_a@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-2882-1866>

**Abstract.** Garlic (*Allium sativum L.*) has been cultivated in our country for a long time. It is a perennial vegetatively propagating plant. Chemically, garlic is an extremely valuable plant due to its exceptional nutritional and medicinal properties. Vapors of garlic essential oils have a strong bactericidal and fungicidal effect. It is one of the main sources of selenium and germanium for the human body.

All cultivated forms of cultivated garlic are subdivided into two subspecies: arrow-shaped (stem-forming) and ordinary (non-arrow).

In 2019, an assessment was made of the productivity of various forms of winter garlic in the conditions of the Leningrad region. To bookmark the experiment, we used chives of winter garlic of the following varieties: Komsomolets –control (shooters), Novosibirsk (no shoots), Vityaz (no shoots), and chives of rockambol varieties - Zhemchug. Studied the rates of growth and development of plants, determined the productivity of the studied varieties. Subsequently, biochemical analyzes of winter garlic and rockambol were carried out.

Studied the biological characteristics of the culture of rockumbol and winter garlic. Biometric observations, crop accounting and biochemical analyzes were carried out according to generally accepted methods. According to phenological observations, it was established that the lead in growth and development in winter garlic of the Komsomolets variety (control) is 12 days greater than the onset of phenophases in rockambol. In winter garlic, variety Vityaz, lodging and yellowing of leaves occurred earlier than all other samples. The most productive were winter garlic varieties Komsomolets (control) and Rocambol Pearl - 5.9 t / ha and 6.4 t / ha with an average bulb weight of 42 g and 45 g. 39.8%, sugars - 13.98%, and ascorbic acid - 21.78%, it was in the variant of the Pearl variety of rockambol. In terms of the content of nitrates, all varieties had low indicators - 11.37 mg / kg for rockambol variety Zhemchug with a minimum amount, up to 12.8 mg / kg for variety Komsomolets (control).

**Keywords:** winter garlic, species, shape, productivity, quality

**Citation.** Ulimbashev, A.M., (2020), “Productivity of various forms of winter garlic and rockambol in Leningrad region”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no 4, pp. 36-44, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-36-44

**Введение.** Семейство луковые (*Alliaceae J. Agardh.*) объединяет около 30 родов и 650 видов, распространенных на всех континентах, кроме Австралии. Однако большинство видов сосредоточено в умеренных областях северного полушария. Виды луковых очень разнообразны по своей экологической принадлежности и встречаются повсюду – от высокогорий до побережья морей, на лугах и в лесах. Самым большим в этом семействе является род *Allium L.* – лук [1].

Наиболее широко известен и распространен в культуре лук репчатый (*Allium cepa L.*). Вторым по значению в семействе является чеснок (*A. Sativum L.*). Именно чесноку род обязан своим названием *Allium L.* – так называли чеснок древние римляне [2].

Чеснок – однолетнее травянистое растение. Стрелкующийся чеснок образует в почве луковицы, сформированные из примерно одинаковых зубков, расположенных вокруг стебля, на котором находятся вместе с недоразвитыми цветками воздушные луковички (бульбочки от 5 до 200 штук и более в зависимости от сорта). На первом этапе стебель (стрелка) закручивается в спираль, к моменту раскрытия чехлика стрелка распрямляется. Стрелкующийся чеснок приспособлен к озимой культуре, размножается зубками и бульбочками. Нестрелкующийся подвид чеснока стрелки не образует. Зубки у него располагаются спирально в 2–3 круга и более. Отдельные зубки (2–5) имеют свои групповые чешуи. Наружные зубки в луковице крупные, центральные мелкие [3, 4].

Рокамболь, или лук причесночный (*Allium scorodoprasum* L.) в естественных условиях произрастает в Южной Европе, Крыму и на Северном Кавказе. Его культивируют в Западной Европе, Китае, Корее и Японии. От чеснока рокамболь отличается менее острым вкусом, не столь резким запахом, более широкой листовой пластинкой и способностью к образованию деток, которых у чеснока не бывает. Рокамболь выращивается как озимый чеснок, стрелок не образует [5].

Чеснок культурный (*Allium sativum* L.) – однолетнее вегетативно размножаемое растение. Органами размножения являются почки – зубки и воздушные луковички, развивающиеся на стрелке. Утрата способности цвести и формировать семена в обычных условиях затрудняет работу с чесноком, так как исключена возможность гибридизации и получения межсортовых гибридов [6].

В последние годы во многих странах мира значительно увеличилось производство чеснока. Это связано с его высокими пищевыми и целебными свойствами, которые напрямую зависят от его богатейшего, уникального биохимического и минерального состава. Одни из этих свойств подавляют рост возбудителей заболеваний, другие снижают уровень сахара в крови, третьи нормализуют содержание холестерина, четвертые предотвращают образование тромбов [7].

Потребность в чесноке в Российской Федерации составляет 430 тыс.т, а производство этой культуры на сегодняшний день находится на уровне 260 тыс.т. Нехватка чеснока в объеме около 100 тыс. тонн покрывается завозом из-за рубежа. Если оценить закупочную стоимость чеснока по минимальной цене (30 руб./кг), то сумма денежных средств, затрачиваемых на закупку только этого продукта, составляет 5,0 млрд. руб. в год. В структуре импорта чеснока в Российской Федерации наибольшая доля приходится на Китай и составляет более 40%.

Доля промышленного производства чеснока в России невелика и составляет менее 1%. Главная сложность производства – это большая трудоемкость возделывания, острая нехватка качественного посадочного материала районированных сортов, недостаточная изученность новых приемов агротехники, позволяющих получать высокую рентабельность [8, 9].

Хорошо известно, что биохимические показатели импортируемых в Российскую Федерацию пищевых продуктов, особенно овощей, гораздо ниже отечественных. Это справедливо и применительно к чесноку, т.к. чеснок, завезенный из Китая, содержит существенно большее количество хрома и никеля по сравнению с отечественным. Как правило, импортируемый чеснок плохо хранится и начинает быстро прорастать. Чеснок резко реагирует на изменение условий выращивания. Ареал возделывания каждого сорта строго ограничен, и выход сорта за его пределы незамедлительно отражается на урожае и его качестве. В связи с этим импортируемый чеснок не следует применять в качестве посадочного материала.

Чеснок, хотя и является малораспространенной овощной культурой, но практически ни один повар на земном шаре не обходится без его применения. Потребность в нем удовлетворяется далеко не полностью, сортимент ограничен. Причина его ограниченного выращивания состоит в отсутствии информации по биологии, агротехнике, продуктивности, пищевым и лечебным свойствам, недостатке сортов и посадочного материала [10].

Озимый чеснок – это вегетативно размножаемое растение, и от его качества посадочного зубка и бульбочки зависит будущий урожай. По технологии выращивания чеснока из зубков, на продовольственные нужды предусматривается удаление цветочной стрелки через 5-7 дней после ее появления. Данный агроприем довольно тяжело механизировать, а это, в свою очередь, повышает трудозатраты, что сказывается на экономической составляющей выращивания. С этой точки зрения выращивание нестрелкующихся сортов имеет преимущество.

Исходя из этого изучение биологических особенностей, урожайности, размножения и разработка технологии их возделывания в условиях Ленинградской области весьма актуальны.

**Цель исследования** – усовершенствование способа выращивания озимого чеснока стрелкующегося и нестрелкующегося подвидов, а также рокамболя в условиях Ленинградской области.

*Задачи исследований:*

- Изучить темпы роста и развития, продуктивность и химический состав озимого чеснока и рокамболя.

- Изучить биологические особенности культуры рокамболь и озимого чеснока и установить закономерность влияния на нее климатических условий Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Полевой опыт закладывали согласно методике полевого опыта [11].

Метод исследования – лабораторный и лабораторно-полевой. Площадь учетной делянки – 2,1 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, посадка на гребни. Схема посадки зубков – 70х10 см. Посадку чеснока проводили в первой декаде октября.

В период проведения работы выполнялись следующие наблюдения и учеты: биометрические; учет урожая; химические и делали математическую обработку.

Для закладки опыта использовали зубки озимого чеснока следующих сортов: Комсомолец – контроль (стрелкующийся), Новосибирский (нестрелкующийся), Витязь (нестрелкующийся) и зубки рокамболя сорта Жемчуг.

**Результаты исследований.** Успех получения высокого и качественного урожая озимого чеснока во многом зависит от сроков посадки семенного материала, на которые значительное влияние оказывают природно-климатические условия возделывания, способ культуры (озимый, яровой), биологические особенности конкретного сорта.

Некоторые авторы пришли к выводу, что для надежной зимовки необходимо хорошее укоренение, а появление всходов с осени нежелательно, так как на образование листьев расходуются запасные питательные вещества, листья убивает морозом и к весне растения приходят истощенными и ослабленными. Недостаточное же укоренение чеснока имеет место при поздней посадке. Зубки со слаборазвитой корневой системой до наступления холодов зимой подмерзают и заболевают грибковыми болезнями [12].

Наблюдения показали, что при подзимней посадке в один день отрастание стрелкующихся и нестрелкующихся форм озимого чеснока, а также рокамболя появились в разное время.

Отрастание растений при посадке зубками отмечено одновременно: 30 апреля у сорта Комсомолец и 12 мая у сорта Жемчуг (рокамболь).

Проводя фенологические наблюдения, было установлено, что разница в появлении всходов различных сортов чеснока колебалась в пределах 5-12 дней. При посадке озимого чеснока различных сортов вегетационный период от отрастания зубков до уборки урожая в среднем составил от 86 до 90 дней (табл. 1).



Таблица 1. Фенологические показатели озимого чеснока и рокамболя  
Table 1. Phenological indicators of winter garlic and rockambol

Сорта	Схема посадки	Дата		
		посадки	отрастания	уборки
Комсомолец (контроль)	70x10	08.10.2019	30.04.2020	29.07.2020
Витязь		08.10.2019	05.05.2020	04.07.2020
Новосибирский		08.10.2019	07.05.2020	29.07.2020
Жемчуг		08.10.2019	12.05.2020	30.08.2020

При проведении нашей экспериментальной работы были выполнены биометрические наблюдения по озимому чесноку и рокамболу (табл. 2). Было установлено, что в процессе роста и развития у всех сортов происходит увеличение высоты растений и количества листьев.

Основным органом фотосинтеза является лист. Длительность работы фотосинтетического аппарата чеснока определяется скороспелостью сорта и продолжительностью периода «отрастание – уборка». Удлинение времени функционирования листьев обеспечивает большое накопление органических веществ и, следовательно, получение более высокого урожая [12].

Разница во времени отрастания листьев весной обуславливает неодинаковое нарастание общей массы растений у сортов только до начала образования луковицы. Затем, когда у чеснока наблюдается усиленный рост и развитие растений (со второй декады апреля до середины мая), этот показатель постепенно выравнивается по всем вариантам. Как показывают данные исследований первой даты наблюдения – 16.05.2020 г., все растения озимого чеснока развивались примерно одинаково, с отставанием у рокамболя. Было установлено, что наибольшее количество листьев у сорта Витязь – 5,8 шт., что на 1,6 шт. больше, чем у контрольного образца Комсомолец, – 4,2 шт. Подсчет количества листьев на 17.06.2020 г. показал, что лучше всего себя проявил сорт Комсомолец (контроль) – 6,8 шт. В момент уборки в конце вегетации количество листьев уменьшается, так как идет подсыхание нижних листьев, и чем больше отмирает листьев, тем чеснок более скороспелый.

В исследованиях рассматривали сорта озимого чеснока – стрелкующиеся и нестрелкующиеся. Из 3 изучаемых сортов озимого чеснока два образца – Новосибирский и Витязь – не образовали стрелки, высота растений которых достигала в конце вегетации 78 и 52,2 см соответственно.

Вторым показателем результативности работы фотосинтетического аппарата является величина рабочей поверхности или площади листьев, который может колебаться в довольно значительных пределах в зависимости от сорта и фазы развития растений. От площади листовой поверхности зависит урожай чеснока. При изучении динамики нарастания ассимиляционной поверхности растений учитывали площадь листьев, исключая площадь ложного стебля и цветоноса.

Наибольшую площадь листовой поверхности растения сформировали в начале июля. У рокамболя сорта Жемчуг площадь листовой поверхности к этому моменту составила – 328,3 см<sup>2</sup>, что больше, чем у контрольного образца сорта Комсомолец, на 34,5 см<sup>2</sup> (293,8 см<sup>2</sup>).

Постепенно у всех сортов, наряду с уменьшением количества листьев, уменьшается и их общая площадь.

Таблица 2. Биометрические показатели сортов озимого чеснока и рокамболя  
 Table 2. Biometric indicators of winter garlic and rockambol varieties

Сорта	Схема посадки	Дата наблюдения	Количество листьев, шт.	Высота растений, см		Площадь ассимиляционной поверхности
				без стрелки	со стрелкой	
Комсомолец (контроль)	70x10	16.05.20	4,2	25,6	-	175,2
		17.06.20	6,8	36,6	-	193,7
		04.07.20	7,6	40,2	52,5	293,8
		29.07.20	6,3	48	64,1	185,3
Новосибирский	70x10	16.05.20	3,4	32,3	-	118,1
		17.06.20	5,7	43,4	-	145,2
		04.07.20	7,3	58,6	-	178,3
		29.07.20	6,2	78	-	161,7
Витязь	70x10	16.05.20	5,8	25,2	-	115,2
		17.06.20	6,2	37,2	-	128,6
		30.06.20	6,8	45,5	-	159,5
		04.07.20	5,7	52,2	-	144,7
Жемчуг	70x10	16.05.20	2	14,8	-	187,3
		17.06.20	3,8	27,3	49,2	200,5
		04.07.20	4,2	78,1	89,4	328,3
		30.08.20	3,9	90,3	110,4	302,5

Из таблицы 3 видно, что наибольшая средняя масса одного зубка отмечена у рокамболя сорта Жемчуг. Масса составила 9 г. Самая наименьшая масса одного зубка, которая составила 3 г, отмечена у сорта Новосибирский (озимый чеснок). Как известно, величина и масса зубков – показатель урожайности как у чеснока, так и у рокамболя. Соответственно, более крупные зубки дают более высокий урожай.

Таблица 3. Урожайность озимого чеснока и рокамболя  
 Table 3. Yield of winter garlic and rockambol

Сорта	Норма посадки, шт.м <sup>2</sup>	Масса высадки, кг/га	Урожайность		% к контролю	Средняя масса луковицы, г	Кол-во зубков с 1 луковицы, шт.	Средняя масса 1 зубка, г
			с 1 кг/м <sup>2</sup>	с 1 т/га				
Комсомолец (контроль)	21	966	0,59	5,9	100	42	9	4,6
Витязь	21	945	0,38	3,8	64	27	6	4,5
Новосибирский	21	630	0,21	2,1	35	15	5	3
Жемчуг	21	1890	0,64	6,4	108	45	5	9

НСР 0,95= 0,322 т/га

Важнейшим результативным показателем сельскохозяйственного производства является урожайность.

Сроки созревания луковиц озимого чеснока и рокамболя зависят от многих причин: особенностей сорта, климатических условий региона выращивания, погодных условий конкретного года и др. Однако общим для всех зон выращивания считается фаза полного полегания листьев и разрыва покровной чешуи.

Уборка рокамболя и озимого чеснока проводилась в разное время. У чеснока стрелкующихся сортов уборку осуществляли в период пожелтения, подсыхания листьев и полегания растений. У нестрелкующихся сортов сигналом к уборке служило выпрямление цветочной стрелки. Рокамболь в 2020 году убирали 30 августа. Уборка озимого чеснока сорта Витязь была произведена 4 июля в 2020 году, сорта Комсомолец и сорта Новосибирский 29 июля. После уборки растения подвергали просушиванию на воздухе и последующей обрезке корней и надземной части.

Анализ данных урожайности показал, что продуктивность озимого чеснока в значительной мере зависела от сортовых особенностей. По показателям таблицы 3 следует отметить, что из исследуемых вариантов в 2020 году наивысшая урожайность получена от рокамболя сорта Жемчуг и составила 6,4 т/га.

Анализируя показатели наличия зубков в луковицах, можно отметить, что их количество в луковице различно, в зависимости от сорта. У сорта Комсомолец (контроль) в среднем 9 шт. Минимальное количество зубков – у рокамболя сорта Жемчуг и озимого чеснока сорта Новосибирский – 5 шт. с луковицы.

По массе подземные луковицы отличались по сортам значительно. Самые крупные луковицы были у сорта Комсомолец (контроль) – 42 г, и у рокамболя Жемчуг – 45 г, самые мелкие луковицы у сорта Новосибирский – 15 г (табл. 3).

В зависимости от сорта содержание сухих веществ, сахаров, аскорбиновой кислоты и нитратов несколько отличается, но в нашем опыте больших различий не было.

Наибольшее содержание сухого вещества и сахаров было в варианте у рокамболя сорта Жемчуг – 39,8% и 13,98%, немного отставали показатели у сорта Комсомолец (контроль) – 39,3% и 13,2% соответственно.

По содержанию аскорбиновой кислоты хочется отметить рокамболь сорта Жемчуг – 21,78 мг/100 г, что на 6,98 мг больше контрольного сорта Комсомолец (контроль) – 14,8%.

По содержанию нитратов все сорта имели низкие показатели – от 11,37 мг/кг у рокамболя сорта Жемчуг с минимальным количеством до 12,8 мг/кг у сорта Комсомолец (контроль).

Так как рокамболь и чеснок употребляют в довольно малых дозах, то и наличие в них нитратов не оказывает существенного влияния на здоровье человека (табл.4).

Таблица 4. **Химический анализ сортов озимого чеснока и рокамболя**  
Table 4. **Chemical analysis of winter garlic and rockambol varieties**

Сорта	Сухие вещества, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Содержание нитратов (мг/кг)
Комсомолец (контроль)	39,3	13,2	14,8	12,8
Витязь	36,8	11,6	19,6	12,39
Новосибирский	32,4	10,98	18,56	11,5
Жемчуг	39,8	13,98	21,78	11,37

**Выводы:**

1. Проведенные исследования сортов озимого чеснока Комсомолец, Витязь, Новосибирский и рокамболя сорта Жемчуг показали возможность использования их при выращивании в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации.
2. По фенологическим наблюдениям отмечено опережение в росте и развитии у озимого чеснока сорта Комсомолец (контроль) на 12 дней больше, по сравнению с наступлением фенофаз у рокамболя. У озимого чеснока сорта Витязь раньше всех остальных образцов произошло полегание и пожелтение листьев, а соответственно, была раньше всех произведена уборка.
3. Самым продуктивным оказался озимый чеснок сорта Комсомолец (контроль) и рокамболь Жемчуг – 5,9 т/га и 6,4 т/га при средней массе луковицы 42 г и 45 г, а самый низкий показатель по урожайности зафиксирован у сорта Новосибирский – 2,1 т/га.
4. При изучении химических показателей луковиц следует отметить, что наибольшее содержание сухого вещества – 39,8%, сахаров – 13,98% и аскорбиновой кислоты – 21,78% было в варианте у рокамболя сорта Жемчуг. По содержанию нитратов все сорта имели низкие показатели: от 11,37 мг/кг у рокамболя сорта Жемчуг с минимальным количеством до 12,8 мг/кг у сорта Комсомолец (контроль).

**Список источников литературы**

1. Башкирцева Н.А. Чеснок – целебная приправа. – СПб: Изд-во «Крылов», 2008. – 140 с.
2. Улимбашев А.М., Прудникова Е.В. Влияние вида посадочного материала на урожай и качество озимого чеснока // Овощеводство и тепличное хозяйство. –2017. – № 9. – С. 12-14.
3. Дубровин И.И. Все об обычном чесноке. – М., 2014. – 36 с.
4. Овощеводство: Учебное пособие / Под ред. В. П. Котова, Н. А. Адрицкой. – СПб: Издательство «Лань», 2020. – 496 с.
5. Середин Т.М. Семеноводство чеснока и рокамболя в Нечерноземье. Методические рекомендации. – Омск: Издательский центр КАН, 2020. – 12 с.
6. Лахин А.С. Чеснок.- Алма-Ата.: Кайнар, 1978. – С. 182.
7. Нефедова А.В., Киселева Т.Л., Баратова Л.А. Аминокислоты матричных настоек лука репчатого и чеснока посевного // Фармация. – 2007. – №4. – С. 20 - 23.
8. Алексеева, Т.В., Поляков А.В., Разин А.Ф. Экономическая эффективность выращивания посадочного материала чеснока озимого // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – №6. – С.88-92.
9. Улимбашев А.М. Влияние массы зубков на продуктивность озимого чеснока // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. трудов / СПбГАУ. – СПб., 2016. – С. 143-148.
10. Singh U.P., Chauhan V.B., Wagner K.G., Kummar A. Effect of ajoene, a compound derived from garlic (*Allium sativum* L), on *Phytophthora drechsleri* f. sp. *sajani* Mycologia.- 1992.- Vol. 84.- N1.- P. 105-108.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М., 2012. – 352 с.
12. Bongiorno P. B. Potential Health Benefits of Garlic (*Allium Sativum*): A Narrative Review / P. B. Bongiorno, P. M. Fratellone, P. LoGiudice // Journal of Complementary and Integrative Medicine. 2008. - Volume 5 - Issue 1. - P.1-24.

**References**

1. Bashkirtseva N.A. (2008) *Garlic is a healing herb*. - SPb: Publishing house Krylov, 140 p.
2. Ulimbashev A.M., Prudnikova E.V. (2017). *Influence of the type of planting material on the yield and quality of winter garlic*. // Vegetable growing and greenhouse economy, No. 9., pp. 12-14.
3. Dubrovin I.I. (2014). *All about regular garlic*, M., 36 p.
4. Ed. Kotova V.P., Adritskaya N.A. (2020). *Vegetable growing: textbook* /. - Publishing House "Lan", St. Petersburg, 496 p.

5. Seredin T.M. (2020). *Seed growing of garlic and rockamboll in the Non-Black Earth region*. Guidelines. Omsk. Publishing Center KAN, 12 p.
6. Lakhin A.C. (1978). *Garlic*. - Alma-Ata . Kainar, 182 p.
7. Nefedova A.V., Kiseleva T.L., Baratov L.A. (2007). *Amino acids of matrix tinctures of onion and common garlic* // Pharmacy. no. 4, pp. 20–23.
8. Alekseeva T.V., Polyakov A.V., Razin A.F., Alekseeva T.V., (2018), *Economic efficiency of growing planting stock of winter garlic* // Economy of agriculture of Russia, no. 6, pp.88-92.
9. Ulimbashev A.M. (2016). *Influence of the mass of cloves on the productivity of winter garlic* // – Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution: collection of articles. scientific. works / SPbGAU, pp. 143-148
10. Singh U.P., Chauhan V.B., Wagner K.G., Kummar A. (1992). *Effect of ajoene, a compound derived from garlic (Allium sativum L), on Phytophthora drechsleri f. sp. cajani Mycologia*. vol. 84, n1. p. 105-108.
11. Dospikhov B.A. (2012), *Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results)*, B.A. Dospikhov, Moscow, Russia, 352 p.
13. Bongiorno P. B. (2008). *Potential Health Benefits of Garlic (Allium Sativum): A Narrative Review* / P. B. Bongiorno, P. M. Fratellone, P. LoGiudice // Journal of Complementary and Integrative Medicine, vol. 5, Issue 1. P.1-24.

#### Сведения об авторах

**Улимбашев Азрет Музинович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 4293-7475.

#### Information about the authors

**Azret M. Ulimbashev** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 4293-7475.

**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.** 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 15.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 06.12.2021 г.; принята к публикации 08.12.2021 г.*

*The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 06.12.2021; accepted after publication 08.12.2021.*

Научная статья

УДК 635.649

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-45-52

## ВЛИЯНИЕ ГОДА РЕПРОДУКЦИИ И УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЯН НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРЦА СЛАДКОГО СОРТА ЛАСОЧКА

Галина Степановна Осипова<sup>1</sup>, Дарья Александровна Попова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; prof.osipova@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0003-3842-0222>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; prof.guga86@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0003-2321-3415>

**Реферат.** Большое значение при выращивании перца сладкого имеет использование адаптированных сортов и гибридов и в семеноводстве. От качества семян зависит урожайность и качество продукции, а от семеноводства зависит продовольственная безопасность страны. Возможность формирования наследственности в онтогенезе или генетической памяти – один из интереснейших вопросов современной биологии. Как условия жизни материнского растения влияют на посевные качества семян, рост, развитие и урожайность, а также семенную продуктивность следующего поколения. Существуют ли особые критические периоды формирования генетической памяти. Проведенные исследования доказали влияние условий года получения семян на рост, развитие и урожайность перца сладкого сорта Ласочка. Сделан анализ роста, развития и урожайности перца сладкого Ласочка (селекции СПбГАУ) при выращивании растений из семян, полученных в 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. Проведен детальный анализ температуры воздуха подекадно в период роста и развития перца сладкого. Сделан корреляционный анализ взаимосвязи условий года получения семян и продуктивности растений. Доказано, что критическим периодом в формировании семян являются температурные условия первой половины вегетации растений (июнь, июль). Выявлено, что растения перца сладкого из семян, полученных при благоприятных условиях (превышение температуры воздуха над средними многолетними и отсутствие резких колебаний температуры воздуха в вегетационный период), дают более высокий урожай. Семена перца сладкого, полученные при низких температурах в первой половине вегетации, имеют низкую всхожесть, однако это не влияет на продуктивность. Растения перца сладкого из семян, полученных в экстремальных условиях (значительное превышение температуры воздуха), более толерантны к перегревам. Для получения высокого и стабильного урожая перца сладкого рекомендуется использовать семена различных репродукций.

**Ключевые слова:** перец сладкий, температурные условия, формирование семян, урожайность, биологическая спелость, техническая спелость, толерантность

**Цитирование.** Осипова Г.С., Попова Д.А. Влияние года репродукции и условий формирования семян на рост, развитие и урожайность перца сладкого сорта Ласочка // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 54-52. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-45-52

**INFLUENCE OF THE REPRODUCTION YEAR AND CONDITIONS OF SEED FORMATION ON GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF SWEET PEPPER****Galina S. Osipova<sup>1</sup>, Daria A. Popova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>St Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; prof.osipova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3842-0222>

<sup>2</sup>St Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; prof.guga86@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2321-3415>

**Abstract.** Of great importance in the cultivation of sweet pepper is the use of adapted varieties and hybrids and in seed production. The yield and quality of products depend on the quality of seeds, and the food security of the country depends on seed production. The possibility of the formation of heredity in ontogenesis or genetic memory is one of the most interesting questions of modern biology. How the living conditions of the mother plant affect the sowing quality of seeds, growth, development and yield, as well as seed productivity of the next generation. Are there special critical periods in the formation of genetic memory. The studies carried out proved the influence of the conditions of the year of obtaining seeds on the growth, development and productivity of sweet pepper of the Lasochka variety. The analysis of the growth, development and yield of sweet pepper Lasochka (selection of SPbGAU) when growing plants from seeds obtained in 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 and 2020 has been made. A detailed analysis of the air temperature was carried out every ten days during the growth and development of sweet pepper. A correlation analysis of the relationship between the conditions of the year of obtaining seeds and the productivity of plants is made. It has been proved that the critical period in the formation of seeds is the temperature conditions of the first half of the growing season of plants (June, July). It was revealed that sweet pepper plants from seeds obtained under favorable conditions (excess of air temperature over the average perennial ones and the absence of sharp fluctuations in air temperature during the growing season) give a higher yield. Sweet pepper seeds obtained at low temperatures in the first half of the growing season have low germination, but this does not affect productivity. Sweet pepper plants from seeds obtained under extreme conditions (significant excess of air temperature) are more tolerant to overheating. To obtain a high and stable yield of sweet pepper, it is recommended to use seeds of various reproductions.

**Keywords:** *sweet pepper, temperature conditions, seed formation, yield, biological ripeness, technical ripeness, tolerance*

**Citation.** Osipova, G.S. and Popova, D.A. (2021), "Influence of the reproduction year and conditions of seed formation on growth, development and yield of sweet pepper", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no.4, pp., 45-52, (In Russ.), doi:10.24412/2078-1318-2021-4-45-52

**Введение.** В защищенном грунте перец сладкий является ведущей культурой. По содержанию витамина С занимает первое место среди овощей и фруктов – его в четыре раза больше, чем в лимоне. Красные плоды богаты рутином (витамин Р), обладающим витаминной активностью, его содержание в красноплодных сортах достигает 25-30 мг%. Особенно ценно то, что в перце в большом количестве одновременно находится рутин и витамин С, что значительно усиливает эффективность действия того и другого витамина.

Рутин способствует повышению прочности кровеносных сосудов, оказывая благотворное влияние на физиологическое состояние человека. Фолиевой кислоты накапливается 1,3-2,9 мг/100 г и её содержание больше у толстостенных плодов [1, 2].

Высокое содержание каротина (витамина А) до 5 мг% – в плодах с интенсивно красной или оранжевой окраской и повышается по мере созревания плодов [3]. Содержание физиологически активных веществ зависит от сорта и условий выращивания [4, 5, 6, 7]. Большое значение при выращивании перца сладкого имеет использование адаптированных сортов и гибридов и в семеноводстве. От качества семян зависит урожайность и качество продукции, а от семеноводства зависит продовольственная безопасность страны. Ведущий семеновод страны С.Ф. Гавриш считает: в овощеводстве семена играют особую роль, так как сорта и гибриды овощных культур высоко специализированы по своим биологическим особенностям, привязаны к специфическим почвенно-климатическим условиям и в то же время они должны обладать высокими вкусовыми качествами и толерантностью к условиям выращивания [8].

В.А. Лудилов дал определение семеноведению как отрасли сельскохозяйственной науки, изучающей морфологические и биологические особенности семян, их образованию и развитию на материнском растении, физиологические и биохимические процессы, происходящие в семенах от завязывания до уборки, а также хранения. Семеноведение является теоретической основой для формирования технологий выращивания высоких урожаев качественных семян [9].

Возможность формирования наследственности в онтогенезе или генетической памяти – один из интереснейших вопросов современной биологии. Как условия жизни материнского растения влияют на посевные качества семян, рост, развитие и урожайность, а также семенную продуктивность следующего поколения? Существуют ли особые критические периоды в развитии материнского растения, которые определяют судьбу растения, полученного из этого семени? В ряде работ отмечается влияние условий получения семян и года репродукции на посевные качества семян и продуктивность растений. В исследованиях А. В. Сушкевич, О. Н. Забегаевой, М. О. Бурляевой отмечено, что на морфологические признаки семян и проростков влияют индивидуальные особенности семян, погодные условия, место и год репродукции. Посевные качества семян *Vigna radiate L. R. Wilezen* зависели от суммы активных температур и количества осадков. В условиях недостаточной влажности и высоких температур формируются семена с лучшей всхожестью, энергией прорастания и силой роста [10].

**Цель исследования** – определить влияние года репродукции и условий формирования семян на рост, развитие и урожайность перца сладкого сорта Ласочка при выращивании в пленочных необогреваемых теплицах Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Для исследования были взяты семена, полученные в разные годы: 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020-м. В качестве объекта исследования – сорт перца сладкого Ласочка селекции СПбГАУ, полученного авторами этого исследования. Изучали всхожесть семян, рост, развитие растений и урожайность перца сладкого сорта Ласочка при выращивании в пленочных необогреваемых теплицах Ленинградской области [11]. Влияние условий выращивания на показатели устанавливали с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

**Результаты исследований.** Перец сладкий – теплолюбивая культура, и при выращивании в пленочных необогреваемых теплицах лимитирующим фактором является тепловой режим. Условия 2014 года отличались резкими колебаниями температуры. В период посадки рассады перца в первой декаде июня превышение температуры по сравнению со средними многолетними составляло 4,9<sup>0</sup>С, во вторую и третью декаду температура была ниже на 2,2-3,3<sup>0</sup>С. В июле температура превышала среднюю многолетнюю. Температура в августе и сентябре была выше средней многолетней на 1,7-1,8<sup>0</sup>С. В начале вегетации в 2015 г. температура воздуха была ближе к средним многолетним, в июле была ниже на 1,4 – 4,8<sup>0</sup>С. В августе температура выше на 0,7<sup>0</sup>С, в сентябре – выше на 2,3<sup>0</sup>С.

В 2016 г. температура воздуха в июне превышала среднюю многолетнюю на 0,3 – 5,6<sup>0</sup>С, в июле – на 3,1-4,1<sup>0</sup>С, в августе – на 0,5<sup>0</sup>С, в сентябре – на 1,4<sup>0</sup>С. Условия вегетации перца сладкого в 2017 г. были неблагоприятными в первую половину вегетации, температура в июне



была ниже средней многолетней на 1,9<sup>0</sup>С, в июле – на 2,4<sup>0</sup>С, в августе и сентябре выше на 0,7<sup>0</sup>С.

Условия в начале вегетации в 2018 г. были близкими со средними многолетними, в августе и сентябре температура выше на 2,0 – 2,4<sup>0</sup>С, не наблюдалось резких перепадов температуры в период вегетации, условия достаточно благоприятные.

Превышение температуры в июне 2019 г. составляло 2,1<sup>0</sup>С, в июле температура была ниже средних многолетних на 2,1<sup>0</sup>С, в августе – на 0,7<sup>0</sup>С, в сентябре – на 0,7<sup>0</sup>С, в сентябре – на 0,4<sup>0</sup>С. Условия 2020 г. были близкими с условиями 2019 года. В июне температура воздуха была выше на 2,0<sup>0</sup>С, в июле ниже на 3,1<sup>0</sup>С, в августе – на 1,6<sup>0</sup>С, в сентябре – на 0,4<sup>0</sup>С (табл. 1).

Таблица 1. Температура воздуха в годы исследований, <sup>0</sup>С  
Table 1. Air temperature at the years of research, <sup>0</sup>С

Год	Декада	Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		темпе- ратура	откло- нение	темпе- ратура	откло- нение	темпе- ратура	откло- нение	темпе- ратура	откло- нение
2014	1	19,6	+4,9	17,8	-0,9	22,9	+4,3	15,7	+1,7
	2	13,9	-2,2	20,8	+1,5	19,3	+3,2	14,4	+2,1
	3	13,7	-3,3	23,0	+3,4	14,6	-1,5	11,8	+1,2
	среднее	<b>15,7</b>	<b>-0,2</b>	<b>20,5</b>	<b>+1,3</b>	<b>18,9</b>	<b>+1,8</b>	<b>14,0</b>	<b>+1,7</b>
2015	1	13,8	-0,9	19,4	+0,7	16,7	-0,4	15,0	+1,0
	2	18,1	+2,0	14,5	-4,8	18,2	+1,1	14,9	+2,5
	3	18,1	+1,1	18,2	-1,4	18,5	+2,4	14,0	+3,4
	среднее	<b>16,7</b>	<b>+0,8</b>	<b>17,3</b>	<b>-1,9</b>	<b>17,8</b>	<b>+0,7</b>	<b>14,6</b>	<b>+2,3</b>
2016	1	16,6	+1,9	21,8	+3,1	18,6	0	15,0	+1,0
	2	16,4	+0,3	19,2	-0,1	16,1	-1,0	13,5	+1,2
	3	22,6	+5,6	22,7	+4,1	18,6	+2,5	12,5	+1,9
	среднее	<b>18,5</b>	<b>+2,6</b>	<b>21,2</b>	<b>+2,4</b>	<b>17,8</b>	<b>+0,5</b>	<b>13,7</b>	<b>+1,4</b>
2017	1	12,0	-2,7	15,4	-3,3	18,6	+0,1	13,5	-0,5
	2	15,6	-0,5	17,3	-2,0	19,7	+2,6	14,3	+2,0
	3	14,6	-2,4	17,7	-1,9	15,6	-0,5	11,2	+0,5
	среднее	<b>14,1</b>	<b>-1,9</b>	<b>16,8</b>	<b>-2,4</b>	<b>18,0</b>	<b>+0,7</b>	<b>13,0</b>	<b>+0,7</b>
2018	1	14,1	-0,6	15,8	-2,9	21,8	+3,2	17,9	+3,9
	2	17,9	+2,1	22,0	+2,7	19,0	+1,9	15,6	+3,3
	3	16,9	-0,1	22,7	+3,1	17,1	+1,0	10,7	+0,1
	среднее	<b>16,3</b>	<b>+0,5</b>	<b>20,2</b>	<b>+1,0</b>	<b>19,3</b>	<b>+2,0</b>	<b>14,7</b>	<b>+2,4</b>
2019	1	19,6	+4,9	15,6	-3,1	14,4	-4,2	17,5	+3,5
	2	17,5	+1,4	17,4	-1,9	17,1	0	12,4	+0,1
	3	17,7	+0,7	17,4	-1,4	18,0	+1,9	8,1	-2,5
	среднее	<b>18,3</b>	<b>+2,3</b>	<b>16,9</b>	<b>-2,1</b>	<b>16,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>12,7</b>	<b>-0,4</b>
2020	1	15,5	+0,8	16,3	-2,4	17,3	-1,3	14,0	0
	2	19,0	+2,9	16,8	-2,5	14,5	-2,6	11,1	-1,2
	3	19,2	+2,2	15,3	-4,3	15,2	-0,9	13,0	+2,4
	среднее	<b>17,9</b>	<b>+2,0</b>	<b>16,1</b>	<b>-3,1</b>	<b>15,7</b>	<b>-1,6</b>	<b>12,7</b>	<b>+0,8</b>
Среднее 2014- 2020 гг.	1	14,7		18,7		18,6		14,0	
	2	16,1		19,3		17,1		12,3	
	3	17,0		19,6		16,1		10,6	
	среднее	<b>16,0</b>		<b>19,2</b>		<b>17,4</b>		<b>12,3</b>	

Определение всхожести и количества дней до полных всходов проводили при посеве семян в почву (полевая всхожесть). При изучении всхожести и количества дней до полных всходов были выявлены резкие различия по всхожести семян. Наиболее низкая всхожесть

обнаружена у семян, полученных в 2017 году, – 28%, отмечен более длинный период от посева до всходов – 8 дней; всхожесть семян, полученных в 2014 г., – 47%, в 2015 г. – 56% и высокая всхожесть семян, полученных в 2016 и 2018 гг., – соответственно 78% и 84%. Анализируя условия получения семян в 2014, 2015 и 2017 гг., можно отметить низкую температуру воздуха в июне и июле, т.е. в период первой половины вегетации растений. Семена, полученные в 2019 г. и 2020 г., имели всхожесть ниже, чем семена, полученные в 2018 г., вероятно, из-за низкой температуры воздуха в июле. Семена перца сладкого быстрее теряют всхожесть, если получены при неблагоприятных условиях, и дольше сохраняют всхожесть, если получены при благоприятных условиях (табл.2).

Таблица 2. Длительность периода от посева до всходов и всхожесть  
 Table 2. Duration of the period from sowing to seedlings and germination rate

Год получения семян	2020 г.		2021 г.	
	дней до всходов	всхожесть, %	дней до всходов	всхожесть, %
2014	6	47	8	40
2015	5	56	7	50
2016	6	78	7	74
2017	8	28	9	22
2018	4	84	4	83
2019	4	77	4	72
2020			4	74

Наиболее компактные растения сформировались из семян, полученных в 2016 г., высота растений 44 см, количество листьев 78 и ассимиляционная поверхность 3840 см<sup>2</sup>. Крупные, но невысокие растения отмечены у растений, полученных из семян в 2018 году, количество листьев 121, ассимиляционная поверхность 5610 см<sup>2</sup>. По количеству генеративных органов выделились растения из семян, полученных в 2014 и 2015 гг., меньше генеративных органов у растений, полученных из семян в 2019 г. (табл.3).

Таблица 3. Биометрические показатели растений перца сладкого, конец августа, 2020 г.  
 Table 3. Biometrical indicators of sweet pepper plant, end of August, 2020

Год получения семян	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Ассимиляционная поверхность, см <sup>2</sup>	Количество, шт.		
					цветков	зеленых плодов	красных плодов
2014	50	84	57	4800	1,2	9,0	0,7
2015	58	85	56	4770	0,1	9,6	2,0
2016	44	78	49	3840	0,7	6,4	1,7
2017	52	102	50	5160	0,3	7,0	1,0
2018	53	121	46	5610	1,1	7,2	1,4
2019	49	86	48	4110	0,1	5,1	2,4

Наибольшая урожайность отмечена у растений из семян, полученных в 2018 г., – 8,46 кг/м<sup>2</sup>, стандартная продукция составила 96%, доля плодов в биологической степени спелости 90%, что, по -видимому, можно объяснить благоприятными условиями 2018 г. с небольшим превышением от средних многолетних и выровненностью температуры воздуха в течение вегетационного периода. Урожайность у растений, полученных из семян в 2017 г. и 2019 г., составила 7,29 кг/м<sup>2</sup> и 7,21 кг/м<sup>2</sup>, но у растений, полученных из семян в 2017 г., стандартная продукция составила 86%, а у растений, полученных из семян в 2019 г., – 94%. Доля плодов в биологической спелости у растений, полученных из семян в 2017 г., составила 50%, у растений, полученных из семян в 2019 г., – 80%. Самая низкая урожайность у растений,

полученных из семян в 2014 г., – 4,62 кг/м<sup>2</sup>, доля стандартной продукции – 90%, доля плодов в биологической спелости – 48 %. Близкие данные по урожайности у растений, полученных из семян в 2015 г. и 2016 г., – 5,65 кг/м<sup>2</sup> и 6,12 кг/м<sup>2</sup>, доля стандартной продукции в этих вариантах составляла 93 и 92%. Средняя масса плодов была выше у растений из семян более поздних репродукций (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность перца сладкого, 2020 г.  
Table 4. Sweet pepper productivity, 2020

Год получения семян	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Доля в продукции, %				Масса плода, г
		стандартная	биологическая спелость	техническая спелость	нестандартная	
2014	4,62	90	46	44	10	64
2015	5,65	93	75	25	7	67
2016	6,28	92	72	28	8	78
2017	7,29	86	50	40	14	75
2018	8,46	96	90	10	4	85
2019	7,21	94	80	20	6	87
НСР <sub>05</sub>	0,34					

Условия вегетационного периода 2021 года отличались высокой температурой, значительно превышающей средние многолетние; в отдельные дни температура воздуха достигала 35 – 37<sup>0</sup>С. Растения перца сладкого формировались более компактными, высота колебалась от 40 см до 48 см, по количеству листьев различия были незначительные, но листья формировались мелкие. У растений в 2020 году размер пластинки листа колебался от 46 см<sup>2</sup> до 57 см<sup>2</sup>, в условиях 2021 г. размер пластинки листа не превышал 40 см<sup>2</sup>, а у растений, полученных из семян 2014 г., составлял 24 см<sup>2</sup>. Ассимиляционная поверхность была наибольшей у растений, полученных из семян в 2018 г., – 4300 см<sup>2</sup>, наименьшая у растений, полученных из семян в 2015 г., – 1890 см<sup>2</sup>.

По количеству генеративных органов выделились растения, полученные из семян в 2016 г., отмечалось большее количество зрелых плодов во всех вариантах. Первые зрелые плоды были мелкие (табл.5).

Таблица 5. Биометрические показатели растений перца сладкого, конец августа, 2021 г.  
Table 5. Biometrical indicators of sweet pepper plant, end of August, 2021

Год получения семян	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Ассимиляционная поверхность, см <sup>2</sup>	Количество, шт.		
					цветков	зеленых плодов	красных плодов
2014	40	91	24	2184	0,2	4,7	3,1
2015	52	63	30	1890	0,3	5,1	2,8
2016	41	95	32	3040	0,1	6,6	3,9
2017	48	88	30	2640	0,4	4,8	1,9
2018	46	108	40	4320	0,1	5,6	2,2
2019	45	90	36	3240	0,5	5,5	2,0
2020		110	30	3300	0,7	5,2	1,5

Наиболее высокая урожайность отмечена у растений, полученных из семян в 2016 г. Следует отметить, что условия вегетационного периода 2016 г. отличались высокой температурой воздуха, превышающей в отдельные декады на 5,6<sup>0</sup>С среднюю многолетнюю температуру (третья декада июня, начало формирования цветков у растений перца сладкого). Низкая урожайность у растений, полученных из семян в 2014 г. В остальных вариантах урожайность близкая и в основном формировалась во второй половине августа, когда снизились перегревы в теплицах (табл.6).

Таблица 6. Урожайность перца сладкого, 2021 г.  
 Table 6. Sweet pepper productivity, 2021

Год получения семян	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Доля в продукции, %				Масса плода, г
		стандартная	биологическая спелость	техническая спелость	нестандартная	
2014	3,73	92	48	52	8	64
2015	5,10	94	83	17	6	75
2016	6,42	95	62	38	5	75
2017	5,73	90	58	42	10	73
2018	5,20	99	81	19	1	80
2019	5,56	95	90	10	5	77
2020	5,45	95	39	61	4	76
НСР <sub>05</sub>	0,28					

**Выводы.** На основании проведенных исследований выявлено влияние условий формирования и срока хранения семян перца сладкого на всхожесть, урожайность и качество урожая. Наиболее благоприятные условия 2018 года способствовали получению семян с высокой всхожестью и большей урожайностью растений. Растения перца сладкого из семян, полученных в условиях высокой температуры, более толерантны к перегревам. Семена, полученные в годы с благоприятными условиями, дольше сохраняют всхожесть. Для промышленного производства перца сладкого в нерегулируемых условиях рекомендуется использовать для посева семена различных репродукций.

#### Список источников литературы

1. Лапин А.А., Бухарова А.Р., Бухаров А.Ф., Борисов В.А. Антиоксиданты в плодах перца //Картофель и овощи. – 2008. – №4. – С. 21-22.
2. Пивоваров В.Ф., Мамедов М.И., Пышная О.Н., Голубкина Н.А. Джос Е.А., Белавин Е.С. Содержание биологически активных веществ в плодах перца сладкого при различных условиях выращивания //Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 6. – С.23-25.
3. Heine H, Ertrag und Qualität von Papriksorten für den Andau unter Glas // Gemuse – 1990, 26 – P. 304-305
4. Антипова Н.Ю. Селекция раннеспелых сортов перца на продуктивность и качество: Сб. науч. тр. по овощеводству и бахчеводству к 110 - летию со дня рождения Квасникова Б.В. –М., 2009. – С.39-41.
5. Бухарова А.Р., Бухаров А.Ф. Новые скороспелые сорта перца для открытого грунта и необогреваемых теплиц //Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – №6. – С.53-56.
6. Епифанцев В.В. Культура перца сладкого в Приамурье: монография. – Благовещенск: ДальГАУ, – 2009. – 145 с.
7. Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Удалова О.Р., Сурин В.Г., Хомяков Ю.В., Попов А.А. Особенности действия бактерий *Bacillus subtilis* №2 и гуминового препарата на плодообразование перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С.22-27.
8. Гавриш С.Ф. Состояние селекции и семеноводства овощных культур для защищенного грунта // Гавриш. – 1996, – №1. – С.9 -12.
9. Лудилов В.А., Алексеев Ю.Б. Практическое семеноводство овощных культур с основами семеноведения. – М., 2011. – 199 с.
10. Сушкевич А.В., Забегаева О.Н., Бурляева М.О. Влияние условий выращивания и года репродукции на посевные качества семян и морфофизиологические показатели проростков *Vigna radiate* L. R,Wilezen //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – №181 (3). – С.73-86.

11. Осипова Г.С., Андреева И.Н., Попова Д.А. Об особенностях методики постановки опыта в пленочных теплицах на примере перца сладкого //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – №39. – С. 32-35.

#### References

- Lapin A.A., Buharova A.P., Buharov A.F. and Borisov W.A., (2008), “Antioksidanti v plodah pertsa”, *Kartofel i ovoshti*, pp.21-22.
- Pivovarov, W.F., Mamedov, M.I., Pichnaya, O.N., Golubkina, N.A., Dzhos, E.A. and Belavin, E.S., (2009), “Soderzhanie biologicheski aktivnih weshfestv v plodah pertsa sladkogo pri razlichnih usloviyah virashivaniya”, *Dokladi Rossiyskoy akademii selyskohozyaystvennih nauk*, no. 6., pp. 23-25.
- Heine, H., (1990), “Ertrag und Qualitat von Papriksorten fur den Andau unter Glas”, *Gemuse*, 26 – pp. 304-305.
- Antipova, N.Yu., (2000), “Selekchiya rannespelih sortov pertsa na produktivnosty i kachestvo”, *Sb. nauch.trudov po ovoshfevodstvu i bahchevodstvu k 110 - letiyu so dnya rozhdeniia Kvasnikova B.V. M.*, pp. 39-41.
- Buharova, A.P. and Buharov, A.F. (2008), “Novie skorospelie sorta pertsa dlya otkritogo grunta i neobogrevaemih teplich”, *Vestnik Rossiyskoy akademii selyskohozyaystvennih nauk*. no. 6., pp. 53-56.
- Epifantsev, V.V., (2009), “Kukytura pertsa sladkogo v Priamurye”, monografiya, *DalyGAU. Blagoveshensk*, P.145.
- Pishtik, V.N., Vopobyev, N.I., Udalova, O.P., Surin, V.G., Homyakov, Yu.V. and Popov, A.A., (2019), “Osobennosti deystviya bakteriy (*Bacillus subtilis* № 2) i guminovogo preparata na plodoobrazovanie pertsa sladkogo (*Capsicum annum L.*)”, *Rossiyskay selyskohozyaystvennay nauka*, no. 3., pp.22-27.
- Gavrish, S.F., (1996), “Sostoyanie selertsii i semenovodstva ovoshfniyh kulytur dlya zashfennogo grunta”, *Gavrish*, no. 1. pp. 9-12.
- Ludilov, V.A. and Alekseev Yu.B., (2011), “Prakticheskoe semenovodstvo ovoshfniyh kulytur s osnovami semenovedeniya”, M., P. 199.
- Sushkevich, A.V., Zabegaeva, O.N. and Burlyaeva, M.O., (2020), “Vliyanie usloviy virashivaniya i goda reproduksii na posevnie kachestva semian i morfofiziologicheskie pokazateli prorostkov *Vigna radiate L. R, Wilezen*”, *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i seleksii*, no. 181 (3)., P. 73-86.
- Osipova, G.S., Andreeva, I.N. and Popova, D.A., (2015), “Ob osobennostyah metodiki postanovki opita v plenochnih teplitsah na primere pertsa skadkogo”, *Izvestiya Sankt-Peterdurgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no.39, pp. 32-35.

#### Сведения об авторах

**Осипова Галина Степановна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3655-6388; Scopus ID: 5722309033

**Попова Дарья Александровна** – соискатель, агроном – консультант ООО «Петербургские Биотехнологии.

#### Information about the authors

**Galina S. Osipova** – Doctor of Agricultural Sciences, professor of the fruit-and-vegetable growing and ornamental gardening department, Saint-Petersburg State Agrarian University, spin-code 3655-6388; Scopus ID: 5722309033

**Daria A. Popova** – applicant, agronomist – consultant «Pererburgskie Biotechnologii», ltd

**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 конфликтных интересов.

*Статья поступила в редакцию 15.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 10.12.2021 г.; принята к публикации 13.12.2021 г.*

*The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted after publication 13.12.2021.*

Научная статья

УДК 635.21, 633.491

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-53-60

## ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Анна Николаевна Кононенко<sup>1</sup>, Оксана Федоровна Ивахнова<sup>2</sup>,  
Юлия Николаевна Логинова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; kan1910@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0003-0467-3985>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; oxioma83@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-6088-6996>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; lyn@spbgau.ru;  
<http://orcid.org/0000-0003-3458-6719>

**Реферат.** Во все времена было важно получать качественный и здоровый семенной материал всех культур, особенно картофеля, так как он является важнейшей продовольственной культурой. В настоящее время учеными активно проводятся исследования препаратов на основе микроорганизмов, влияющих на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур. Действие препаратов на основе микроорганизмов основано на способности защищать растения от фитопатогенов и в то же время проводить санацию почвы, а также на их способности синтезировать важнейшие фитогормоны и витамины, которые оказывают их непосредственное влияние на рост и развитие растений. Между средой или условиями произрастания растений и их урожайностью существует прямая связь: в результате улучшения условий жизни растений происходит увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

В данной статье рассматривается такой фактор, как влияние применения оригинальных микробиопрепаратов на основе бактерии *Bacillus* (штаммы Black-01, Bis-88, TS-3) на урожайность семенного материала картофеля двух сортов – Удача и Импала. Опыт закладывали с растениями *in vitro*, пересаживая их в вегетационные сосуды с трёхкратной обработкой микробиопрепаратами, согласно схеме опыта.

В статье приведены данные по среднему количеству клубней и их массе с одного растения, а также по фракционному составу картофеля при применении микробиопрепаратов в условиях Ленинградской области.

В результате проведенных исследований выявлено, что применение микробиопрепаратов в целом положительно влияет на продуктивность семенного картофеля. Установлено, что на исследуемых сортах картофеля большее количество миниклубней и, соответственно, большая средняя масса миниклубней с одного растения были получены при применении микробиопрепаратов Black-01 и Bis-88.

**Ключевые слова:** картофель, растения *in vitro*, миниклубни картофеля, микробиопрепараты

**Цитирование.** Кононенко А.Н., Ивахнова О.Ф., Логинова Ю.Н. Влияние микробиопрепаратов на продуктивность семенного картофеля в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 53-60. doi:10.24412/2078-1318-2021-4-53-60

**Благодарности.** Выражаем искреннюю благодарность Чеботарь Владимиру Кузьмичу, руководителю ООО «БИСОЛБИ-ИНТЕР», ВНИИСМ, за любезно предоставленные микробиологические препараты.

INFLUENCE OF MICROBIO PREPARATIONS ON SEED POTATOES PRODUCTIVITY  
UNDER CONDITIONS OF LENINGRAD REGIONAnna N. Kononenko<sup>1</sup>, Oksana F. Ivakhnova<sup>2</sup>, Yulia N. Loginova<sup>3</sup><sup>1</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; kan1910@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0467-3985><sup>2</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; oxioama83@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6088-6996><sup>3</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; lyn@spbgau.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3458-6719>

**Abstract.** At all times, it has been important to obtain high-quality and healthy seed material of all crops, especially potatoes, since it is the most important food crop. Currently, scientists are actively conducting research on preparations based on microorganisms that affect the growth and development of various crops. The action of preparations based on microorganisms is based on the ability to protect plants from phytopathogens and at the same time to rehabilitate the soil, as well as on their ability to synthesize the most important phytohormones and vitamins that have a direct effect on plant growth and development. There is a direct relationship between the environment or growing conditions of plants and their yield: as a result of improving the living conditions of plants, an increase in the yield of agricultural crops occurs.

This article examines such a factor as the effect of the use of original preparations based on microorganisms (Black-01, Bis-88, TS-3) on the yield of seed material of two varieties of potatoes - Udacha and Impala. The experiment was carried out with plants *in vitro*, by transplanting them into vegetative vessels with three times treatment with microbiological preparations, according to the scheme of the experiment.

The article presents data on the average number of tubers and their weight per plant, as well as on the fractional composition of potatoes when using microbiological products in the conditions of the Leningrad region.

As a result of the studies, it was revealed that the use of microbiological products in general has a positive effect on the productivity of seed potatoes. It was found that on the studied potato varieties, a greater number of mini-tubers and, accordingly, a large average mass of mini-tubers from one plant were obtained using microbiological preparations Black-01 and Bis-88.

**Keywords:** *potatoes, in vitro plants, potato mini-tubers, microbiological preparations*

**Citation.** Kononenko, A.N., Ivakhnova, O.F. and Loginova, J.N. (2021), "Influence of microbio preparations on seed potatoes productivity under conditions of Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 53-60, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-53-60

**Введение.** Картофель – это важнейшая сельскохозяйственная культура нашей страны. Большие площади он занимает практически во всех федеральных округах [1].

Главный недостаток этой культуры – её поражаемость многочисленными заболеваниями и вредителями. Картофель размножается вегетативно, и инфекция передается через клубни, поэтому борьба с патогенами осложняется [2].

Картофель из-за биологических особенностей в наибольшей степени, чем другие сельскохозяйственные культуры, подвержен вирусным и виroidным заболеваниям. К примеру, мировые потери от них составляют 90 млн. тонн, урожайность снижается на 40-50% [3], а потери клубней при хранении могут достигать 15-20%. Потери урожая определяются видом возбудителя, штаммом, степенью устойчивости сорта, условиями выращивания картофеля и погоды.

Снижение урожайности картофеля и способности храниться усиливается с каждой последующей посадкой. Растение вырождается, дегенерирует. Это явление до настоящего времени остается главной проблемой картофелеводства [4].

Поэтому производство семенного картофеля – задача важная и ответственная.

В настоящее время всё больше используют микробиологические препараты в сельском хозяйстве. Изучение научной литературы показывает, что такие препараты способны защищать растения от фитопатогенов и в то же время проводить санацию почвы, т.е. ее оздоровление. Роль микробиопрепаратов, особенно в среднесрочном и долгосрочном аспектах, оценивается сейчас позитивно, в том числе в качестве постановки биологических барьеров нарастающему тревожным проблемам (в первую очередь бактериозам) в картофелеводстве. Доказано, что повышение урожайности, качества и лежкости клубней, сопротивление группе грибных, бактериальных и вирусных болезней без введения в агроценоз ризосферных бактерий на интенсивных химических фонах мало реально. А также снижается эффективность агрохимикатов и пестицидов без биопрепаративного сопровождения севооборотов. Установлено, что бактерии рода *Bacillus* способны синтезировать важнейшие фитогормоны и витамины, которые оказывают непосредственное влияние на рост и развитие растений. Между средой или условиями произрастания растений и их урожайностью существует прямая связь: в результате улучшения условий жизни растений происходит увеличение урожайности сельскохозяйственных культур. Меняется идеология и практика внедрения микробиопрепаратов в арсенал средств интенсивных агротехнологий картофелеводства [5].

Именно поэтому в своих исследованиях мы изучали влияние биологических препаратов на основе ассоциативных азотфиксаторов.

**Цель исследования** – изучить эффективность влияния различных микробиопрепаратов на этапе оригинального семеноводства на продуктивность и фракционный состав семенного материала картофеля.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В соответствии с целью работы был заложен вегетационный опыт, в котором исследовалось влияние микробиопрепаратов на основе бактерии *Bacillus* штаммов Black-01, Bis-88, TS-3 на продуктивность семенного картофеля двух ранних сортов: Удача и Импала. Опыт закладывался в 4-кратной повторности. Схема вегетационного опыта: 1 вариант – Контроль; 2 вариант – Bis-88; 3 вариант – Black-01; 4 вариант – TS-3.

Используемые в исследовании микробиопрепараты синтезированы из штаммов-продуцентов бактерий *Bacillus pumilus* (BIS88), *Bacillus subtilis* (Black-01), *Bacillus pumilus* (TS3).

Штамм *Bacillus pumilus* BIS88 и штамм *Bacillus subtilis* BL01 обладают фунгицидной активностью против фитопатогенных грибов *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichioides*, фитопатогенных бактерий *Clavibacter michiganens* ss. *sepedonicum*, *Erwinia carotovora* ss. *atroseptica*, *Pseudomonas syringae* и фитостимулирующим эффектом по отношению к различным сельскохозяйственным культурам (редис, салат, вико-овсяная смесь, яровая пшеница).

*Bacillus pumilus* BIS-88 предназначен для улучшения питания, ускорения роста и увеличения продуктивности зерновых, овощных и технических культур.

В процессе размножения *Bacillus pumilus* и *Bacillus subtilis*, обладая высокой скоростью роста, интенсивно колонизируют корни и листья растений, ингибируя, таким образом, их заселение фитопатогенной микрофлорой. Кроме того, при размножении штамм Black-01 продуцирует липопептиды, обладающие фунгицидным и бактерицидным действием на фитопатогенные грибы *Phytophthora infestans* и бактерии *Xanthomonas campestris*.

Микробиологический препарат на основе штамма *Bacillus pumilus* TS3 предназначен для использования в сельскохозяйственном производстве с целью повышения устойчивости сельскохозяйственных культур в условиях засоления почв. В состав препарата входят



биомасса бактерий и их метаболиты, образующиеся при культивировании, а также остатки питательной среды [6].

Действие микробиопрепаратов основано на их способности синтезировать важнейшие фитогормоны и витамины, которые оказывают непосредственное влияние на рост и развитие растений [7, 8].

Опыт был заложен в теплице весенне-летнего использования на опытном поле СПбГАУ. Посадку растений *in vitro* производили в пятилитровые вегетационные сосуды в торфяной подготовленный грунт. Перед тем как посадить микрорастения в вегетационные сосуды, лунку проливали 10% водным раствором микробиопрепарата (МБП) из расчета 50 мл на лунку в соответствии со схемой опыта. А также в течение роста и развития растений картофеля проводили опрыскивание 1% водным раствором МБП: первая обработка – через 3 недели после посадки растений и вторая обработка – через 5 недель соответственно (из расчета 200 – 400 л рабочего раствора на гектар). В контроле – все обработки проводились водой. На пятый и десятый день проводили учет приживаемости растений *in vitro*, высаженных в теплицу. Приживаемость составила 100% по исследуемым сортам.

Основные учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам: методики исследований по культуре картофеля (НИИКХ, 1967); методических указаний по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля (Букасов С.М., Зыкин А.Г., Камераз А.Я. и др., 1976); контроль качества и сертификация семенного картофеля: Практическое руководство (2003) [10-11]. Учет урожайности проводили методом копки с последующим сбором вручную и взвешиванием на весах на 90-й день после посадки растений.

**Результаты исследований.** При изучении влияния микробиопрепаратов на продуктивность сортов мы рассматривали такие параметры, как количество клубней в гнезде и их масса. На рисунке 1 представлены данные по среднему количеству клубней с одного растения.

Как видно из рисунка 1, в результате опыта изучаемые сорта дали большое количество клубней с одного растения – от 8 до 15 штук. В контрольном варианте, без применения микробиопрепаратов, сорт Удача дал 11 штук клубней, а сорт Импала – 12 штук клубней соответственно. Применение препаратов Bis-88 и Black-01 у сорта Удача привело к увеличению количества клубней по сравнению с контролем на 3 и 1 штуки соответственно. Применение препарата TS-3 у сорта Удача привело к снижению количества клубней с одного растения по сравнению с контролем.

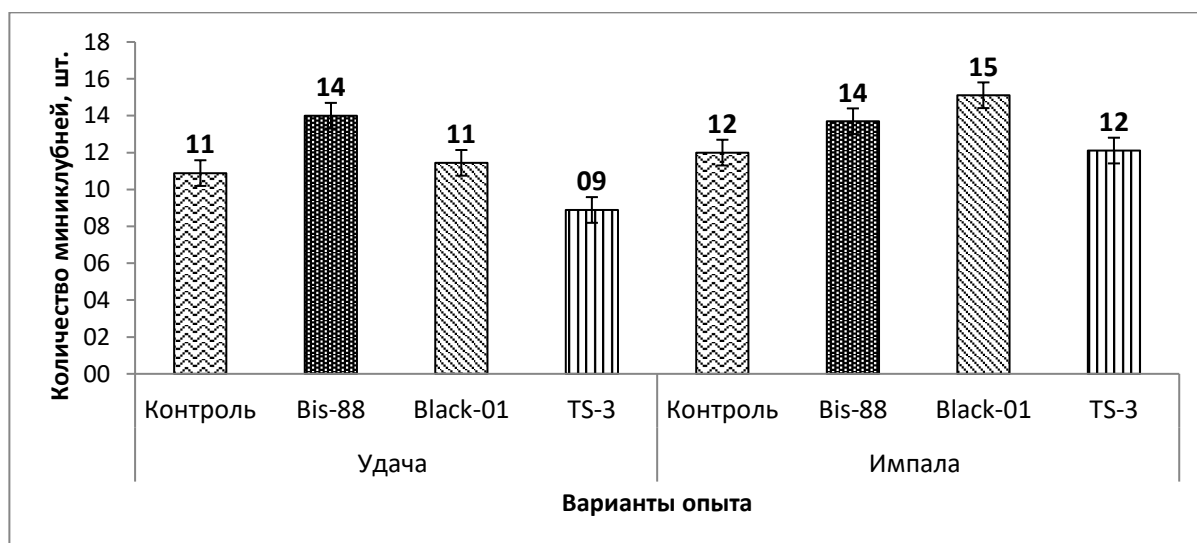
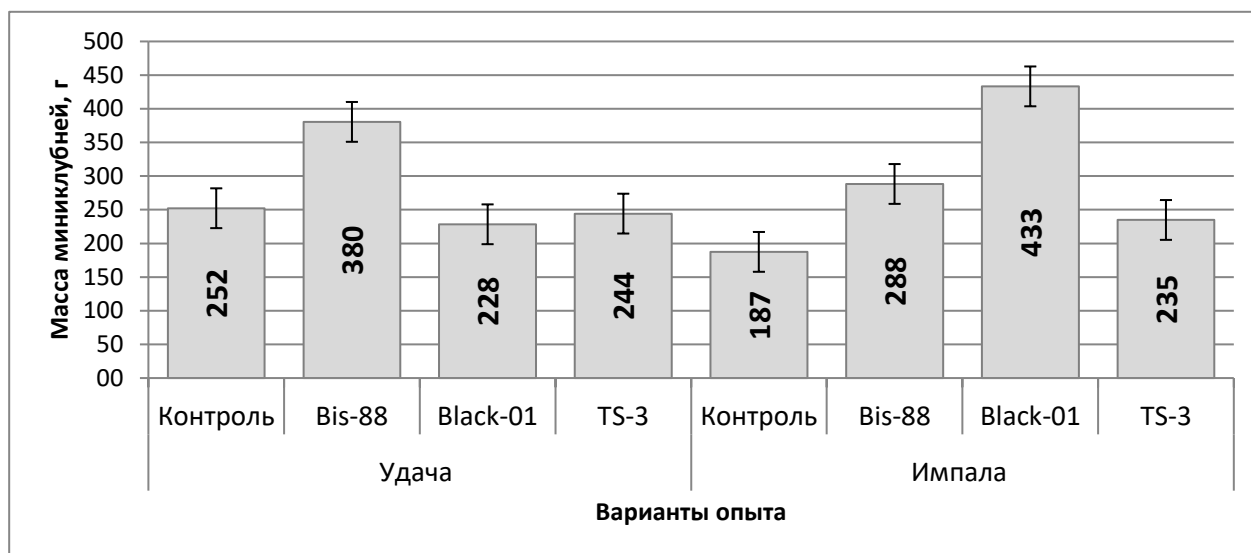


Рисунок 1. Среднее количество миниклубней с 1 растения, шт.

Figure 1. The average mininumber of tubers per plant, pieces

Применение препарата Black-01 у сорта Импала привело к увеличению количества клубней по сравнению с контролем на 3 клубня соответственно. Применение препарата Bis-88 у этого сорта дало прибавку количества клубней на 2 штуки. Применение препарата TS-3 у исследуемого сорта не привело к увеличению количества клубней с одного растения по сравнению с контролем.

На рисунке 2 приведены данные по средней массе клубней с одного растения.



Удача –  $HCp_{05}=44,5$     Импала –  $HCp_{05}= 82,2$

Рисунок 2. Средняя масса миниклубней с 1 растения, г  
 Figure 2. The average weight of minitubers from 1 plant, grams

Как видно из рисунка, масса клубней с одного растения у исследуемых сортов картофеля варьировала от 187 до 433 граммов.

У сорта Удача наилучший результат наблюдался в варианте с применением микробиологического препарата Bis-88, разница между контролем и вариантом с применением препарата составила 128,2 г. В вариантах, где применяли Black-01 и TS-3, наблюдалось отрицательное влияние МБП на массу клубней данного сорта, в них произошло снижение массы клубней с одного растения по сравнению с контрольным вариантом.

По сорту Импала можно отметить, что применение всех микробиологических препаратов в целом положительно повлияло на общую среднюю массу, при этом значительное увеличение по массе было в варианте с применением Black-01 (433,2 г), и этот показатель превышал контроль на 245,8 г.

Семеноводство картофеля – это получение наибольшего числа качественных и здоровых клубней для максимального увеличения размножения материала.

При выращивании картофеля на семенной материал большой практический интерес представляет фракционный состав урожая клубней, то есть массовая доля разных фракций. При возделывании на семенные цели приоритетное значение приобретает выход семенной фракции миниклубней – от 10 до 50 г.

В наших исследованиях мы проводили взвешивание миниклубней и распределение их по весовым фракциям.

Таблица. Фракционный состав урожая миниклубней картофеля при применении микробиопрепаратов  
 Table. The fractional composition of the potato minitubers crop when using microbiological preparations

Сорт	Вариант	Число клубней, шт.						
		всего	более 125, г	81-125, г	51-80, г	26-50, г	10-25, г	менее 10, г
Удача	Контроль	10,9	0,0	0,3	1,4	2,3	2,6	4,3
	Bis-88	14,0	0,0	0,5	1,3	3,3	3,8	5,1
	Black-01	11,4	0,0	0,3	0,4	2,8	2,6	5,3
	TS-3	8,9	0,0	0,5	0,7	1,9	2,7	3,1
Импала	Контроль	12,0	0,0	0,0	0,7	2,0	3,2	6,1
	Bis-88	13,7	0,0	0,1	1,3	3,2	4,5	4,7
	Black-01	15,1	0,3	0,7	1,6	3,7	3,3	5,5
	TS-3	12,1	0,0	0,1	0,7	2,3	4,6	4,4

Анализ структуры урожая (таблица) показывает, что наиболее многочисленными во всех сортах были фракции клубней весом менее 10 г, 10-25 г и 26-50 г. В контрольных вариантах средняя фракция составила 46,2% у сорта Удача и 43,3% у сорта Импала. Наибольшее количество средней фракции у сорта Удача наблюдалось в вариантах с применением Black-01 и Bis-88, доля средней фракции составляла 47-50%. Применение микробиопрепаратов на сорте Импала привело к увеличению средней фракции во всех вариантах по сравнению с контролем. Доля средней фракции с применением препарата Bis-88 составила 56%, что выше контрольного варианта на 13%. При применении препарата Black-01 на этом же сорте доля средней фракции составила 46%, а при применении препарата TS-3 – 57%.

**Выводы.** Изучаемые микробиопрепараты в целом положительно повлияли на продуктивность и фракционный состав семенного материала картофеля. На сорте Удача лучшим оказался вариант с применением Bis-88 и превысил контроль на 51%, а на сорте Импала – варианты с применением Bis-88 и Black-01 – на 54-131% по массе клубней соответственно. Такая же тенденция была отмечена и по количеству миниклубней с одного растения.

#### Список источников литературы

1. Силаева Л.П., Копейкина С.А. Развитие системы семеноводства картофеля // Вестник Алтайского ГАУ. – 2012. – №12. – С.141-144.
2. Защита овощных культур и картофеля от болезней / Под ред. Ахатова А.К. Джалилова Ф.С. – М: Московская типография №2, 2006. – 352 с.
3. Kanwal, A. In Vitro Microtuberization of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivar Kuroda - A New Variety in Pakistan / A. Kanwal, K. Shoaib // Int. J. Agri. Biol., Vol. 8, №. 3, 2006. P. 337-340.
4. Анисимов Б.В., Трофимец Л.М. Развитие безвирусного семеноводства картофеля // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 4. – 49 с.
5. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Перспективы повышения эффективности кормопроизводства с использованием микробиологических препаратов комплексного действия // Картофель и овощи. – 2011. – №8. – С.18-21.
6. Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. Биопрепараты для земледелия / В кн: «Биопрепараты в сельском хозяйстве» (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М., 2005. – С. 18-54.
7. Frankenberger W.T., Archad M. Phytohormones in soil: microbial production and function// New York. Marcel Dekker, 1995/ 503p.

8. Zhu T., Pan Z., Domagalski N. Engineering of *Bacillus subtilis* for enhanced total synthesis of folic acid // *Appl. Environ. Microbiol.*, 2005. Vol.71. №11. P. 7122-7129.
9. Малько А.М. и др. Контроль качества и сертификация семенного картофеля: практическое руководство. – М: «Росинформагротех», 2003. – 316 с.
10. Анисимов Б.В. Пособие для специалистов по семеноводству картофеля. – М: ВНИИКХ, 2014. – 11 с.
11. ГОСТ 29267-91. Картофель семенной. Оздоровленный исходный материал. Приемка и методы анализа. – Введ. 1993-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 11 с.

### References

1. Silaeva, L.P. and Kopejkina, S.A. (2012), "Development of potato seed production system", *Vestnik Altajskogo GAU*, vol.12, pp.141-144.
2. Axatova, A.K. and Dzhililova, F.S. (2006), *Zashhita ovoshhny`x kul`tur i kartofelya ot boleznej* [Protection of vegetable crops and potatoes from diseases], *Moskovskaya tipografiya №2*, Moscow, Russia.
3. Kanwal, A. and Shoaib, K. (2006), "In Vitro Microtuberization of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivar Kuroda - A New Variety in Pakistan", *Int. J. Agri. Biol.*, vol. 8, no. 3, pp. 337-340.
4. Anisimov, B.V. and Trofimecz, L.M. (1990), "Development of virus-free potato seed production", *Selekciya i semenovodstvo*, no. 4, pp.49.
5. Petrov, V.B and Chebotar, V.K. (2011), "Prospects for improving the efficiency of feed production using microbiological preparations of complex action", *Kartofel` i ovoshhi*, no. 8, pp.18-21.
6. Kozhemyakov, A.P. and Chebotar, V.K. (2005), "Biological products for agriculture", in Tixonovich, I.A. and Kruglov, Yu.V.(ed), "*Biological products in agriculture*" (*Methodology and practice of the use of microorganisms in crop production and feed production*), *Rossiyskaya akademiya sel'skoxozyajstvenny`x nauk Vserossiyskij nauchno issledovatel'skij institut sel'skoxozyajstvennoj mikrobiologii*, Moscow, Russia, pp. 18-54.
7. Frankenberger, W.T. and Archad, M. (1995), *Phytohormones in soil: microbial production and function*, New York.
8. Zhu, T., Pan, Z. and Domagalski, N. (2005), "Engineering of *Bacillus subtilis* for enhanced total synthesis of folic acid", *Appl. Environ. Microbiol.*, vol.71, no. 11, pp. 7122-7129.
9. Mal'ko, A.M. (ed) (2003), *Kontrol` kachestva i sertifikaciya semennogo kartofelya: prakticheskoe rukovodstvo*, «Rosinformagrotex», Moscow, Russia.
10. Anisimov, B.V. (2014), *Posobie dlya specialistov po semenovodstvu kartofelya* [Handbook for potato seed specialists], VNIИKХ, Moscow, Russia.
11. Izd-vo standartov (1993), *GOST 29267-91 - Seed potatoes. Improved source material. Acceptance and methods of analysis*, Izd-vo standartov, Moscow, Russia.

### Сведения об авторах

**Кононенко Анна Николаевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 8511-4163.

**Ивахнова Оксана Федоровна** – старший преподаватель кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 4484-4840.

**Логинова Юлия Николаевна** – младший научный сотрудник лаборатории микрклонального размножения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 1058-7262.

**Information about the authors**

**Anna N. Kononenko** – candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the Agriculture and Grassland Growing department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 8511-4163.

**Oksana F. Ivakhnova** – senior lecturer of the Departments the Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 4484-4840.

**Julia N. Loginova** – junior researcher at the Laboratory of microclonal reproduction, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 1058-7262.

**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 22.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 08.12.2021 г.; принята к публикации 13.12.2021 г.*

*The article was submitted 22.11.2021; approved after reviewing 08.12.2021; accepted after publication 13.12.2021.*

Научная статья

УДК 581.1:631.8

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-60-68

**СРАВНЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ  
И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ  
И ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ**

**Виталий Николаевич Лебедев<sup>1</sup>, Светлана Хазретовна Хуаз<sup>2</sup>,  
Григорий Абунаимович Ураев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Набережная реки Мойки, д.48, Санкт-Петербург, 191186, Россия; antares-80@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

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

<sup>3</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Московский пр., д. 9, Санкт-Петербург, 190031, Россия; uraev.ga@yandex.ru ;  
<http://orcid.org/0000-0002-2800-5108>

**Реферат.** В данной статье в полевых опытах изучается влияние возрастающих доз минерального азота на фоне постоянных доз фосфора и калия в отношении продукционных процессов редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) сорта Радуга (к-8) и горчицы сарептской (*Brassica juncea* Czern.) сорта Старт (к-4259) из семейства *Brassicaceae*. Данные культуры являются малораспространенными кормовыми культурами с высоким потенциалом продуктивности зеленой массы.

Исследования проводились в 2019 и 2021 гг. на территории агробиостанции РГПУ им. А.И. Герцена в Ленинградской области, в пос. Вырица. В опыте применялись удобрения: аммиачная селитра, простой гранулированный суперфосфат и сульфат.

Измерения морфометрических параметров и продуктивности растений редьки и горчицы оценивались в фазу активного цветения (укошной спелости). Качество надземной массы определялось по содержанию основных элементов минерального питания – азота (N), фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) лабораторно-аналитическим исследованием по общепринятой методике. Количество нитратов ( $NO_3^-$ ) в зеленой массе измеряли при помощи ионоселективного нитратного электрода ионометрическим методом.

Результаты исследований показали, что показатели ростовых процессов, изменения зеленой биомассы и накопление абсолютно сухого вещества в надземных органах редьки максимально увеличивается при внесении  $N_{150}$  на фоне  $P_{60}K_{60}$ . Увеличение доз азота до более высоких значений приводило к снижению исследованных показателей. Максимальная концентрация основных элементов минерального питания (азота, фосфора и калия) отмечена в варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . При этом оптимальным минеральным фоном следует считать  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , так как на более высоких дозах внесения азота наблюдается повышение накопления нитратов в надземной массе растений выше ПДК, что делает такую зеленую массу невозможной для использования на корм. Особенно активно накопление нитратов в зеленой массе происходило в вариантах с горчицей сарептской.

**Ключевые слова:** редька масличная, горчица сарептская, азотные удобрения, продуктивность, экономический эффект

**Цитирование.** Лебедев В.Н., Хуаз С.Х., Ураев Г.А. Сравнение действия возрастающих доз азота на продуктивность и качество зеленой массы редьки масличной и горчицы сарептской // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 60-68. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-60-68

## COMPARISON OF THE EFFECTS OF NITROGEN INCREASING DOSES ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF OILSEED RADISH AND SAREPTA MUSTARD GREEN MASS

Vitaly N. Lebedev<sup>1</sup>, Svetlana Kh. Huaz<sup>2</sup>, Grigory A. Uraev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO "Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen", Moika river embankment, 48, St. Petersburg, 191186, Russia; antares-80@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

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

<sup>3</sup>FGBOU VO "Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I", Moskovsky pr., 9, St. Petersburg, 190031, Russia; uraev.ga@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2800-5108>

**Abstract.** In this article, in field experiments, the effect of growing doses of mineral nitrogen against the background of constant doses of phosphorus and potassium on the production processes of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var.) varieties Start (k-4259) from the Brassicacea family. These crops are less widespread forage crops with a high potential for green mass productivity.

The studies were carried out in 2019 and 2021. on the territory of the agrobiostation RSPU im. A.I. Herzen in the Leningrad region, in the village. Vyritsa. In the experiment, fertilizers were used: ammonium nitrate, simple granular superphosphate and sulfate.

Measurements of morphometric parameters and productivity of radish and mustard plants were evaluated in the phase of active flowering (cutting ripeness). The quality of the aboveground mass was determined by the content of the main elements of mineral nutrition - nitrogen (N), phosphorus ( $P_2O_5$ ) and potassium ( $K_2O$ ) by laboratory and analytical research according to the generally accepted method. The amount of nitrates ( $NO_3^-$ ) in the green mass was measured using an ion-selective nitrate electrode by the ionometric method.

The research results showed that the indicators of growth processes, changes in green biomass and the accumulation of absolutely dry matter in the aboveground organs of the radish maximally increase when  $N_{150}$  is added against the background of  $P_{60}K_{60}$ . An increase in nitrogen doses to higher values led to a decrease in the studied parameters. The maximum concentration of the main elements of mineral nutrition (nitrogen, phosphorus and potassium) is noted in the variant  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . At the same time,  $N_{60}P_{60}K_{60}$  should be considered the optimal mineral background, since at higher doses of nitrogen application, an increase in the accumulation of nitrates in the aboveground plant mass above the MPC is observed, which makes such green mass impossible to use for feed. The accumulation of nitrates in the green mass was especially active in the variants with Sarepta mustard.

**Keywords:** oilseed radish, Sarepta mustard, nitrogen fertilizers, productivity, economic effect

**Citation.** Lebedev, V.N., Huaz, S.Kh. and Uraev G.A. (2021), “Comparison of the effects of nitrogen increasing doses on the productivity and quality of oilseed radish and Sarepta mustard green mass”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 60-68, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-60-68

**Введение.** Однолетние капустные растения, к которым относятся редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) и горчица сарептская (*Brassica juncea* Czern.), имеют высокий потенциал как кормовые культуры, хотя до сих пор являются мало распространёнными. Для устойчивого развития кормопроизводства необходимо использование энергосберегающих технологий и сокращение доли энергетических затрат, связанные с применением минеральных удобрений [1, 2].

Имеются сведения об отзывчивости обеих культур на внесение в почву минеральных удобрений, особенно азотных. Однако значение оптимальных доз зависит от почвенно-климатических условий, в которых выращиваются растения, а также назначения культуры (для урожайности семян или для продуктивности надземных органов). К примеру, для редьки масличной в условиях Черноземной зоны РФ в отношении формирования зеленой массы наиболее эффективным является внесение  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , а для горчицы сарептской –  $N_{60}P_{60}K_{60}$  или  $N_{80}P_{80}K_{80}$  [3, 4]. Поэтому оптимальную дозу основных микроэлементов минерального питания следует определять в конкретных условиях ее произрастания.

При этом определение оптимальной дозы внесения минерального азота является залогом эффективного формирования продуктивности зеленой массы. Это является особенно актуальным при имеющихся достаточно противоречивых данных по рекомендуемым дозам минерального азота для однолетних капустных культур [5], особенно в отношении редьки масличной и горчицы сарептской [6, 7].

**Цель исследования** заключалась в изучении влияния доз азотных удобрений на продуктивность и качество надземной массы редьки масличной и горчицы сарептской.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Работа проводилась в полевых условиях в 2019 и 2021 гг. на территории агробиостанции РГПУ им. А.И. Герцена согласно стандартной методике, предъявляемой к полевым опытам [8]. Учетная площадь делянки – 1 м<sup>2</sup>. На протяжении трех лет до опытов на данных участках проводился уравнивающий посев злаковой смеси (пшеницы, ячменя и овса). Дополнительных подкормок перед посевом и обработок пестицидами впоследствии не проводилось. Объектами нашего исследования служили однолетние сельскохозяйственные культуры: редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) сорта Радуга (к-8) и горчица сарептская (*Brassica juncea* Czern.) сорта Старт (к-4259). В работе использовались результаты анализа наиболее продуктивного первого летнего укоса растений. Почва опытного участка – супесчаная, дерново-слабоподзолистая, со средним содержанием подвижных форм фосфора и калия, средней обеспеченностью гумуса (1,5%), а также слабокислой реакцией среды (рН<sub>KCl</sub> - 5,7).

Стандартным фоновым минеральным удобрением (одинарной дозой) для редьки масличной, как и для большинства культур в почвенно-климатической зоне Северо-Запада РФ, служила норма внесения из расчета 60 кг/га ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ). Удобрения вносились перед посевом семян в почву вразброс согласно схеме, включающей в себя следующие варианты: 1) контроль – без удобрений ( $N_0P_0K_0$ ); 2)  $N_{30}P_{60}K_{60}$ ; 3)  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ; 4)  $N_0P_{90}K_{60}$ ; 5)  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ; 6)  $N_{150}P_{60}K_{60}$ ; 7)  $N_{180}P_{60}K_{60}$ ; 8)  $N_{210}P_{60}K_{60}$ . В качестве минеральных удобрений, которые пересчитывались на действующее вещество (д.в.), в опыте использовали аммиачную селитру (34,4% д.в. N), простой гранулированный суперфосфат (26% д.в.  $P_2O_5$ ) и сульфат калия (50% д.в.  $K_2O$ ). Повторность опытов – 4-кратная. Морфометрические данные и продуктивность исследованных видов растений оценивались в фазу активного цветения (укосной спелости). Качество надземной массы определялось по содержанию основных элементов минерального питания – азота (N), фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) лабораторно-аналитическим исследованием по общепринятой методике [9]. Количество нитратов ( $NO_3$ ) измеряли при помощи ионоселективного нитратного электрода ионометрическим методом в соответствии с ГОСТ 29270-95 [10]. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом [11].

Для нас интерес представляло определить экономический эффект от использования различных доз минеральных удобрений, который оценивался по изменению дохода у аграрного предприятия в зависимости от их использования при выращивании редьки масличной и горчицы сарептской на зеленую массу по сравнению с контрольными данными [12].

**Результаты исследований.** Результаты полевого опыта выявили увеличение линейного роста в высоту у растений обеих культур (табл. 1). Наиболее высокими оказались растения на фоне завышенных доз минерального азота ( $N_{120}$  и  $N_{150}$ ), что превышало контроль (без удобрения) на 10% и 12% у редьки и на 96% и 93% у горчицы соответственно. В среднем превышение высоты относительно контроля на низком и среднем азотных фонах ( $N_{30-60}$ ) – 51-53%.

Таблица 1. Влияние возрастающих доз минерального азота на ростовые процессы редьки масличной и горчицы сарептской

Table 1. The effect of increasing doses of mineral nitrogen on the growth processes of oilseed radish and brown mustard

Варианты	Редька масличная				Горчица сарептская			
	высота растений		площадь листовой поверхности		высота растений		площадь листовой поверхности	
	см	%	см <sup>2</sup> /раст.	%	см	%	см <sup>2</sup> /раст.	%
Контроль	80,0	100	99,1	100	53,2	100	72,4	100
$N_{30}P_{60}K_{60}$	85,5	107	128,8	130	80,1	151	85,5	118
$N_{60}P_{60}K_{60}$	87,5	109	140,7	142	81,5	153	96,9	134
$N_{90}P_{60}K_{60}$	87,6	110	142,6	144	88,9	167	100,2	138
$N_{120}P_{60}K_{60}$	88,1	110	146,7	148	104,0	195	102,0	141
$N_{150}P_{60}K_{60}$	89,6	112	170,5	172	102,5	193	103,8	143
$N_{180}P_{60}K_{60}$	87,0	109	164,5	166	100,2	188	103,1	142
$N_{210}P_{60}K_{60}$	86,7	108	162,5	164	98,3	185	101,9	141
НСР <sub>05</sub>	4,8	-	0,4	-	5,1	-	1,8	-

Лист – главный ассимиляционный орган растений, представляющий собой важнейший элемент продуктивности надземной биомассы сидеральных культур. У представителей семейства капустных растений суммарная площадь ассимиляционной поверхности листьев может вносить существенный вклад в структуру продуктивности агробиоценоза.



Анализ данных по внесению возрастающих доз минеральных удобрений оказало влияние на формирование площади листьев обеих исследованных культур (табл.1). Максимальное увеличение ассимиляционной листовой поверхности происходило в варианте  $N_{150}P_{60}K_{60}$ . Наиболее интенсивно этот процесс относительно контрольных результатов отмечен у редьки (на 71%), чем у горчицы (на 43%). Применение минимальных и средних доз азотных удобрений ( $N_{30}$  и  $N_{60}$ ) способствовало возрастанию листовой поверхности на 29-41% у редьки и на 18-34% у горчицы в сравнении с контрольными данными (без удобрений). В вариантах с внесением повышенных доз минерального азота из расчета 180 кг/га и 210 кг/га происходило некоторое сокращение площади листьев. Самое существенное снижение этого показателя наблюдалось в опыте с редькой масличной.

Ранее отмеченные изменения ростовых процессов в опытных вариантах с применением возрастающих доз минерального питания привели к увеличению продуктивности сырой зеленой массы и накоплению сухого вещества в надземных органах (табл. 2).

Таблица 2. Зеленая масса и накопление сухого вещества в надземных органах  
в зависимости от дозы азотных удобрений  
Table 2. Green mass and accumulation of dry matter of aboveground organs depending  
on the dose of nitrogen fertilizers

Варианты	Редька масличная				Горчица сарептская			
	зеленая масса		сухое вещество		зеленая масса		сухое вещество	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль	170,7	100	29,8	100	8,9	100	4,2	100
$N_{30}P_{60}K_{60}$	188,0	110	34,4	115	11,1	125	4,8	114
$N_{60}P_{60}K_{60}$	194,0	114	41,4	139	13,1	147	5,4	129
$N_{90}P_{60}K_{60}$	198,5	116	43,0	144	14,3	161	6,0	143
$N_{120}P_{60}K_{60}$	208,7	122	46,0	154	16,1	181	6,8	162
$N_{150}P_{60}K_{60}$	209,0	122	48,6	163	16,2	182	6,8	162
$N_{180}P_{60}K_{60}$	205,0	120	46,6	156	15,2	171	6,2	148
$N_{210}P_{60}K_{60}$	199,0	117	41,2	138	14,8	166	5,8	138
$HCP_{05}$	18,1	-	4,3	-	1,1	-	1,2	-

Продуктивность надземной массы наиболее существенно увеличивалась в вариантах с возрастанием доз минерального азота до 120 кг/га и 150 кг/га. У горчицы сарептской прибавка этого показателя превышала контроль на 80-81%, а у редьки масличной – на 22%. При более высоких дозах в наших опытах происходило некоторое снижение урожайных показателей зеленой массы. Аналогичная закономерность прослеживается в отношении накопления сухого вещества. Самое высокое его содержание характерно для варианта  $N_{150}P_{60}K_{60}$ . В этом варианте у горчицы белой доля сухого вещества к контролю увеличивалась у горчицы на 62%, а у редьки – на 63%.

Показано, что внесение возрастающих доз минерального азота положительно отражается на улучшении качества продуктивности растений, за счет повышения поступления основных элементов минерального питания в надземные органы: азота, фосфора и калия (табл. 3).

Таблица 3. Содержание основных элементов минерального питания и нитратов в растениях редьки масличной и горчицы сарептской при различных дозах минерального азота  
 Table 3. The content of the main elements of mineral nutrition and nitrates in oilseed radish and brown mustard plants at different doses of mineral nitrogen

Вариант	Редька масличная					Горчица сарептская				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub>		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub>	
	%	%	%	мг/кг	%	%	%	%	мг/кг	%
Контроль	1,8	1,7	2,4	322	100	1,3	0,9	1,5	171	100
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,0	1,8	3,1	429	133	1,6	1,2	1,8	272	159
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,1	1,9	3,3	480	149	1,9	1,4	2,0	403	236
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,2	2,0	3,4	583	181	2,1	1,5	2,0	537	314
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,3	1,9	3,0	630	196	2,2	1,5	2,3	690	404
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,4	1,8	2,5	762	237	2,2	1,4	2,4	728	426
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,5	1,8	2,5	795	247	2,4	1,2	2,2	828	484
N <sub>210</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,7	1,7	2,3	878	273	2,5	1,0	2,1	958	560
HCP <sub>05</sub>	0,1	0,1	0,2	63,6	-	0,1	0,04	0,1	67,7	-

Содержание общего азота в сухой массе надземных органов продолжало повышаться относительно контрольного варианта с увеличением внесения доз минерального азота. При этом наибольшая концентрация фосфора (на 18%) и калия (на 42%) к контролю отмечалась у редьки при дозе N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Для горчицы сарептской максимальное содержание данных элементов происходило на фоне N<sub>120-150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Именно у этой культуры концентрация фосфора и калия была максимальной по сравнению с контролем – на 67% и на 60%, соответственно. При этом следует отметить, что внесение минерального азота свыше 150 кг/га приводило к ингибированию накопления фосфора и калия в зеленой массе растений.

Известно [13], что применение возрастающих доз минерального азота вместе со стимуляцией ростовых процессов приводит к увеличению концентрации нитратных форм азота в надземных органах. Этот факт делает невозможным кормовое применение такой зеленой массы. Принято считать, что допустимая санитарно-гигиеническая норма предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов – 500 мг/кг сырой массы.

Ранее проведенные исследования показали [4], что особо активное накопление нитратов происходит на высоких дозах внесения азота и является характерным свойством для кормовых капустных культур (редьки масличной, горчицы сарептской, рапса ярового и др.). Согласно этим же исследованиям это связано с тем, что данные растения обладают чрезвычайно высокой нитратредуктазной активностью.

Результаты изучения накопления нитратов в сырой надземной массе растений редьки и горчицы показали (табл. 3), что внесение азотных удобрений, не превышающих уровень 60 кг/га, способствует повышению концентрации нитратов, но не превышает установленную норму ПДК. Однако в вариантах с использованием более высоких доз азота нами установлено накопление нитратного азота выше предельно допустимого уровня.

Наиболее интенсивно процесс накопления нитратов наблюдался в опытах с горчицей сарептской. На высоком азотном фоне (N<sub>210</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) концентрация нитратов в 5,5 раза (958 мг/кг) было выше контрольных значений (171 мг/кг) и, вместе с тем, почти в 2 раза превышало уровень ПДК.

Рассмотренные выше факторы влияют и на экономический эффект в процессе культивирования редьки масличной и горчицы сарептской (рис.).

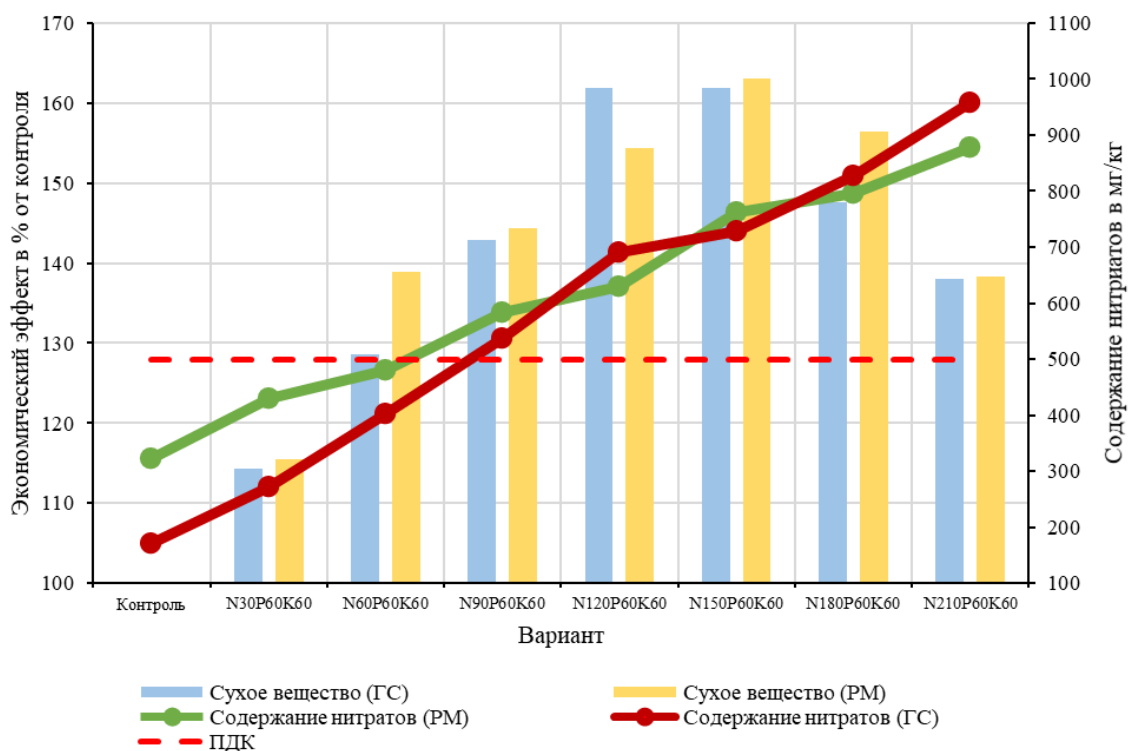


Рисунок. Влияние дозы азотных удобрений на экономический эффект и содержание нитратов в зеленой массе при культивировании редьки масличной (в % от контроля):

ГС – горчица сарептская, РМ – редька масличная

Figure. The effect of the dose of nitrogen fertilizers on the economic effect and the content of nitrates in the green mass of the cultivation of rare oilseeds (in % of the control):

BR – brown mustard, OR – oilseed radish

Наибольший экономический эффект по сухой массе отмечался с возрастанием доз минерального азота до 60 кг/га. Как было отмечено ранее, при более высоких дозах происходило превышение ПДК по нитратам.

**Выводы.** Таким образом, внесение возрастающего минерального азотного фона влияет на продуктивность и качество зеленой массы редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) и горчицы сарептской (*Brassica juncea* Czern.). Показано, что применение возрастающих доз минерального азота до 150 кг/га приводит к улучшению ростовых процессов, сырой зеленой массы и накоплению сухого вещества в надземных органах. Концентрация элементов минерального питания в сухой массе растений максимально на дозе минеральных удобрений N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. При этом в одинаковой степени для обеих культур. Однако оптимальной дозой по совокупности изученных показателей является азотная доза N<sub>60</sub>, в связи с тем, что на фоне более высоких доз азота происходит накопление нитратов выше предельно допустимого уровня. Особенно это активно происходило в вариантах с горчицей сарептской.

#### Список источников литературы

1. Плевко Е.А. Совершенствование системы удобрения редьки масличной, горчицы белой и рапса ярового при возделывании на семена на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04. – Минск, 2017. – 24 с.
2. Нурманов Е.Т. Продуктивность и качество семян сортов горчицы в зависимости от минерального питания и применения удобрений // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 2. – С. 63-66.

3. Дедова Э.Б. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян *Brassica juncea* в Северо-Западном Прикаспии // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: IV Международная научно-практическая Интернет-конференция (с. Солёное Займище, 28 февраля 2019 года). – С. 456-460.
4. Bottomley P.J., Myrold, D.D. Biological N inputs // *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. – 2014. – V. 3. – P. 365-388.
5. Цыганов А.Р., Мастеров А.С., Плевко Е.А. Влияние макро- и микроудобрений на эффективность возделывания ярового рапса, редьки масличной и горчицы белой на семена // *Земледелие и защита растений*. – 2015. – №4 (101). – С. 27–30.
6. Wang X., Gu M., Niu G., Baumann P. A. Herbicidal activity of mustard seed meal (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') on weed emergence // *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 77. P. 1004-1013.
7. Романцевич Д.И., Састеров А.С., Радченко Н.В. Влияние сроков внесения и форм азотных удобрений на семенную продуктивность редьки масличной // *Вестник БГСХА*. – 2019. – № 1. – С. 126-130.
8. Воробейков Г.А., Царенко В.П., Лунина Н.Ф. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии: учебное пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2014. – 144 с.
9. Воробейков Г.А., Бредихин В.Н., Павлова Т.К. и др. Учебная полевая практика по физиологии растений: учебное пособие для студентов биологических специальностей / под редакцией профессора Г.А. Воробейкова. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. – 128 с.
10. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R., Brown A.L., Jackson W.R., Cavagnaro T.R. *Advances in Agronomy*. – 2014, vol. 124. – P 37-89.
11. Лебедев В.Н., Ураев Г.А. Основы обработки экспериментальных данных с использованием табличного процессора Excel: учебное пособие для студентов педагогических специальностей. – СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2021. – 56 с.
12. Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А. Физиологическая особенность и продуктивность горчицы белой при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями при нормальном увлажнении и почвенной засухе // *Пермский аграрный вестник*. – 2021.– № 3. – С. 52-58.
13. Гамзиков Г.П. Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов в агроценозах (на примере азота) // *Агрохимия*. – 2014.– № 8. – С 3-16.

### References

1. Plevko, E.A., (2017), Improvement of the fertilization system of oil radish, white mustard and spring rape when cultivating seeds on sod-podzolic light loamy soil, Abstract of Ph.D. dissertation, Minsk.
2. Nurmanov, E.T., (2020), "Produktivnost' i kachestvo semyan sortov gorchicy v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya i primeneniya udobrenij" *Mezhdunarodnyj sel'skhozaystvennyj zhurnal*, no 2, pp. 63-66.
3. Dedova, E.B., (2019), "Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo semyan *Brassica juncea* v Severo-Zapadnom Prikaspii", *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoj sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodnopol'zovaniya: IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya Internet-konferenciya, s. Solenoe Zajmishche, 28 fevralya 2019 goda*. pp. 456-460.
4. Bottomley, P.J. and Myrold, D.D. (2014), "Biological N inputs", *Soil microbiology, ecology and biochemistry*, V. 3, pp. 365-388.
5. Cyganov, A.R., Masterov, A.S. and Plevko, E.A. (2015), "Vliyanie makro i mikroudobrenij na ehffektivnost' vozdel'yvaniya yarovogo rapsa redki maslichnoj i gorchicy beloij na semena", *Zemledelie i zashchita rastenij*, no.4(101), pp. 27-30.
6. Wang, X., Gu, M., Niu, G. and Baumann, P.A., (2015), "Herbicidal activity of mustard seed meal (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') on weed emergence", *Industrial Crops and Products*. Vol. 77, pp. 1004-1013.
7. Romancevich, D.I., Sasterov, A.S. and Radchenko, N.V., (2019), "Vliyanie srokov vneseniya i form azotnyh udobrenij na semennuyu produktivnost' redki maslichnoj", *Vestnik BGSKHA*, no.1. pp. 126-130.
8. Vorobejkov, G.A., Carenko, V.P. and Lunina N.F., (2014), "Polevye i vegetacionnye issledovaniya po agrohimii i fitofiziologii", *Prospekt Nauki*, St. Petersburg State, P. 144.

9. Vorobejkov, G.A., Bredihin, V.N., Pavlova, T.K. i dr., (2015), "Uchebnaya polevaya praktika po fiziologii rastenij Uchebnoe posobie dlya studentov biologicheskikh specialnostej", RGPU im A.I. Gercena, St. Petersburg State, P. 128.
10. Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Jackson, W.R. and Cavagnaro, T.R., (2014), *Advances in Agronomy*, vol. 124, pp. 37-89.
11. Lebedev, V.N. and Uraev, G.A., (2021), "Osnovy obrabotki eksperimental'nyh dannyh s ispol'zovaniem tablitsnogo processora Excel", RGPU im. A.I. Gercena, SPb, P. 56.
12. Lebedev, V.N., Vorobejkov, G.A. and Uraev, G.A., (2021), "Fiziologicheskaya osobennost' i produktivnost' gorchicy beloj pri inokulyacii semyan associativnymi rizobakteriyami pri normal'nom uvlazhnenii i pochvennoj zasuhe", *Permskij agrarnyj vestnik*, no.3, pp. 52-58.
13. Gamzikov, G.P., (2014), "Sistemnyj kompleksnyj podhod v agrohimiicheskikh issledovaniyah biogennyh elementov v agrocenozah (na primere azota)", *Agrohimiya*, no.8, pp. 3-16.

#### Сведения об авторах

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

**Хуаз Светлана Хазретовна** – кандидат биологических 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.

**Ураев Григорий Абунаимович** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика и менеджмент в строительстве», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», spin-код: 8247-0590, Scopus author ID: 57204523988, Researcher ID: P-2125-2015.

#### Information about the authors

**Vitaliy N. Lebedev** – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of Department of Botany, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Herzen State Pedagogical University of Russia", spin-code: 0000-1234.

**Svetlana H. Khuaz** – Candidate of Biological Sciences, associate professor, associate professor of the Grassland Growing department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 1481-8207.

**Grigorii A. Uraev** – Candidate of Economic Sciences, associate professor, associate professor of the Departments Economics and Management in Civil Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University", spin-code: 8247-0590, Scopus author ID: 57204523988, Researcher ID: P-2125-2015.

**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 25.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 02.12.2021 г.; принята к публикации 06.12.2021 г.*

*The article was submitted 25.10.2021; approved after reviewing 02.12.2021; accepted after publication 06.12.2021.*

Научная статья  
УДК 633.2; 528.8.:63  
doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-69-79

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНА В ХОЗЯЙСТВЕ ЗАО «ОСЬМИНСКОЕ» СЛАНЦЕВСКОГО РАЙОНА

Андрей Дмитриевич Кирсанов<sup>1</sup>, Андрей Алексеевич Комаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Агрофизический научно-исследовательский институт", Гражданский пр., д. 14, Санкт-Петербург, 195220, Россия; andrkkir88@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-1007-7170>

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Агрофизический научно-исследовательский институт", Гражданский пр., д. 14, Санкт-Петербург, 195220, Россия; Zelenydar@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1430-0509>

**Реферат.** В период с 2008 по 2020 гг. в условиях Ленинградской области существовала сеть из двенадцати региональных тестовых полигонов. Она охватывала основные агроклиматические, почвенные и агроландшафтные зоны области.

Для проведения исследований был выбран полигон, находящийся на территории ЗАО «Осьминское» Сланцевского района. Выбор пал именно на этот полигон в связи с его климатическими особенностями и географическим местом расположения.

Главной задачей исследования на тестовом полигоне являлось выявление влияния микрорельефа и уровня влагообеспеченности (с 2017 по 2019 гг.) на урожайность с использованием вегетационного индекса NDVI и данных по основным агрохимическим показателям.

В условиях избыточной влагообеспеченности мелиоративная осушительная система, представленная на данном полигоне закрытым дренажом, не обеспечила необходимый отвод избыточной влаги. Большинство микропонижений на полигоне заполнилось водой, что привело к перенасыщению влагой. Наиболее продуктивными оказались самые высокие участки.

При малой влагообеспеченности наиболее продуктивными оказались самые низкие участки.

Также это подтверждается при помощи данных по основным агрохимическим показателям и снимков в спектральном индексе NDVI.

Данное исследование подтвердило, что гидротермический коэффициент в совокупности с картой уровня высот оказывают непосредственное влияние на урожайность растений на тестовом полигоне.

**Ключевые слова:** агроэкологический мониторинг, почвенный профиль, плодородие почв, урожайность, микрорельеф

**Цитирование.** Кирсанов А.Д., Комаров А.А. Агроэкологический мониторинг плодородия почв на примере полигона в хозяйстве ЗАО «Осьминское» Сланцевского района // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 69-79. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-69-79

**AGROECOLOGICAL MONITORING OF SOIL FERTILITY ON THE EXAMPLE OF A TEST SITE IN THE FARM OF ZAO OSMINSKOE, SLANTSEVSKY DISTRICT****Andrey D. Kirsanov<sup>1</sup>, Andrey A. Komarov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", Grazhdansky pr., 14, St. Petersburg, 195220, Russia; andrkkir88@gmail.com;  
<http://orcid.org/0000-0002-1007-7170>

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", Grazhdansky pr., 14, St. Petersburg, 195220, Russia; Zelenydar@mail.ru;  
<http://orcid.org/0000-0003-1430-0509>

**Abstract.** In the period from 2008 to 2020. in the conditions of the Leningrad region, there was a network of twelve regional test sites. It covered the main agro-climatic, soil and agrolandscape zones of the region.

For the research, a test site was selected, located on the territory of ZAO Osminskoye, Slantsevsky district. The choice fell on this landfill in connection with its climatic features and geographical location.

The main task of the study at the test site was to identify the effect of microrelief and the level of moisture supply (from 2017 to 2019) on yield using the NDVI vegetation index and data on the main agrochemical indicators.

In conditions of excessive moisture supply, the reclamation drainage system, represented at this landfill by closed drainage, did not provide the necessary removal of excess moisture. Most of the microdepressions at the landfill were filled with water, which led to oversaturation.

The highest sites turned out to be the most productive. With a low moisture content, the lowest areas turned out to be the most productive.

This is also confirmed using data on the main agrochemical indicators and images in the spectral index NDVI.

This study confirmed that the hydrothermal coefficient, in conjunction with the elevation level map, has a direct impact on the yield of plants at the test site.

**Keywords:** *agroecological monitoring, soil profile, soil fertility, productivity, microrelief*

**Citation.** Kirsanov, A.D. and Komarov, A.A. (2021), "Agroecological monitoring of soil fertility on the example of a test site in the farm of ZAO Osminskoe, Slantsevsky district", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 69-79, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-69-79

**Введение.** В период с 2008 по 2020 гг. в условиях Ленинградской области существовала сеть региональных тестовых полигонов в количестве 12 штук. Она охватывала основные агроклиматические, почвенные и агроландшафтные зоны области (рисунок 1). Главным образом, эта сеть была предназначена для проведения комплексного агроэкологического мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения [1].

Для проведения исследований был выбран полигон, находящийся на территории ЗАО «Осьминское» Сланцевского района. Выбор пал именно на этот полигон в связи с его климатическими особенностями и географическим местом расположения.

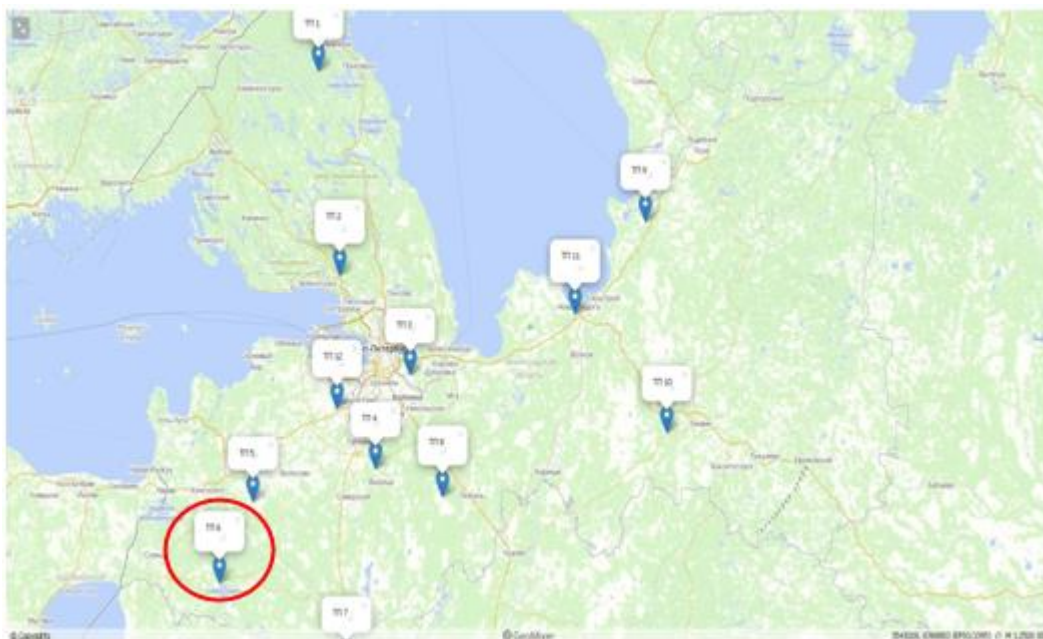


Рисунок 1. Расположение тестовых полигонов  
Figure 1. Location of test areas

**Цель исследования** – выявить влияние микрорельефа полигона (карта уровня высот) и уровня влагообеспеченности (за определенные годы) на урожайность с использованием вегетационного индекса NDVI и данных по основным агрохимическим показателям для большей наглядности и информативности.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Тестовый полигон ЗАО «Осьминское» расположен в лесной зоне Северо-Западной Европейской провинции Лужско-Оредежского округа, в Сланцевском районе Ленинградской области. Участок полигона располагается в пределах кормового севооборота на поле, прилегающем с востока к населенному пункту Велетово.

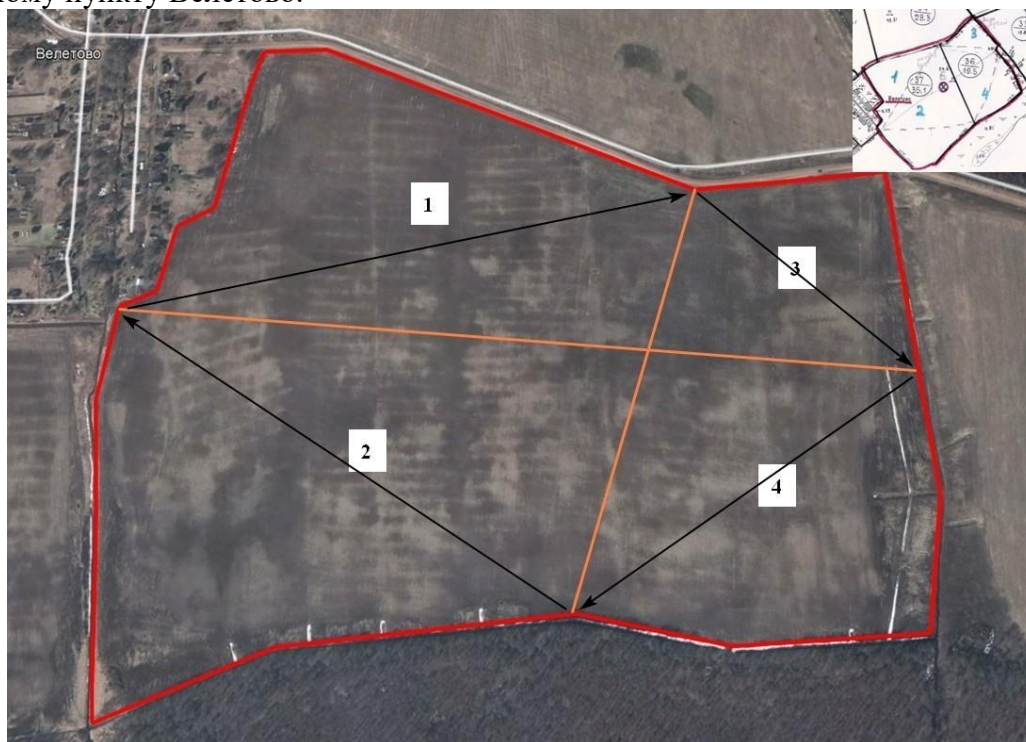


Рисунок 2. Тестовый полигон в видимом диапазоне и схема отбора образцов  
Figure 2. Visible test range and sampling scheme



Площадь полигона – 54,6 га. Территория полигона расположена на равнинной местности. Координаты полигона: 58°59'–59°00' северной широты и 28°43'–28°44' восточной долготы. Для большего удобства и информативности полигон разделен на четыре участка.

Оцифрованные карты полигона получены с использованием различных технических и информационных ресурсов. На рисунке 2 представлен выделенный в видимом диапазоне на космоснимке тестовый полигон и направления маршрутных ходов отбора почвенных образцов.

Почва на участке – дерново-слабоподзолистая, слабооглеенная, среднесуглинистая (рисунок 3). Земельный участок осушен закрытым дренажем.

Гор изо нт	Глу бина	Описание
А1	18-28	Суглинистый, сырой, серый, более плотный, комковатый, пронизан корнями, переход ясный по цвету и плотности
А <sub>2</sub> В <sub>g</sub>	28-38	Легкий суглинок, влажный, палево-бурый, с просветленными языками и затеками, мелкие ражые пятна и прилизы, плотный, плитчато-ореховатый, постепенный по цвету переход
В <sub>g1</sub>	38-58	Тяжелосуглинистый, влажный, красновато-бурый, переход постепенный по цвету и липкости
ВС <sub>g</sub>	58-87	Тяжелосуглинистый, красновато-бурый, глыбистый, липкий
С <sub>g1</sub>	87-118	Влажный, тяжелосуглинистый, более плотный, темно-бурый, липкий

**Почва:  
 дерново-  
 слабоподзолистая  
 слабооглеенная,  
 среднесуглинистая  
 на карбонатной  
 морене**

Рисунок 3. Почвенный профиль тестового полигона  
 Figure 3. Soil profile of the test area

Мониторинговые исследования на тестовом полигоне проводилась в соответствии с принятыми методиками (Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, 2003; методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе Географической сети опытов), 1991; методическое руководство «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий», 2005; методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках, методические указания по проведению

локального мониторинга на реперных участках, 2006) и ранее представленными описаниями [2].

Лабораторные исследования проб почвы выполнены по следующим показателям (основные агрохимические показатели): гумус (органическое вещество), %; подвижный фосфор ( $P_2O_5$  мг/кг); обменный калий ( $K_2O_5$  мг/кг); рН в некарбонатных почвах (KCl); рН в карбонатных почвах ( $H_2O$ ); Нг (моль в 100 г почвы); обменный кальций ( $Ca^{++}$  ммоль в 100 г почвы); обменный магний ( $Mg^{++}$  ммоль в 100 г почвы); азот нитратный (N мг/кг); азот аммиачный (N мг/кг).

Все виды анализов выполняются по соответствующим ГОСТам, а при их отсутствии по утвержденным и рекомендованным методикам (Методические указания по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов и регуляторов роста растений, 2005).

Мониторинг состояния посевов производился на основании наземных наблюдений, сопряженных с использованием данных дистанционного зондирования Земли (далее ДЗЗ) по вегетационному индексу (NDVI) с помощью космических снимков и наземных наблюдений [3, 4].

В качестве инструмента для обработки и анализа изображений использовался сервис LandViewer [5]. Данный сервис позволяет пользователю выполнять многоцелевые запросы, находить и использовать доступные изображения наблюдения Земли со спутников Sentinel 2 и Landsat 8. Изображения можно просматривать в разных комбинациях диапазонов или в спектральном индексе в реальном времени, в нашем случае использовался вегетационный индекс NDVI.



Рисунок 4. Карта высот и схема отбора образцов  
 Figure 4. Elevation map and sampling scheme

Уровень высот оказывает заметное влияние на уровень урожайности [6]. Для создания карты высот на тестовом полигоне (рисунок 4) был использован сервис Google Earth Pro, при помощи которого можно импортировать и экспортировать данные ГИС. Также использовалась географическая информационная система QGIS Desktop, которая подходит для создания, редактирования, визуализации, анализа и публикации геопространственной информации.

Поскольку тепло и влага являются одними из основных факторов в жизни растений, то нами был использован комплексный показатель – гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (далее ГТК) [7]. Рассчитывается данный коэффициент по формуле:

$$ГТК = \frac{R \cdot 10}{\Sigma t},$$

где R – представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше  $+10^{\circ}C$ ;  $\Sigma t$  – определяет сумму температур в градусах Цельсия ( $^{\circ}C$ ) за то же время.

По ГТК выделяют следующие градации: зону избыточного увлажнения, или зону дренажа ( $ГТК > 1,3$ ); зону обеспеченного увлажнения ( $1,0-1,3$ ); зону засушливую ( $0,7-1,0$ ); зону сухого земледелия ( $0,5-0,7$ ); зону сухую или ирригации ( $ГТК < 0,5$ ) [8].

**Результаты исследований.** На рисунке 5 показаны (обведены) наиболее неоднородные места на участках полигона. Видно, что первый участок полигона является самым высоким: самая высокая точка – 74 метра над уровнем моря. Средний уровень высот участка составляет 71-72 метра. Второй и четвертый – самые низкие участки. Их средний уровень высот составляет примерно 70 метров, при этом на элементарных участках имеются понижения микрорельефа до 68-69 метров. Средний уровень высот третьего участка составляет 70-71 метр над уровнем моря.

Для большей наглядности были взяты показатели урожайности и ГТК (за 2017, 2018 и 2019 годы), а также приведены снимки полей в спектральном индексе NDVI.

Также был построен график изменения индекса NDVI с мая по конец сентября.

В 2017 году на тестовом полигоне выращивался ячмень (рисунок 5). Средняя урожайность по участкам составила 2,1 т/га. Самая высокая (2,2 т/га) была на первом участке, на третьем – чуть ниже и составила 2,1 т/га. На втором и четвертом участках – самая низкая и составила по 1,9 т/га соответственно.

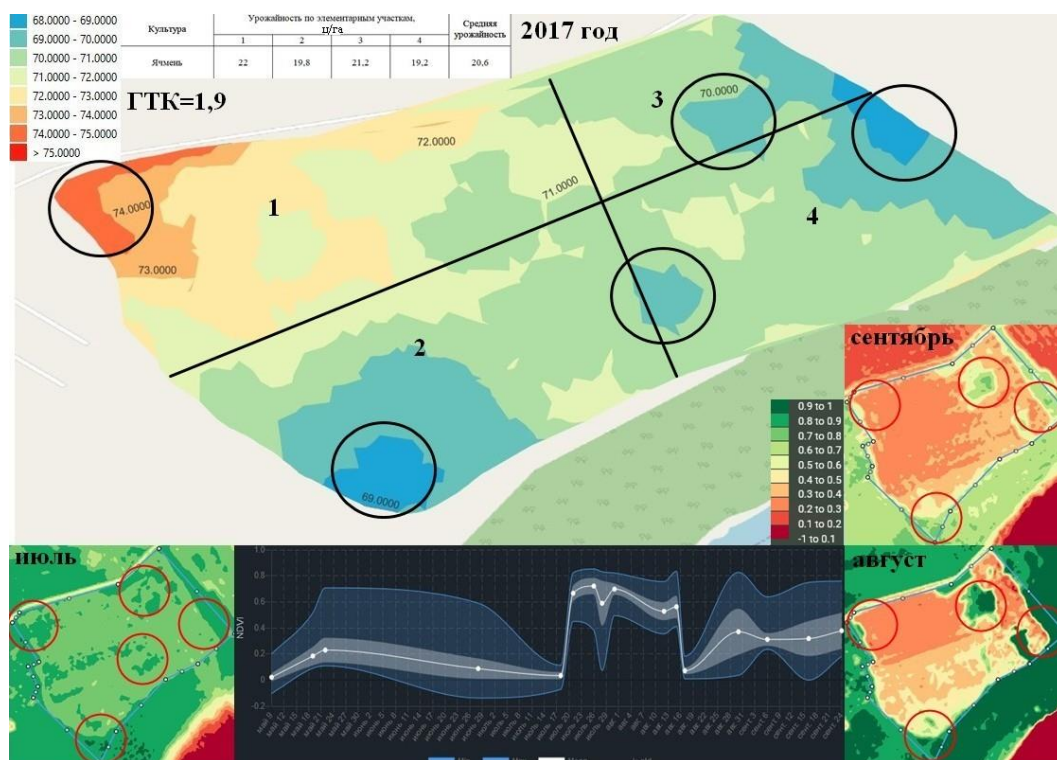


Рисунок 5. Сопоставление высот с NDVI и урожайностью  
 Figure 5. Comparison of heights with NDVI and yields

При этом необходимо учесть значение ГТК, который составил 1,9 (в среднем ГТК для данной климатической зоны составляет 1,5-1,6). Исходя из градаций по влагообеспеченности, можно говорить о том, что в 2017 году увлажнение было избыточным. То есть при избыточном увлажнении наиболее продуктивным оказался самый высокий участок; самые низкие участки – наименее продуктивны. Также это подтверждается при помощи снимков в спектральном индексе NDVI.

Данные по основным агрохимическим показателям (таблица 1) совпадают с ранее выявленными результатами.

Таблица 1. Основные агрохимические показатели, 2017 год  
 Table 1. The main agrochemical indicators, 2017

№ п/п	Органическое в-во, %	Подвижные формы, мг/кг, по Кирсанову		рН		Нг ммоль в 100 г почвы	Обменные формы, ммоль в 100 г почвы		Азот, мг/кг	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
1	3,93	280	101	6,0	-	1,90	4,43	<0,10	2,90	23,8
2	3,21	195	74	5,9	-	1,90	3,81	0,31	<2,80	17,5
3	3,21	119	72	6,0	-	1,82	3,87	0,87	<2,80	14,4
4	3,44	154	68	6,3	-	1,34	4,00	0,68	<2,80	14,6

В итоге можно судить о том, что в условиях избыточного увлажнения мелиоративная осушительная система, представленная закрытым дренажом на данном полигоне, не обеспечила необходимый отвод избыточной влаги. Поверхность участка недостаточно спланирована и спрофилирована. На момент обследования большинство микропонижений, распространенных на полигоне, были заполнены водой, что привело к перенасыщению влагой.

В 2018 году на тестовом полигоне выращивались зерновые (овес) (рисунок 6). Средняя урожайность составила 3,2 т/га. Самая высокая урожайность (3,7 и 3,4 т/га) была на втором и четвертом элементарном участке. Наиболее низкая – на третьем (2,7 т/га); на первом же – чуть выше и составила 3 т/га.

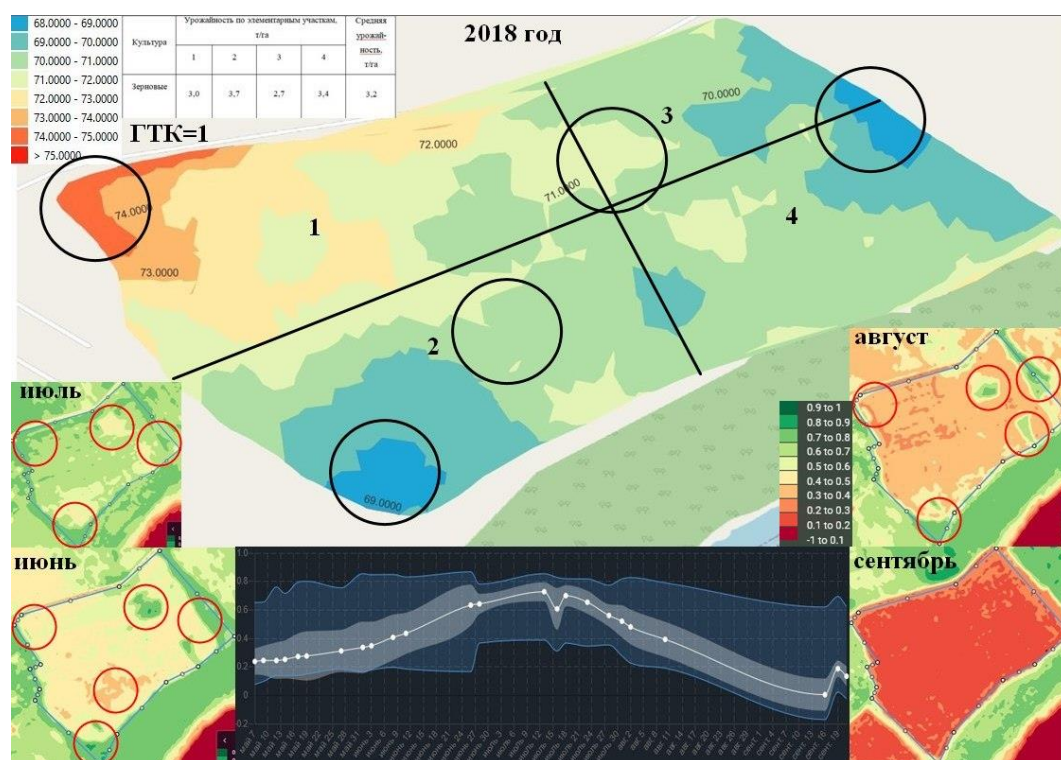


Рисунок 6. Сопоставление высот с NDVI и урожайностью  
 Figure 6. Comparison of heights with NDVI and yields

В целом можно сказать, что урожайность в 2018 году крайне низкая. Это обуславливается нетипичным для данной климатической зоны низким значением ГТК. В 2018 году ГТК данного участка колеблется в районе 1. То есть гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова находится в пределах между зоной обеспеченного увлажнения (нижней его границей) и засушливой зоной (в 2018 году практически засуха).

Можно сделать вывод, что при столь малой влагообеспеченности наиболее продуктивными оказались наиболее низкие участки, высокие же – наименее продуктивны. Также это подтверждается и при помощи снимков в спектральном индексе NDVI и графика изменения индекса.

Таблица 2. Основные агрохимические показатели, 2018 год  
 Table 2. The main agrochemical indicators, 2018

№ п/п	Органическое в-во, %	Подвижные формы, мг/кг, по Кирсанову		pH		Нг ммоль в 100 г почвы	Обменные формы, ммоль в 100 г почвы		Азот, мг/кг	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
1	4,15	264	134	6,2	-	2,02	7,88	1,75	33,7	13,3
2	2,77	190	184	5,9	-	2,31	6,13	1,63	22,0	8,97
3	3,43	257	111	6,4	-	1,46	8,63	1,75	31,3	9,64
4	2,90	155	119	6,2	-	2,11	8,00	1,85	23,4	9,31

Из таблицы 2 видно, что в 2018 году происходит некоторая стабилизация содержания обменных форм Ca и Mg, что свидетельствует об улучшении качества ГТК. В связи с активацией микробиологических процессов при повышении температуры воздуха и почвы в отсутствии промывного режима (ГТК=1) содержание нитратного азота в пахотном горизонте сильно возрастает. Уменьшение содержания аммонийного азота может быть связано с затуханием процессов аммонификации.

В целом данные по основным агрохимическим показателям за 2018 год подтверждают результаты, которые были получены при сопоставлении карты высот и урожайности на тестовом полигоне.

В 2019 году на тестовом полигоне выращивался ячмень (рисунок 7). Средняя урожайность составила 5,2 т/га. Самая высокая урожайность на втором и первом элементарном участке составляет 6 и 5,5 т/га соответственно. Самая низкая – на третьем участке, 4 т/га. На четвертом участке – чуть выше, 5,1 т/га.

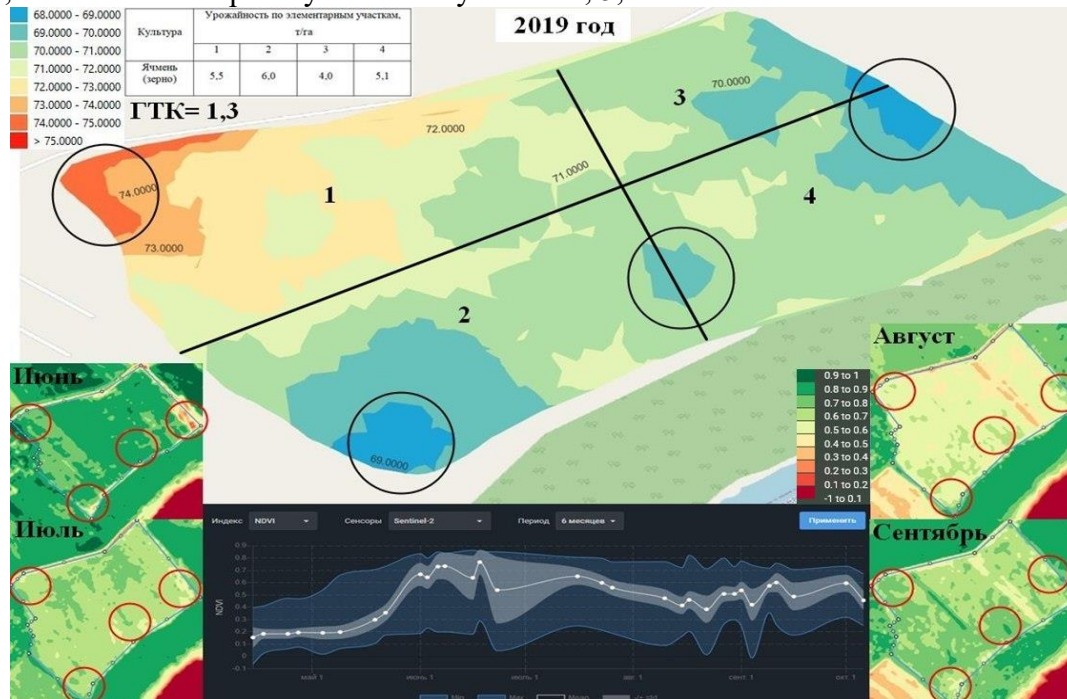


Рисунок 7. Сопоставление высот с NDVI и урожайностью  
 Figure 7. Comparison of heights with NDVI and yields

ГТК за 2019 год составляет 1,3. Данное значение соответствует зоне обеспеченного увлажнения. Но поскольку характерный ГТК для данной климатической зоны составляет 1,5-1,6, можно сделать вывод о том, что в 2019 году влагообеспеченность недостаточна.

При недостаточной влагообеспеченности наиболее продуктивными оказались один из самых низких – второй и самый высокий – первый элементарный участок.

Таблица 3. Основные агрохимические показатели, 2019 год  
 Table 3. The main agrochemical indicators, 2019

№ п/п	Органическое в-во, %	Подвижные формы, мг/кг, по Кирсанову		рН		Нг ммоль в 100 г почвы	Обменные формы, ммоль в 100 г почвы		Азот, мг/кг	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
1	3,29	306	117	6,2	-	1,34	17,75	<0,10	8,50	18,5
2	2,60	227	77	6,0	-	1,40	19,25	<0,10	8,50	16,3
3	2,87	295	97	6,2	-	1,13	14,75	<0,10	15,1	23,7
4	3,76	163	81	6,2	-	1,18	14,38	<0,10	4,60	22,3

Также это подтверждается и при помощи снимков в спектральном индексе NDVI и графика изменения индекса.

Из таблицы 3 видно, что в 2019 году происходит резкое уменьшение содержания магния в почве полигона до предельно низких значений. Это указывает на деградацию ГТК. Уменьшение содержания нитратов в почве может быть связано с ингибированием процессов нитрификации. Возможно, сказалась засуха 2018 года. Увеличение содержания восстановленных форм минерального азота в почве может быть связано с активацией процессов аммонификации.

В общем, данные по основным агрохимическим показателям за 2019 год подтверждают результаты, которые были получены при сопоставлении высот и урожайности на тестовом полигоне.

**Выводы.** Несмотря на развитие и усовершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ежегодно внедряемых в производство, влияние климатических и ландшафтных факторов на качество и объем урожая крайне велико.

Для нашей климатической зоны, которой свойственен промывной водный режим и, как следствие, избыточное увлажнение, характерно следующее:

- В условиях избыточной влагообеспеченности наиболее продуктивными оказались самые высокие участки, как в 2017 году (в нашем случае).

- При малой влагообеспеченности (засуха) наиболее продуктивными оказались самые низкие участки, как в 2018 году.

- 2019 год оказался переходным. ГТК в этот год составляет 1,3. Исходя из градаций по гидротермическому коэффициенту увлажнения, значение ГТК в 2019 году находится между зоной избыточного увлажнения и зоной обеспеченного увлажнения. Характерный ГТК для данной климатической зоны составляет 1,5-1,6.

Данное исследование подтвердило, что гидротермический коэффициент в совокупности с уровнем высот оказывают непосредственное влияние на урожайность растений на тестовом полигоне.

#### Список источников литературы

1. Комаров А.А., Суханов П.А. О мониторинге плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – №21. – С.11-17.

2. Суханов П.А., Комаров А.А., Кирсанов А.Д. Динамика изменения агрохимических свойств почв на тестовых полигонах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. – №33. – С.12-19.
3. Кирсанов А.Д., Петрушин А.Ф., Комаров А.А. Оценка развития растительного покрова многолетних трав на основании сопряженных наземных измерений и данных дистанционного зондирования // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве. /Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. – 2018. – С. 248-257.
4. Gopp N.V., Savenkov O.A. Relationships between the NDVI, yield of spring wheat, and properties of the plow horizon of eluviated clay-illuvial chernozems and dark gray soils //Eurasian soil science. – 2019. –Vol. 52. –No. 3. –P. 339-347.
5. Комаров А.А., Суханов П.А., Кирсанов А.Д. Тестовые мониторинговые полигоны как инструмент для идентификации данных дистанционного зондирования земли // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве / Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. – 2018. – С. 139-145.
6. Heil K., Heinemann P., Schmidhalter U. Modeling the effects of soil variability, topography, and management on the yield of barley // Frontier in Environmental. – 2018. – Vol. 6. – P. 1-16.
7. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 289 с.
8. Гулинова Н. В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 174 с.

#### References

1. Komarov, A.A., Sukhanov, P.A. (2010), "Monitoring of soil fertility of agricultural lands in the conditions of the Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 21, pp.11-17.
2. Sukhanov, P.A., Komarov, A.A., Kirsanov, A.D. (2013), "Dynamics of changes in the agrochemical properties of soils on test sites of the Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 33, pp. 12-19.
3. Kirsanov, A.D., Petrushin, A.F., Komarov, A.A. (2018), "Assessment of the development of the vegetation cover of perennial grasses on the basis of coupled ground measurements and remote sensing data", *Application of means of remote sensing of land in agriculture*, Agrophysical Research Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences WITH, pp. 248-257.
4. Gopp, N.V., Savenkov, O.A. (2019), "Relationships between the NDVI, yield of spring wheat, and properties of the plow horizon of eluviated clay-illuvial chernozems and dark gray soils", *Eurasian soil science*, vol. 52, no. 3, pp. 339-347.
5. Komarov, A.A., Sukhanov, P.A., Kirsanov, A.D. (2018) "Test monitoring ranges as a tool for identifying data of remote sensing of the earth", *Application of means of remote sensing of land in agriculture*, Agrophysical Research Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences WITH, pp. 139-145.
6. Heil, K., Heinemann, P., Schmidhalter, U. (2018), "Modeling the effects of soil variability, topography, and management on the yield of barley", *Frontier in Environmental*, vol. 6, pp. 1-16.
7. Verigo, S.A., Razumova, L.A. (1963), "Soil moisture and its importance in agricultural production", *Gidrometeoizdat*, pp. 289.
8. Gulinoва, N.V. (1974), "Methods of agroclimatic processing of observations", *Gidrometeoizdat*, pp.174.

#### Сведения об авторах

**Кирсанов Андрей Дмитриевич** – младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Агрофизический научно-исследовательский институт", spin-код: 2601-7331.

**Комаров Андрей Алексеевич** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Агрофизический научно-исследовательский институт", spin-код: 3522-3694, Scopus author ID: 7103383300, Researcher ID: C-4382-2017.

### Information about the authors

**Andrey D. Kirsanov** - Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", spin-code: 2601-7331.

**Andrey A. Komarov** - Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", spin-code: 3522-3694, Scopus author ID: 7103383300, Researcher ID: C-4382-2017.

**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 18.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 13.12.2021 г.; принята к публикации 16.12.2021 г.*

*The article was submitted 18.10.2021; approved after reviewing 13.12.2021; accepted after publication 16.12.2021.*



**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ:  
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ  
AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE  
AND ANIMAL SCIENCE**

---

Научная статья

УДК 636.2.082.13+636.22/.28(470)

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-80-87

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БЕСТУЖЕВСКОЙ ПОРОДЫ  
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

**Арина Игоревна Мишина<sup>1</sup>, Александра Сергеевна Абдельманова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132, Россия; arinamishina32@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1134-9366>

<sup>2</sup>Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132, Россия; preevetic@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>

**Реферат.** Бестужевская порода крупного рогатого скота является одной из первых пород, образовавшихся на территории России. Однако численность животных этой породы стремительно падает: в 1990 году поголовье насчитывало 982 тысячи голов, а к 2020 году сократилось на 966,71 тысячу и составило только 15,29 тысячи особей. Уменьшение общего поголовья животных приводит к повышению уровня инбридинга, что в свою очередь ведет к снижению способности популяции адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды. Поэтому крайне важно вести племенной учет животных и не допускать близкородственные спаривания. Так как сохранение отечественного скота местного происхождения является важной задачей современной селекции, целью нашего исследования было изучение популяции бестужевского скота в сравнительном аспекте с коммерческими породами КРС. Материалом для исследования служили ушные выщипы и кровь животных бестужевской породы (n=27). В качестве группы сравнения были выбраны животные симментальской (n=28) и голштинской (n=29) пород, так как они участвовали в формировании бестужевской породы. Образцы симментальской и голштинской пород были взяты из банка генетического материала домашних и диких видов животных и птицы Всероссийского института животноводства им. Л. К. Эрнста. Генотипирование осуществляли с использованием ДНК-чипов BovineSNP50 BeadChip (Illumina Inc., USA). Геномный инбридинг оценивали с помощью коэффициента инбридинга, рассчитанного на основании длины пробегов гомозиготности (FROH), и показателя стандартизированной мультилокусной гетерозиготности (sMLH). Исследования показали, что геномный инбридинг в бестужевской породе выше, чем в симментальской породе, но ниже, чем в голштинской породе. Значения уровня гетерозиготности у животных бестужевской и симментальской породы примерно одинаковы, однако значительно превосходят этот показатель, рассчитанный для голштинской породы. Кластерный анализ показал, что хотя крупный рогатый скот симментальской породы и участвовал в формировании бестужевской породы на определенном этапе, однако в настоящее время популяция бестужевского скота несет в себе незначительное количество генетических компонентов, свойственных симментальским животным, являясь самостоятельной породой, четко дифференцированной от предковых.

**Ключевые слова:** скотоводство, инбридинг, бестужевский скот, биоразнообразие, КРС

**Цитирование.** Мишина А.И., Абдельманова А.С. Современное состояние бестужевской породы крупного рогатого скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 80-87. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-80-87

**Финансирование.** Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема государственного задания № 0445-2019-0024.

## CURRENT STATE OF THE BESTUZHEVSKAYA CATTLE BREED

Arina I. Mishina<sup>1</sup>, Alexandra S. Abdelmanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center for Livestock - VIZh named after academician L.K. Ernst, pos. Dubrovitsy, 60, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russian Federation; arinamishina32@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1134-9366>

<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Livestock - VIZh named after academician L.K. Ernst, pos. Dubrovitsy, 60, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russian Federation; preevetic@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>

**Abstract.** The Bestuzhevskaya cattle breed is one of the first breeds formed on the territory of Russia. However, the number of animals of this breed is rapidly falling: in 1990, the livestock numbered 982 thousand heads, and by 2020 it decreased by 966.71 thousand and amounted to only 15.29 thousand individuals. A decrease in the total number of animals leads to an increase in the level of inbreeding, which in turn leads to a decrease in the population's ability to adapt to changing environmental conditions. Therefore, it is extremely important to keep breeding records of animals and to prevent closely related mating. Since the preservation of domestic livestock of local origin is an important task of modern breeding, the purpose of our research was to study the population of Bestuzhevskaya cattlebreed in a comparative aspect with commercial cattle breeds. The material for the study was ear pinches and blood of animals of the Bestuzhevskaya cattlebreed (n = 27). Animals of the Simmental (n = 28) and Holstein (n = 29) breeds were selected as a comparison group, since they participated in the formation of the Bestuzhevskaya cattlebreed. Samples of the Simmental and Holstein breeds were taken from the genetic material bank of domestic and wild species of animals and poultry of the All-Russian Institute of Animal Husbandry L.K. Ernst. Genotyping was performed using BovineSNP50 BeadChip DNA chips (Illumina Inc., USA). Genomic inbreeding was assessed using the coefficient of inbreeding calculated on the basis of the run length homozygosity (FROH) and the index of standardized multilocus heterozygosity (sMLH). Studies have shown that genomic inbreeding in the Bestuzhevskaya cattlebreed is higher than in the Simmental breed, but lower than in the Holstein breed. The values of the level of heterozygosity in animals of the Bestuzhevskaya and Simmental breeds are approximately the same, but significantly exceed this indicator calculated for the Holstein breed. Cluster analysis showed that, although the Simmental cattle participated in the formation of the Bestuzhev breed at a certain stage, the current population of the Bestuzhevskaya cattle carries an insignificant amount of genetic components characteristic of Simmental animals, being an independent breed clearly differentiated from their ancestors.

**Keywords:** *cattle breeding, inbreeding, bestuzhevsky cattle, biodiversity, cattle*

**Citation.** Mishina, A.I. and Abdelmanova, A.S. (2021), “Current state of the bestuzhevskaya cattle breed”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4 pp. 80-87, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-80-87

**Financial support.** The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, theme of state assignment No. 0445-2019-0024.

**Введение.** Первое упоминание о создании крупного рогатого скота бестужевской породы встречается в 1810 г. в Симбирской губернии (Дмитриев Н.Г., 1978.; Эрнст Л.К. и др., 1984; Лискун Е.Ф., 1928). Местный скот скрещивали с животными шортгорнской и голландской породы, завезенными из Англии. В последующие годы поместных животных улучшали скотом холмогорской, симментальской, ольденбургской, вильстермаршской, брейтенбургской, ангусской и абердинской пород. Крупный рогатый скот симментальской породы внес наиболее значимый вклад в формирование породы. Официальной датой признания породы считается 1869 г., племенная книга ведется с 1924 г. [1]. Животных бестужевской породы относят к молочно-мясному типу. Так как в формировании породы участвовали животные различных пород, многие представители отличаются неоднородным экстерьером. Масть породы – красная, разной интенсивности, некоторые животные несут белые отметины на голове, нижней части туловища и вымени. Животные отличаются хорошими адаптационными способностями к континентальному климату Поволжья.

В связи с интенсификацией животноводства наблюдается явление массового улучшения локальных пород коммерческими с целью повышения продуктивности. Однако подобная тенденция ставит локальные породы на грань исчезновения ввиду полного поглощения улучшающей породой. Так, численность бестужевского скота на начало 1990 г. составляла 982 тыс. голов, а всего через 20 лет, в 2019 году, сократилась в 60 раз и составила 17,06 тысячи голов. Причем негативная тенденция сохраняется по сей день: в 2020 г. численность упала до 15,29 тысячи голов.

Из-за уменьшения общего поголовья скота повышается риск близкородственного скрещивания животных, что ведет к избытку гомозигот, которые могут нести рецессивные летальные признаки [2, 3].

**Цель исследования.** Так как сохранение отечественного скота местного происхождения в качестве резервов генетического разнообразия является важной задачей современной селекции, целью нашей работы было исследование популяции бестужевского скота в сравнительном аспекте с коммерческими породами.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводили на базе ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Для анализа были отобраны чистопородные неродственные животные (не имеющие близких родственников в четырех рядах предков) бестужевской породы в количестве 27 голов. В качестве групп сравнения были взяты ранее генотипированные профили крупного рогатого скота голштинской и симментальской породы. Конечная выборка включала в себя животных бестужевской (BSTZH, n=27), симментальской (SIMM, n=28) и голштинской (HLST, n=29) пород.

Материалом для исследования служили кровь и ушные выщипы животных бестужевской породы. Выделение ДНК осуществляли с использованием колонок Nexttec в соответствии с инструкцией производителя. Концентрацию ДНК определяли с помощью флуориметра Qubit 3. Для генотипирования использовали ДНК-чипы BovineSNP50 BeadChip (Illumina Inc., USA). Контроль качества генотипирования осуществляли в программе PLINK v.1.07. Статистическую обработку и визуализацию данных выполняли в программной среде R 3.5.0 ([http:// www.Rproject.org](http://www.Rproject.org)).

В ходе исследований определяли дивергенцию изучаемых пород и генетическую структуру популяций. Для оценки дивергенции пород выполняли анализ главных компонент (Principal component analysis, PCA). Кластерный анализ для определения структуры популяции осуществляли в программе Admixture 1.3 и визуализировали с использованием R-пакета `pophelper` [4, 5]. Для оценки степени геномного инбридинга на основании полученных полногеномных данных с помощью R-пакета `inbreedR` рассчитывали показатели стандартизированной мультилокусной гетерозиготности (sMLH) [6]. Расчет индивидуального инбридинга F<sub>ROH</sub> проводили «последовательным» методом в R-пакете `detectRUNS` [7, 8]. Минимальную длину ROH при формировании сегментов устанавливали на уровне 500 kb, минимальное количество SNP в сегменте составляло 42. При анализе допускали наличие

одного гетерозиготного и одного негенотипированного локуса. Визуализацию данных выполняли с использованием R-пакета ggplot2.

**Результаты исследований.** Метод оценки главных компонент (PCA) четко разделил животных на 3 группы (рис.1). Видно, что животные бестужевской породы образовали наиболее неоднородный кластер, что свидетельствует о большем разнообразии, чем у исследуемых групп симментальской и голштинской пород.

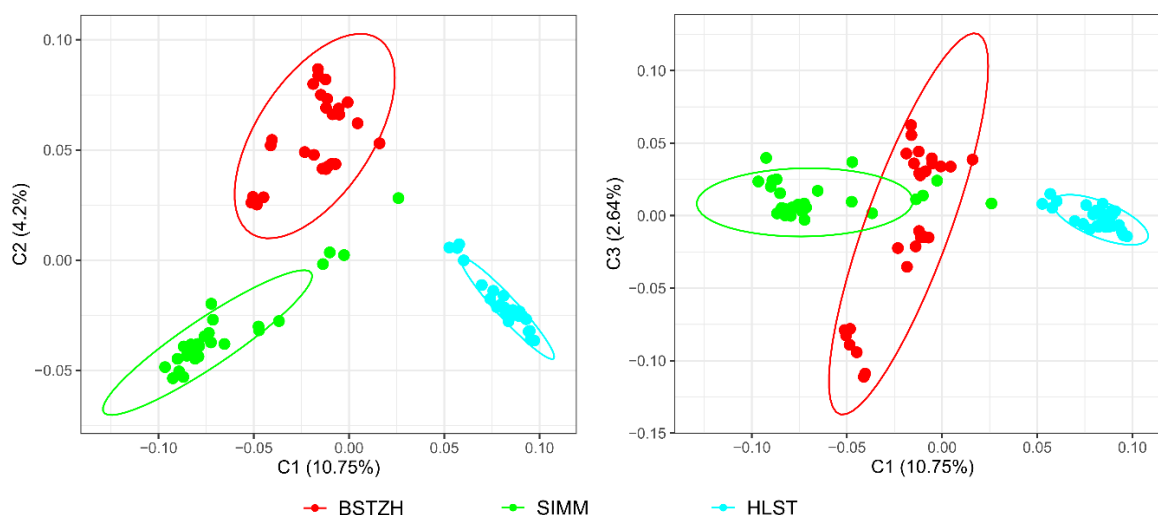


Рисунок 1. Распределение исследованных животных в пространстве двух координат на основании генотипов по SNP-маркерам: BSTZH – бестужевская порода; HLST – голштинская порода; SIMM – симментальская порода

Figure 1. Distribution of the studied animals in the space of two coordinates based on genotypes by SNP markers: BSTZH - Bestuzhev cattle; HLST - Holstein cattle; SIMM - Simmental cattle

Кластерный анализ структуры популяций, проведенный в программе Admixture (рис. 2), показал четкую дифференциацию всех трех исследуемых пород друг от друга. Так при числе кластеров  $K = 2$  произошло отделение бестужевской и симментальской породы от голштинской, а при  $K = 3$  наблюдалось разделение двух вышеописанных пород. Доля геномного компонента голштинской породы в чистокровных бестужевской и симментальской породах (BSTZH, SIMM) была незначительной. У некоторых особей бестужевской породы наблюдаются геномные компоненты, характерные для симментальской, что свидетельствует об общих предках. Однако в целом животные бестужевской породы несут уникальные аллели, отличающие их от улучшающих трансграничных пород. Следует отметить, что, согласно расчету ошибки перекрестной проверки (CV), наиболее вероятное число кластеров в нашей выборке было равно трем (рис. 2).

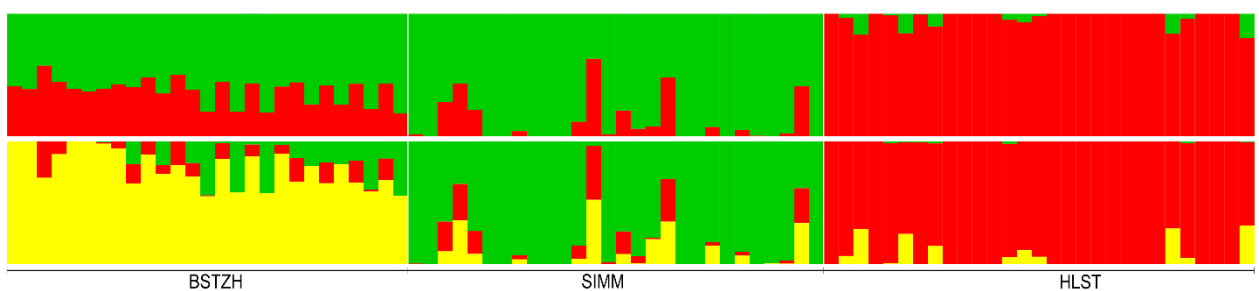


Рисунок 2. Кластерная структура изучаемой выборки крупного рогатого скота  
 Figure 2. Cluster structure of the studied sample of cattle

По результатам анализа геномного инбридинга  $F(\text{ROH})$  становится видно, что животные бестужевской породы обладают более высоким уровнем инбридинга по сравнению с животными симментальской породы, но более низким, чем у животных голштинской породы (рис. 3).

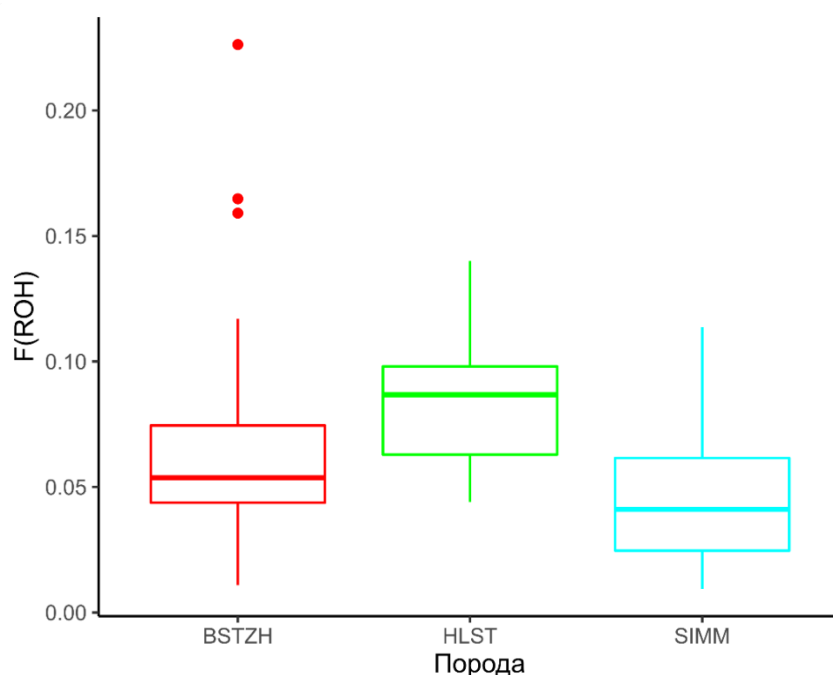


Рисунок 3. Сравнение коэффициентов геномного инбридинга ( $F(\text{ROH})$ ) у исследованных пород  
Figure 3. Comparison of genomic inbreeding coefficients ( $F(\text{ROH})$ ) in the studied breeds

Что касается расчета стандартизированной мультилокусной гетерозиготности  $s\text{MLH}$ , на графике видно, что у исследуемой популяции бестужевского скота значения медианы выше, чем у групп голштинского и симментальского скота, однако у животных симментальской породы значение межквартильного размаха незначительно выше (рис.4).

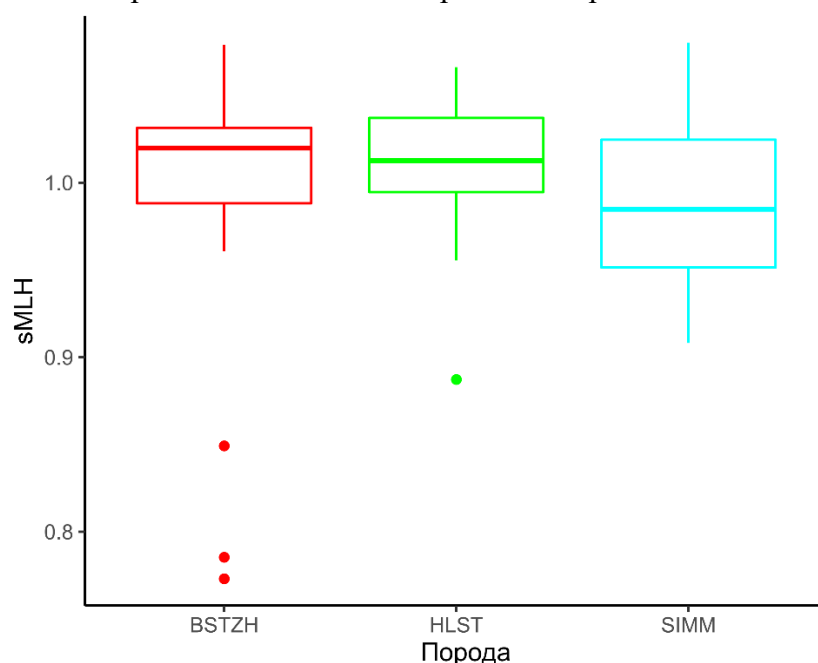


Рисунок 4. Сравнение коэффициентов стандартизированной мультилокусной гетерозиготности ( $s\text{MLH}$ ) у исследованных пород  
Figure 4. Comparison of the coefficients of standardized multilocus heterozygosity ( $s\text{MLH}$ ) in the studied breeds

Необходимо отметить, что в бестужевской породе выявлены животные с чрезвычайно низкими значениями мультилокусной гетерозиготности и высокими значениями геномного инбридинга, что свидетельствует о негативной тенденции близкородственных спариваний в породе ввиду катастрофического снижения ее численности.

Непрерывные гомозиготные участки (runs of homozygosity, ROH) в соответствии с длиной обнаруженных гомозиготных фрагментов распределили на следующие классы: короткие – 0,5 – Мб, средние – 2 – 4 и 4 – 8 Мб, длинные – 8 – 6 и >16 Мб (рис. 5).

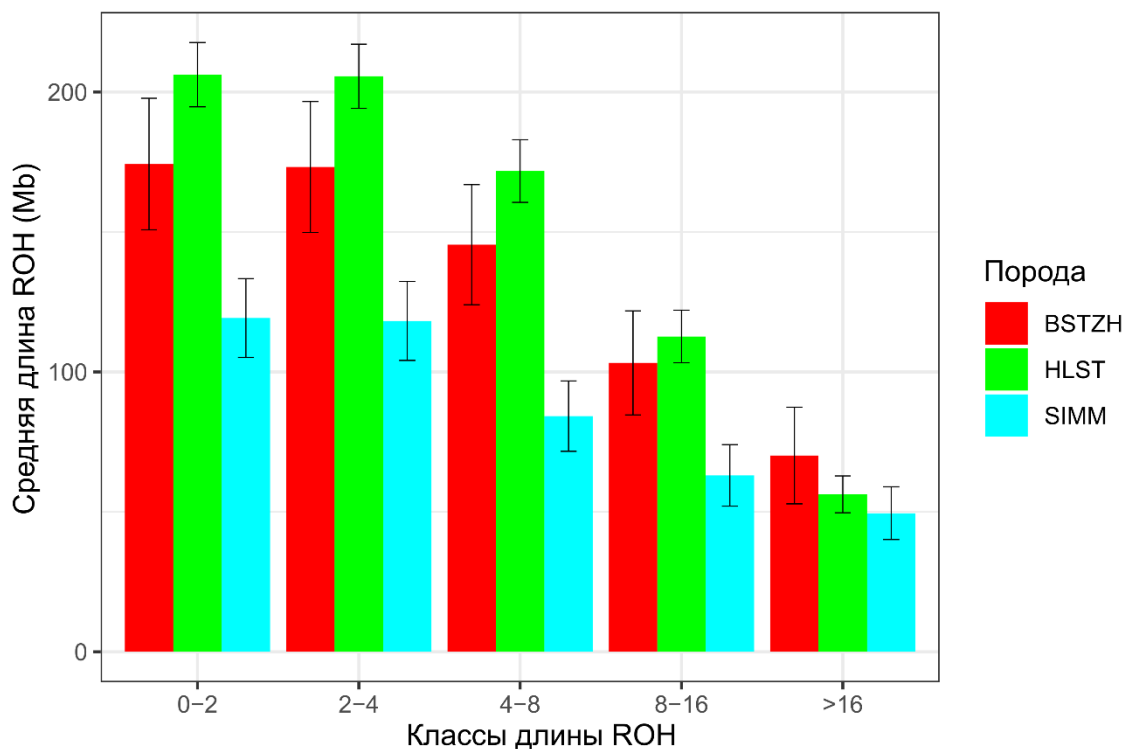


Рисунок 5. Распределение пробегов гомозиготности (ROH) в соответствии с длиной фрагментов по классам у исследованных пород

Figure 5. Distribution of runs of homozygosity (ROH) in accordance with the length of the fragments by classes in the studied breeds

Среднее число и средняя протяженность фрагментов коротких и средних классов длины в бестужевской породе превышали величины аналогичных показателей у симментальской породы и были ниже, чем у животных голштинской породы. Следует отметить, что у животных бестужевской породы обнаружено несколько больше фрагментов длиной более 16 Мб, что может указывать на недавний инбридинг.

**Выводы.** Был проведен анализ чистопородных животных бестужевской породы. Исследования показали, что крупный рогатый скот бестужевской породы обладает более высоким уровнем инбридинга, по сравнению с животными симментальской породы, и более низким, по сравнению с животными голштинской породы. Кроме того, уровень гетерозиготности у животных бестужевской и симментальской породы примерно одинаков, а в сравнении с голштинскими животными значительно выше. У некоторых особей бестужевской породы наблюдаются геномные компоненты, характерные для симментальской, что свидетельствует об общих предках. Однако в целом животные бестужевской породы несут аллели, в значительной степени отличающие их от улучшающих трансграничных пород.

Таким образом, в настоящее время порода представляет собой группу животных, несущих уникальные аллельные сочетания, и может служить в качестве резерва биологического разнообразия. Однако катастрофическое снижение поголовья уже приводит к повышению инбридинга в породе и грозит вырождением или полным исчезновением этой породы в случае, если такая негативная тенденция сохранится в дальнейшем.

### Список источников литературы

1. Солдатов А. П. Бестужевская порода // Полный каталог пород домашних животных. – М.: Эксмо-Пресс, 2001. – С. 18-19. – 128 с.
2. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота. – Миниобзор / Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В. и др. // Сельскохозяйственная Биология. – 2019. – Том 54, № 4. – С. 631-641. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.631rus.
3. Характеристика генетического разнообразия современных и исторических популяций КРС с использованием микросателлитных маркеров / А. С. Абдельманова, А. И. Мишина, В. В. Волкова [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии (Москва, 20–22 ноября 2019 года). – Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина, 2019. – С. 317-319.
4. Francis RM. Pophelper: an R package and web app to analyse and visualize population structure//Molecular Ecology Resources. 2016. Vol 17. №1: Pp. 27-32. doi:10.1111/1755-0998.12509
5. Halder I, Shriver MD. Measuring and using admixture to study the genetics of complex diseases//Human Genomics. 2003. Vol 1. Pp. 52-62 doi:10.1186/1479-7364-1-1-52
6. Jensen H, Bremset EM, Ringsby TH, Saether BE. Multilocus heterozygosity and inbreeding depression in an insular house sparrow metapopulation//Molecular Ecology Resources. 2007. Vol 16. №19. Pp. 4066-4078, doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03452.x
7. Ceballos F, Joshi P., Clark D. et al. Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture//Nature Reviews Genetics. 2018. Vol 19. Pp. 220–234. doi:10.1038/nrg.2017.109
8. Curik I, Ferenčaković M, Sölkner J. Inbreeding and runs of homozygosity: A possible solution to an old problem//Livestock Science. 2014. Vol 166. Pp. 26-34 doi:10.1016/j.livsci.2014.05.034.

### References

1. Soldatov, A.P. (2001), *Bestuzhevskaya poroda*, [Bestuzhevskaya breed] Polnyj katalog porod domashnih zhivotnyh, M.: Eksmo-Press, 128pp. Russian
2. Zinov'eva, NA, Sermyagin, AA, Dotsev, AV, et al. (2019), *Geneticheskie resursy zhivotnykh: razvitie issledovaniy allelofonda rossijskikh porod krupnogo rogatogo skota* [Animal genetic resources: development of studies of the allele pool of Russian cattle breeds - mini-review], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*; 54(4):631-41. Russian, doi: 10.15389 / agrobiology.2019.4.631rus
3. Abdelmanova, A.S., Mishina, A.I., Volkova. V.V., et. al. (2019), *Kharakteristika geneticheskogo raznoobraziya sovremennykh i istoricheskikh populyatsii KRS s ispol'zovaniem mikrosatellitnykh markerov* [Characteristics of the genetic diversity of modern and historical populations of cattle using microsatellite markers] *Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, zootekhnii i biotekhnologii*; 1: pp. 317-319. Russian
4. Francis, R.M. (2016), Pophelper: an R package and web app to analyse and visualize population structure. *Molecular Ecology Resources*; 17(1):27-32. doi: 10.1111/1755-0998.12509
5. Halder, I., Shriver, M.D. (2003), Measuring and using admixture to study the genetics of complex diseases. *Human Genomics*;1:52-62 doi: 10.1186/1479-7364-1-1-52
6. Jensen, H., Bremset, E.M., Ringsby, T.H., Saether, B.E. (2007), Multilocus heterozygosity and inbreeding depression in an insular house sparrow metapopulation, *Molecular Ecology Resources*, 16 (19): 4066 -78. doi: 10.1111/j.1365-294X.2007.03452.x
7. Ceballos, F., Joshi, P., Clark, D. et al. (2018), Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture. *Nature Reviews Genetics*, 19: 220–34. doi: 10.1038/nrg.2017.109
8. Curik, I., Ferenčaković, M., Sölkner, J. (2014), Inbreeding and runs of homozygosity: A possible solution to an old problem, *Livestock Science*, 166:26-34, doi: 10.1016/j.livsci.2014.05.034.

### Сведения об авторах

**Мишина Арина Игоревна** – младший научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, spin-код: 2157-1051, Scopus author ID: 57215082429, Researcher ID: AAV-3810-2021.

**Абдельманова Александра Сергеевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, spin-код: 9320-8756, Scopus author ID: 57214725435, Researcher ID: AAC-3769-2019.

#### Information about the authors

**Arina I. Mishina** – Junior Researcher, Laboratory of Functional and Evolutionary Animal Genomics, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, spin-код: 2157-1051, Scopus author ID: 57215082429, Researcher ID: AAV-3810-2021.

**Aleksandra S. Abdelmanova** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Functional and Evolutionary Genomics, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, spin-код: 9320-8756, Scopus author ID: 57214725435, Researcher ID: AAC-3769-2019.

**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 10.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 09.12.2021 г.; принята к публикации 13.12.2021 г.*

*The article was submitted 10.11.2021; approved after reviewing 09.12.2021; accepted after publication 13.12.2021.*

Научная статья

УДК 636.082.2:798(470+571)

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-87-95

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРЛОВСКОЙ РЫСИСТОЙ ПОРОДЫ В КЛАССИЧЕСКИХ ВИДАХ КОННОГО СПОРТА И ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПОРОДЫ, ВЫСТУПАВШИХ В СПОРТЕ В 2017-2020 гг.

**Марина Александровна Политова**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение ВНИИ племенного дела,  
ул. Ленина, стр.13, пос. Лесные Поляны, Московская область, 141212, Россия;  
politova-marina@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1753-1716>

**Реферат.** Заводчики многих отечественных пород испытывают сложности с реализацией продукции. На фоне роста поддержки орловской рысистой породы увеличилась и численность маточного поголовья. Однако доля лошадей, испытываемых на ипподромах, а также объем финансирования закрытых призов для представителей этой породы остается неизменным, что делает особенно актуальным поиск новой ниши для орловского рысака. Исторически лошади рысистых пород попадали и в классические дисциплины конного спорта (выездка, конкур, троеборье), а развитие упряжного спорта (драйвинга) под эгидой Федерации конного спорта России открыло им еще одну потенциальную рыночную нишу. Поэтому вопрос пригодности современной популяции орловской рысистой породы для использования вне ипподромных испытаний представляется актуальным. В работе проанализирована история использования орловских рысаков в классических видах конного спорта с учетом динамики численности представителей породы, представлена характеристика популяции спортивных лошадей



орловской рысистой породы, выступавших в 2017-2020 гг. в России, проведен анализ представительства породы в разных дисциплинах. Было установлено, что численность лошадей в классических видах конного спорта существенно возросла за последние 30 лет, значительное количество животных стартует не в одной, а сразу в нескольких дисциплинах. Однако преобладающим направлением спортивного использования орловского рысака является преодоление препятствий, где представители породы занимают среднюю нишу и в полной мере отвечают потребностям спортсменов-любителей. Установлено, что прохождение беговых испытаний не дает преимуществ при последующем использовании рысаков в олимпийских конно-спортивных дисциплинах, а среди спортивных лошадей преобладают животные, не поступавшие на ипподромы.

**Ключевые слова:** коневодство, спортивная работоспособность, орловская рысистая порода, конный спорт

**Цитирование.** Политова М.А. Перспективы использования орловской рысистой породы в классических видах конного спорта и характеристика современных представителей породы, выступавших в спорте в 2017-2020 гг. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 87-95. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-87-95

**Благодарности.** Автор благодарит ассоциацию «Росплеконзавод» за поддержку проекта «Орловский рысак в спорте», портал Equestrian.ru и лично Александра Кочетова и Екатерину Штатнову, а также ФГБНУ ВНИИ коневодства в лице Г.В. Калинкиной за предоставление материалов.

## PROSPECTS FOR USING OF ORLOVSKAYA TROTTER BREED IN CLASSIC EQUESTRIAN SPORTS AND CHARACTERISTICS OF MODERN SPORT PERFORMERS IN 2017-2020

**Marina A. Politova**

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Breeding,  
st. Lenin p. 13, Lesnye Polyany, Moscow region settlement, 141212, Russia;  
politova-marina@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1753-1716>

**Abstract.** Horse-breeders of many domestic breeds are experiencing difficulties with the sale of products. Against the background of growing support for the Orlovskaya trotter breed, the number of breeding stock has also increased. However, the share of horses tested at racetracks, as well as the amount of funding for closed prizes for representatives of this breed, remains unchanged, which makes it especially relevant to search for a new niche for the Orlovskaya trotter. Historically, horses of trotting breeds also fell into the classical disciplines of equestrian sports (dressage, show jumping, triathlon), and the development of dog sledding (driving) under the auspices of the Russian Equestrian Federation has opened up another potential market niche for them. Therefore, the question of the suitability of the modern population of the Orlovskaya trotter breed for use outside the hippodrome trials seems to be relevant. The paper analyzes the history of the use of Orlovskaya trotters in classical equestrian sports, taking into account the dynamics of the number of representatives of the breed, presents the characteristics of the population of sports horses of the Orlovskaya trotting breed, which performed in 2017-2020. In Russia, the analysis of the breed representation in different disciplines was carried out. It was found that the number of horses in classic equestrian sports has increased significantly over the past 30 years, a significant number of animals start not in one, but in several disciplines at once. However, the predominant direction of sports use of the Orlovskaya trotter is overcoming obstacles, where the representatives of the breed occupy the middle niche and fully meet the needs of amateur athletes. It was found that passing the cross-country

tests does not provide any advantages for the subsequent use of trotters in the Olympic equestrian disciplines, and among sports horses, animals that have not entered the racetrack prevail.

**Keywords:** horse breeding, sports performance, Orlovskaya trotting breed, equestrian sport

**Citation.** Politova, M.A. (2021), “Prospects for the use of the Orlovskaya trotting breed in classical equestrian sports and the characteristics of modern representatives of the breed who performed in sports in 2017-2020”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 87-95, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-87-95

**Acknowledgments.** The author thanks the Rosplemkonzavod association for supporting the Orlovskaya trotter in sport project, the Equestrian.ru portal and personally Alexander Kochetov and Ekaterina Shtatnova, as well as the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Horse Breeding, represented by G.V. Kalinkina for providing the materials.

**Введение.** Орловская рысистая порода играла роль основного улучшателя массового коневодства в большинстве регионов СССР, и в 1985 году в стране насчитывалась 51 тысяча чистопородных лошадей, в том числе 20 тысяч кобыл. В ходе экономических реформ конца прошлого века орловский рысак утратил значение улучшателя местного поголовья и основным направлением использования в настоящее время являются ипподромные испытания.

Численность орловских рысистых лошадей на ипподромах страны в среднесрочной ретроспективе не претерпела значительных изменений: в 2012 г. на дорожки страны выходили 1165 орловцев, в 2020 году – 1187. Несмотря на рост абсолютного объема разыгрываемых на ипподромах призовых сумм (с 2012 по 2019 гг. почти в четыре раза – рис. 1), их доля, приходящаяся на традиционные орловские призы, возросла в абсолютном выражении всего в два раза. Это свидетельствует о снижении доли орловцев в призовой поддержке бегового сектора.

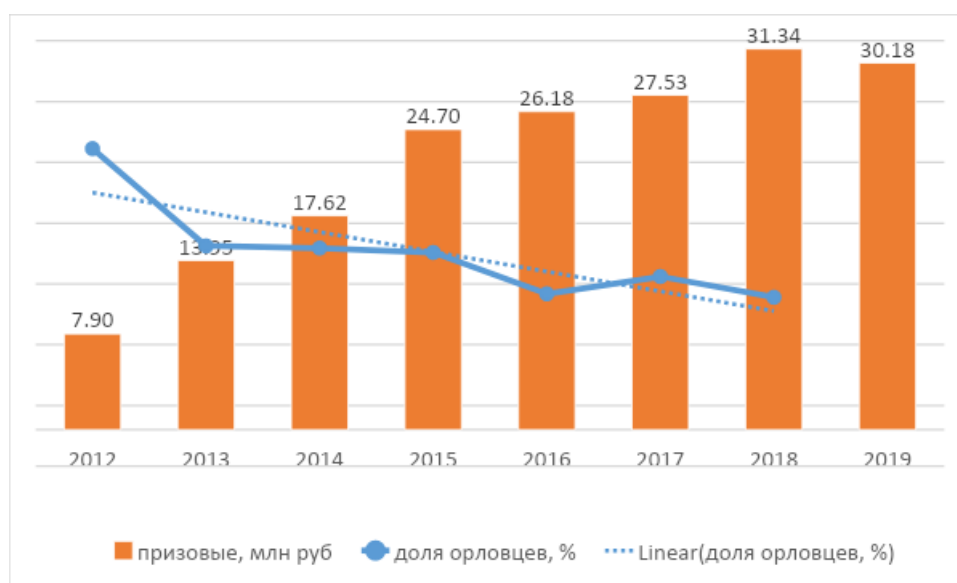


Рисунок 1. Разыгранные призовые суммы и их доля, приходящаяся на традиционные орловские призы  
 Figure 1. Prize-winning sums and the share of traditional prizes for Orlov Trotters

Параллельно растет маточное поголовье орловской рысистой породы: на 01.01.2021 года она составила 2132 головы (+8% к 2019 году). Доля же молодняка, поступающего на ипподромные испытания в 2-летнем возрасте, остается неизменной – на уровне 33-34% [2]. Поэтому хозяйства нередко испытывают сложности с реализацией молодняка. В то же время растущим направлением использования лошадей является спортивно-досуговое направление: с 2010 года численность лошадей, используемых для конного спорта и верховой езды, составляет ориентировочно 14 тыс. голов, а в перспективе эксперты ожидают роста в этом секторе до 45 тысяч [1].

**Цель исследования** – изучить перспективы использования орловского рысака в классических видах конного спорта в качестве возможного сектора использования лошадей этой отечественной породы.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом послужили результаты выступлений лошадей в спорте, собранные автором в 1995-2000 гг., каталоги стартовавших лошадей, выпущенные ВНИИ коневодства в 1991-2006 гг. [3], а также технические результаты турниров 2017-2020 гг., предоставленные конно-спортивным информационным порталом «Эквестриан» [4]. В стартовых протоколах, как представители орловской рысистой породы, были заявлены более 700 лошадей, после верификации данных в базе ВНИИ коневодства (ИПС «Кони-3», [5]) в выборке осталось 306 чистопородных орловских рысаков. По каждой лошади были учтены: пол, возраст, хозяйство, год рождения, линия отца и матери, дисциплина конного спорта, уровень сложности (категория турнира). Данные были обработаны общепринятыми методами вариационной статистики.

**Результаты исследований.** Появление множества частных конюшен после окончания экономических реформ 1990-х годов способствовало развитию конного спорта. Если в 1995 году в спорте выступало 170, 90 и 89 лошадей в выездке, троеборье и конкуре, соответственно, то к 2000 году численность спортивных лошадей вернулась к показателям середины 80-х годов: 178 лошадей выступало в выездке, 194 – в троеборье, более 600 гол. - в конкуре [3] (показатели 1985 года составляли: 193, 207 и 296 гол. – соответственно [6]). В первую очередь такой рост обеспечили любительские старты на небольших высотах, для участия в которых всаднику не требуется высококлассная лошадь специализированной спортивной породы.

Такое положение в конном спорте сохраняется и сейчас: большинство региональных соревнований в конкуре проходит по высотам 100-115 см. Этим можно объяснить факт постоянного увеличения представительства орловской рысистой породы в конном спорте: с единиц в 1995 году до свыше 30 голов в 2000-м. В 2003 году была предложена методика подготовки лошадей рысистых пород для использования в детском конном спорте [7]. Апробация данной системы, по мнению автора, на практике показала эффективность в переподготовке рысаков, прошедших заводской и ипподромный тренинг, а также возможность адаптации лошадей к воздействиям, связанным с их использованием в конном спорте. К началу 20-х годов XXI века представительство орловского рысака в конном спорте увеличилось на порядок. Преобладающая часть из выступавших в 2017-2020 гг. лошадей (36 голов, 11,8%) рождена в 2011 году. При этом достаточно широко представлены в выборке и лошади молодого возраста, что свидетельствует о постоянном поступлении в спорт нового ремонта, и лошади старшего (15-20 лет) возраста, что отражает достаточное спортивное долголетие породы [8].

В то время как лошади русской верховой породы, выступающие в спорте в 2017-2020 гг., примерно поровну распределились по полу между жеребцами (32,3%), кобылами (32,7%) и мериными (35%) [9], среди орловских рысаков на долю кобыл приходится 24,8% выступавших, жеребцы и мерины занимают примерно равное положение (36,3 и 38,9%). Объяснить это, вероятно, можно преимущественным поступлением кобыл в производящий состав.

Преобладающее число орловцев стартует в конкуре – 214 голов (69,9%). Такая специализация отмечалась и ранее. Примечательно, что уже более трети животных выступает в выездке (36,3%, 111 голов), а 25% лошадей совмещает старты не менее чем в двух

дисциплинах: преобладающее число совмещают конкур и выездку (табл. 1). Исключительно под детьми (тип «кавалетти») выступает лишь 4 головы (1,3%). В трех дисциплинах одновременно стартуют семь лошадей (2,3%).

Семь орловских рысаков выступает в драйвинге, еще шесть сочетают выступление в спортивной экипажной езде со стартами в других дисциплинах. Восемнадцать представителей породы стартуют в дистанционных пробегах, вплоть до самых длинных дистанций – 80 и 120 км (5 голов), из них половина совмещают старты в пробегах с выступлениями в конкуре (5 голов) или с двумя другими дисциплинами (конкур+выездка).

Таким образом, распределение по дисциплинам подтверждает универсальность орловской рысистой лошади, позволяющую использовать ее одновременно для нескольких целей – от рекреационной езды до стартов на разных турнирах.

Таблица 1. Распределение лошадей орловской рысистой породы по дисциплинам конного спорта  
 Table 1. Distribution of Orlov trotters by equestrian disciplines

Дисциплины	Количество, гол.	Доля, %
Конкур	154	50,2
Конкур+троеборье	7	2,3
Конкур+выездка	43	14,0
Выездка+троеборье	1	0,3
Выездка	58	18,9
Конкур+выездка+пробеги	2	0,7
Пробеги	9	2,9
Конкур+пробеги	5	1,6
Конкур+выездка+троеборье	2	0,6
Выездка+драйвинг	4	1,3
Драйвинг	7	2,3
Выездка+пробеги	2	0,7
Конкур+выездка+драйвинг	2	0,6
Троеборье	2	0,6
Конкур+дети	4	1,3
Выездка+дети	1	0,3
Дети	4	1,3

Анализируя характеристики орловских рысаков, выступающих в конкуре и выездке, мы оценили уровень сложности турниров. В соревнованиях по преодолению препятствий лошади орловской рысистой породы выступают преимущественно на высотах 100-110 см (54,8%), а в целом на любительском уровне (препятствия до 120 см) стартует 92,1% орловцев. Это вполне соответствует предполагаемой рыночной нише – для массового, любительского и детского конного спорта. Однако обращает на себя внимание и тот факт, что почти каждая десятая лошадь достигла более высокого уровня (табл. 2).

Эксперименты с использованием крови рысистых пород проводились и в вестфальской породе, оставив след в конкурном направлении породы [10], маточное семейство рысистой кобылы 1840 Lindauway укоренилось и в ольденбургской породе [11].

Вопросы техники прыжка лошадей, несущих кровь рысистых пород, изучались и российскими авторами [12].

**Таблица 2. Распределение лошадей орловской рысистой породы, выступающих в конкуре, по сложности маршрутов**  
**Table 2. Distribution of horses of the Orlov trotting breed, performing in show jumping, according to the complexity (level)**

Высота препятствий, см	Кол-во, гол.	Доля, %
До 40	7	3,26
45	1	0,47
60	6	2,79
70	7	3,26
80	27	12,56
90	14	6,51
95	3	1,40
100	57	26,51
105	5	2,33
110	56	26,05
115	7	3,26
120	8	3,72
125	1	0,47
130	8	3,72
135	2	0,93
140	6	2,79

Лошади, стартующие исключительно в выездке, распределились по уровню сложности езды следующим образом (табл. 3). Каждый десятый орловский рысак, специализирующийся на выездке, выступает в ездах S-уровня (Малый приз и выше).

**Таблица 3. Распределение лошадей орловской рысистой породы, выступающих в выездке, по уровню сложности**  
**Table 3. Distribution of horses of the Orlov trotting breed, performing in dressage, according to the complexity (level)**

Езды	Кол-во, гол.	Доля, %
А (начальный уровень)	19	16,5
Детские езды	69	59,5
Юношеские езды	20	17,2
Малый приз	4	3,4
Средний приз	3	2,6
Большой приз	1	0,9

В полукровном спортивном коневодстве обсуждается значимость ипподромных испытаний для последующего спортивного использования, поэтому представлялось интересным изучить долю испытанных среди орловских рысаков, и она составила 19,5%, то есть четыре из пяти орловских рысаков поступают в спорт, минуя испытания. Этому есть два объяснения: они рождены в хозяйствах, изначально не нацеленных на производство лошади для бегового спорта, либо их перспективы на ипподроме оцениваются как низкие. Мы оценили также распределение испытанных лошадей по проявленной резвости (табл. 4).

Таблица 4. Распределение испытанных на ипподромах спортивных лошадей по резвости на 1600 м

Table 4. Distribution of sports horses tested at racetracks (pace on 1600 m)

Группа по резвости	Кол-во, гол.	Доля, %
Резвее 2.10	10	16,7
2.10-2.15	12	20,0
2.15-2.20	6	10,0
2.20-2.30	8	13,3
2.30-2.40	9	15,0
2.40-2.50	8	13,3
Прочие	7	11,7

Анализ показал, что даже лошади, испытанные на ипподромах, не всегда оказываются востребованными в племенной работе с орловским рысаком, поэтому их поступление в верховой тренинг является достойной альтернативой. Эти факты косвенно свидетельствуют об отсутствии реального спроса бегового спорта на лошадь орловской породы.

При этом обращает на себя внимание тот факт, что ни одна из лошадей, достигших высшего уровня в спорте, не участвовала в ипподромных испытаниях, что вновь поднимает вопрос о необходимости более точной оценки влияния тренинга на резвость на последующую карьеру в спорте.

Известный специалист по генеалогии полукровных спортивных пород Клаус Шридде отмечает [13], что кровь рысистых пород в родословной конкурных лошадей часто оказывается «секретным рецептом», однако предубеждение племенных союзов к рысакам сохраняется и объясняется в первую очередь принципиально отличной от классического конного спорта целью селекционной работы.

**Выводы.** Орловская рысистая порода на фоне роста численности маточного поголовья не находит пропорционального увеличения спроса на ипподромах страны, поэтому поиск альтернативных видов использования представляется актуальным. Разносторонность породы в предыдущие периоды позволяла использовать ее представителей под седлом, и в истории отечественного конного спорта были орловские рысаки, выступающие на международном и олимпийском уровне в классических дисциплинах. С развитием конного спорта, в первую очередь любительского, возрос запрос на простую в обращении и неприхотливую лошадь, способную выступать на соревнованиях начального и среднего уровня. Мы проанализировали динамику представительства орловской рыистой породы в спорте и констатировали кратное увеличение численности рысаков в классических дисциплинах. В 2017-2020 гг. в соревнованиях участвовали более трехсот орловцев, при этом около четверти лошадей стартует в нескольких дисциплинах. Численность орловских рысаков в наиболее отвечающей селекционным целям дисциплине – экипажном спорте – невелика, однако это связано с низкой популярностью драйвинга в России. В то же время преобладающее большинство (около 70%) орловских рысаков выступают в соревнованиях по преодолению препятствий.

Изучению факторов, определяющих результативность орловской рыистой породы в спорте, и влиянию ипподромных испытаний на последующую спортивную карьеру будут посвящены дальнейшие исследования.

#### Список источников литературы

1. Проект Стратегии развития коневодства Российской Федерации на период до 2025 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mcx.gov.ru/upload/medialibrary/ffb/1>. (дата обращения: 12.10.2021).

2. Рождественская Г.А., Калинкина Г.В., Орлова Ю.А., Крешихина В.В. Генетическая структура орловской рысистой породы лошадей. Современные мужские линии //Коневодство и конный спорт. – 2019. – № 5. – С. 7-10.
3. Информационный конно-спортивный портал equestrian.ru. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.equestrian.ru/sport/> (дата обращения: 12.10.2021).
4. ИПС Кони-3, доступ по: <http://base.ruhorses.ru/horses/15/ru>
5. Политова М. Работоспособность лошадей различных пород в классических видах конного спорта//Коневодство на пороге XXI века: Тезисы докладов конференции молодых ученых и аспирантов. – Дивово, 2001. – С. 39-40.
6. Каталог лошадей, выступавших в классических видах конного спорта в 1991-2004 гг. – Москва-Дивово, 2006. – 1323 с.
7. Кривулина Н.В. Адаптация рысаков к тренингу и занятиям конным спортом с детьми в условиях Архангельской области // Проблемы и научное обеспечение отрасли коневодства Европейского Севера РФ: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию возрождения мезенской лошади. – Архангельск, 2003.– 113 с.
8. Politova M. Orlov Trotter in the Equestrian Sport, History and actual situation//DOI: 10.13140/RG.2.2.35352.32003.
9. Политова М.А. Работоспособность лошадей русской верховой породы в выездке в 2017-2020 гг. и факторы, ее определяющие // Коневодство и конный спорт. – 2021. – № 5. – С. 31-33.
10. Schridde, C., Geschätzt und gefürchtet: Traberblut in der Springpferdezucht//Züchterforum, 2006. – Nr. 10 – S. 12.
11. Schridde, C., Geheimnis Traberstamm – Wurzeln bis 1840. Diarons exotische Familie//Züchterforum, 2017. – Nr. 10. – S. 67-70.
12. Горбовская Т. Биомеханика прыжка помесей орловской рысистой породы//Аграрный вестник Урала. – 2009. – №10 (64). – С. 54-56.
13. Schridde C., Traber in Warmblutzuchten// Züchterforum, 2017. – Nr. 10. - p. 71-73.

### References

1. Draft Strategy for the Development of Horse Breeding in the Russian Federation for the Period up to 2025, (2021), available at: <https://mcx.gov.ru/upload/medialibrary/ffb/1>. (Accessed 21 October 2021).
2. Rozhdestvenskaya, G.A., Kalinkina, G.V., Orlova and Yu.A., Kreshikhina, V.V. (2019), “Genetic structure of the Orlov trotting horse breed. Modern male lines”, *Konevodstvo i konnyi sport*. no. 5. pp. 7-10.
3. Informational equestrian sports portal, *equestrian.ru*. available at: <https://www.equestrian.ru/sport/> (Accessed 21 October 2021).
4. Database IPS “Koni-3”, available at: <http://base.ruhorses.ru/horses/15/ru> (Accessed 21 October 2021).
5. Politova, M. (2001), “Efficiency of horses of various breeds in classical equestrian sports”, *Konevodstvo na poroge XXI veka, Tezisy dokladov konferentsii molodykh uchenykh i aspirantov* [Horse breeding on the threshold of the XXI century, Abstracts of the conference of young scientists and graduate students], Divovo, pp. 39-40.
6. Catalog of horses competed in classic equestrian sports in 1991-2004, (2006), Moscow-Divovo, 1323 p.
7. Krivulina, N.V., (2003), “Adaptation of trotters to training and equestrian sports with children in the Arkhangelsk region”, *Problemy i nauchnoe obespechenie otrasli konevodstva Evropeiskogo Severa RF: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchenoi 10-letiyu vrozozhdeniya mezenskoi loshadi*, [Problems and scientific support of the horse breeding industry in the European North of the Russian Federation: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the rebirth of the Mezen horse], Arkhangelsk, 113 p.
8. Politova, M., “Orlov Trotter in the Equestrian Sport, History and actual situation”, doi: 10.13140/RG.2.2.35352.32003.
9. Politova, M.A., (2021), “Efficiency of horses of the Russian riding breed in dressage in 2017-2020 and the factors that determine it”, *Konevodstvo i konnyi sport*, no. 5, pp. 31-33.
10. Schridde, C., (2006), “Geschätzt und gefürchtet: Traberblut in der Springpferdezucht“, *Züchterforum*, no. 10, p.12

11. Schridde, C., (2017), “Geheimnis Traberstamm – Wurzeln bis 1840, Diarons exotische Familie“, *Züchterforum*, no. 10, p. 67.
12. Gorbovskaya, T., (2009), “Jumping biomechanics of the halfblood Orlov trotters”, *Agrarian Bulletin of the Urals*, no.10 (64), P. 54-56.
13. Schridde, C., (2017), “Traber in Warmblutzuchten“, *Züchterforum*, no. 10, pp. 71-73.

#### Сведения об авторе

**Политова Марина Александровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, spin-код: 6085-6760.

#### Information about the author

**Marina A. Politova** – PhD in Agricultural Sciences, senior researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All Russian Research Institute of animal breeding», spin-code: 6085-6760.

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Author’s contribution.** The authors of this research paper had directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. This paper has been read and approved the final version submitted.

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

*Статья поступила в редакцию 18.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 26.11.2021 г.; принята к публикации 03.12.2021 г.*

*The article was submitted 18.10.2021; approved after reviewing 26.11.2021; accepted after publication 03.12.2021.*

Научная статья

УДК 636.1

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-95-102

## ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ И ИХ ВОСПОЛНЕНИЕ ЗА СЧЕТ РАЦИОНА У ЛОШАДЕЙ В КЛАССИЧЕСКИХ ВИДАХ КОННОГО СПОРТА

**Ольга Геннадьевна Шараськина<sup>1</sup>, Татьяна Николаевна Головина<sup>2</sup>,  
Елена Александровна Назарова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», ул. Черниговская, д.5, Санкт-Петербург, 196084, Россия; xmause@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4984-5114>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Санкт-Петербург, г. Пушкин, 196601, Россия; konikurs@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3806-3328>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, Петербургское шоссе, д.2, Санкт-Петербург, г. Пушкин, 196601, Россия; nazarovaelena30091976@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6038-5972>



**Реферат.** Затраты энергии на выполнение работы определяют нормы потребности лошади в энергии, которые должны быть обеспечены рационом.

Целью исследования являлась апробация метода определения уровня затрат энергии с учетом средней частоты сердечных сокращений в процессе работы с лошадьми, используемыми в различных дисциплинах классических видов конного спорта при одинаковом уровне нагрузки. Для этого был проведен сравнительный анализ лошадей, используемых в конкуре (КЛ) и выездке (ВЛ), по массе тела, упитанности, уровню энергозатрат и обеспеченности энергией за счет рациона.

В результате проведенных исследований выявили, что средняя живая масса ВЛ ( $652,5 \pm 60,85$  кг) была достоверно ( $p = 0,015$ ) выше живой массы КЛ ( $575,86 \pm 51,31$  кг). Упитанность ВЛ ( $6,33 \pm 0,82$ ) лошадей также была достоверно ( $p = 0,008$ ) выше, чем у КЛ ( $5,28 \pm 0,49$ ). Затраты энергии на работу средней тяжести составили: у ВЛ –  $2,3 \pm 0,6$  МДж/100 кг ж.м./час, у КЛ –  $2,43 \pm 1,06$  МДж/100 кг ж.м./час и не имели достоверных различий, как и продолжительность рабочих нагрузок. Несмотря на то, что затраты энергии в ходе работы у лошадей в обеих группах были примерно одинаковые, содержание обменной энергии (ОЭ) на 100 кг ж.м. в рационах ВЛ было достоверно ( $p = 0,015$ ) выше, чем у КЛ. Разница в потреблении энергии составила более 10%. При среднем уровне рабочих нагрузок рацион КЛ с содержанием ОЭ –  $20,94 \pm 1,71$  МДж/100 кг ж.м. – обеспечивает выполнение работы и позволяет поддерживать нормальную упитанность; у ВЛ при ОЭ –  $23,63 \pm 0,87$  МДж/100 кг ж.м. – позволяет поддерживать упитанность выше средней.

**Ключевые слова:** кормление лошадей, рацион, обменная энергия, кондиции, рабочая нагрузка, конкур, выездка

**Цитирование.** Шараськина О.Г., Головина Т.Н., Назарова Е.А. Затраты энергии на выполнение работы и их восполнение за счет рациона у лошадей в классических видах конного спорта // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(65). – С. 95-102. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-95-102

## ENERGY CONSUMPTION FOR THE WORK AND ITS REPLENISHMENT WITH THE DIET IN HORSES USED IN OLYMPIC EQUESTRIAN DISCIPLINES

**Olga G. Sharaskina<sup>1</sup>, Tatyana N. Golovina<sup>2</sup>, Elena A. Nazarova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State University of Veterinary Medicine", xmause@mail.ru, St. Petersburg, Chernigovskaya st., 5, xmause@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4984-5114>

<sup>2</sup>St. Petersburg State Agrarian University, konikurs@mail.ru, 196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2, konikurs@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3806-3328>

<sup>3</sup>St. Petersburg State Agrarian University, konikurs@mail.ru, 196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2 nazarovaelena30091976@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6038-5972>

**Abstract.** Energy expenditures for work determine the rate of energy requirements for the horse that must be supplied by the diet. The aim of the study was to test the method for determining the level of energy consumption, taking into account the average heart rate during work, by horses used in various Olympic disciplines at the same work level. A comparative analysis of body weight, fatness, level of energy consumption and energy supply from the diet of horses used in show jumping (КЛ) and dressage (ВЛ) was carried out.

As a result of the conducted studies, it was found that the live weight of the ВЛ ( $652.5 \pm 60.85$  kg) was significantly ( $p = 0.015$ ) higher than the live weight of the КЛ ( $575.86 \pm 51.31$  kg). The body

condition score of the ВЛ ( $6.33 \pm 0.82$ ) of horses was also significantly ( $p = 0.008$ ) higher than that of the КЛ ( $5.28 \pm 0.49$ ). The average energy consumption for moderate work was: in ВЛ group -  $2.3 \pm 0.6$  MJ/100kg

BW/hour, in КЛ -  $2.43 \pm 1.06$  MJ/100 kgBW/hour and hadn't significant differences, the same results with the duration of workloads. The energy expenditures for work in horses in both groups were approximately the same, but the content of metabolic energy (ME) per 100 kgBW in the ВЛ diets was significantly ( $p = 0.015$ ) higher than in КЛ. The difference in energy consumption was over 10%. With the moderate level of workloads, the ration of КЛ had the ME content  $20.94 \pm 1.71$  MJ/100 kgBW – this ensures work performance and allows to maintain normal (moderate) body condition; ВЛ had ME -  $23.63 \pm 0.87$  MJ/100 kgBW – that allows maintaining body condition score above the normal (moderately fleshy, flashy).

**Keywords:** horse feeding, energy requirements, metabolizable energy, body condition score, energy consumption, show jumping, dressage

**Citation.** Sharaskina, O.G., Golovina, T.N., and Nazarova E.A. (2021), “«Energy consumption for the work and its replenishment with the diet in horses used in olympic equestrian disciplines”», *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 95-102, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-95-102

**Введение.** Затраты энергии на выполнение работы определяют нормы потребности лошади в энергии, которые должны быть обеспечены рационом. Тяжесть и интенсивность работы является одним из основных факторов, учитываемых при составлении рационов спортивных лошадей. Уровень затрат энергии в процессе спортивного использования лошадей в классических видах на практике чаще всего определяется «на глаз», с учетом общего времени, затрачиваемого на работу, виду работы (прыжки и их количество; выполнение сложных элементов в выездке; работа в полях и т.п.) и видимых признаков утомления лошади (потоотделение, дыхание, снижение активности, скорости восстановления после работы и т.п.). Использование объективных методов контроля уровня рабочих нагрузок, таких как работа с трекерами, пульсометрами, регулярный контроль физиологических показателей, используется крайне ограниченно. И даже в случае их использования, отсутствие доступной возможности сопоставить полученные результаты с конкретными рекомендациями по определению затрат энергии с учетом полученных показаний и их восполнению с рационом, снижают заинтересованность в применении объективных методов контроля. Рекомендации для определения уровня рабочих нагрузок в рабоче-пользовательском коневодстве определены в зависимости от пройденного пути, скорости, силы тяги и т.д. Для спортивных лошадей рекомендаций по определению уровня рабочей нагрузки, а также норм кормления с учетом изменяющейся тяжести спортивной нагрузки в нормативных справочных изданиях не приводится [1].

Одним из наиболее объективных методов определения уровня рабочих нагрузок, широко используемых в зарубежной практике, является метод учета среднего значения частоты сердечных сокращений в процессе работы [2,3,4]. Но для понимания уровня затрат энергии на выполнение работы разной интенсивности необходимо понимать, как на него влияет вид работы, продолжительность тренировки и индивидуальные особенности лошади.

**Цель исследования** – апробация метода определения уровня затрат энергии с учетом средней частоты сердечных сокращений (ЧСС) в процессе работы лошадьми, используемыми в различных дисциплинах классических видов конного спорта при одинаковом уровне нагрузки. В задачи исследования входило: определение уровня рабочих нагрузок по ЧСС у лошадей выездкового и конкурного направления; сравнительный анализ лошадей разных групп по массе тела, упитанности, уровню энергозатрат и обеспеченности энергией за счет рациона.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом для исследования послужили лошади, используемые в классических видах конного спорта, принадлежащие

спортивным школам, а также частным коневладельцам. В исследовании использовались лошади, проходящие подготовку и выступающие на уровне от Малого до Большого приза в выездке ( $n = 12$ ), а также проходящие подготовку на маршрутах от 120 см и выше в конкуре ( $n = 15$ ). Для оценки показателей энергетических затрат лошадей оценивали в период нагрузок средней интенсивности.

Оценку питательных характеристик рационов осуществляли, учитывая общее количество потребляемого корма каждой лошади. Взвешивали корма перед скармливанием и учитывали несъеденные остатки корма. Для определения питательных характеристик кормов проводили отбор средней пробы согласно общепринятой методике [15]. Химический состав кормов определяли с помощью NIRS (спектроскопия ближнего инфракрасного отражения) на приборе SpectraStar (UnityScientific). Содержание обменной энергии определяли расчетным путем по общепринятой методике [1]. Для определения затрат энергии в процессе выполняемой работы учитывали время работы и данные частоты сердечного ритма (ЧСС). Для этого работа лошадей проводилась с использованием кардиомонитора Polar M400 с датчиком ЧСС H10 и многофункционального монитора Seaver (Франция) с датчиком ЧСС. Для оценки затрат энергии по ЧСС использовали следующее уравнение [2]:

$$\text{использование кислорода (мл } O_2/\text{кг ж.м./мин)} = 0,0019 \times (\text{средняя ЧСС})^{2,0653}.$$

Один литр  $O_2$ , использованного в процессе работы, равен 4,86 ккал [3].

Массу лошадей определяли по промерам с помощью специальной мерной ленты [6]. Оценку упитанности проводили по 9-балльной шкале Хеннеке [7].

Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы Statistica 13 (StatSoft.ru). Определяли среднее значение признака (M), стандартное отклонение (SD). Оценку достоверности проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Достоверным считали результат при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Живая масса исследуемых лошадей из группы выездки в среднем составила  $652,5 \pm 60,85$  кг и была достоверно ( $p = 0,015$ ) выше живой массы конкурных лошадей ( $575,86 \pm 51,31$  кг).

Упитанность КЛ колебалась в диапазоне от 4 до 6 баллов по шкале Хеннеке. Основная масса лошадей имела кондиции на 4 – 5 баллов, а среднее значение составило  $5,28 \pm 0,49$ . В группе ВЛ кондиции исследуемых лошадей находились в диапазоне от 5 до 8 баллов, что в среднем составило  $6,33 \pm 0,82$ . Различия в кондициях лошадей КЛ и ВЛ группы имели достоверную разницу ( $p = 0,008$ ).

Рабочие нагрузки, выполняемые лошадьми, оценивались по продолжительности рабочего процесса, а также по средней ЧСС в процессе выполняемой работы, которая у ВЛ составила  $85,54 \pm 10,25$  уд/мин., а у КЛ –  $86,71 \pm 15,35$  уд/мин.

Продолжительность работы у конкурных и выездковых лошадей не имела существенных различий. Рабочее время в среднем составляло около одного часа (табл.).

Таблица. Результаты проведенных исследований (M±SD)  
 Table. Results of the conducted studies (M±SD)

Показатель	Дисциплина	
	Выездка	Конкур
Живая масса, кг	$652,5 \pm 60,85^{**}$	$575,86 \pm 51,31^{**}$
Кондиции, балл	$6,33 \pm 0,82^*$	$5,28 \pm 0,49^*$
Время работы, мин.	$60,33 \pm 14,65$	$58,71 \pm 8,01$
Сухое в-во, кг/100 кг ж.м.	$2,6 \pm 0,23$	$2,42 \pm 0,19$
Содержание ОЭ в рационе, МДж/100 кг ж.м.	$23,63 \pm 0,87^{**}$	$20,94 \pm 1,71^{**}$
Использование $O_2$ , мл/кг ж.м./мин	$18,86 \pm 4,9$	$19,92 \pm 8,72$
Затраты энергии на работу, Ккал/100 кг ж.м./час	$549,97 \pm 143,01$	$580,74 \pm 254,27$

\* $p \leq 0,008$ ; \*\* $p \leq 0,015$

Оценка состава рационов, с учетом поедаемости отдельных видов кормов, показала, что ежедневное потребление сухого вещества в обеих группах не имела достоверных различий. Но в группе КЛ среднее содержание сухого вещества (СВ) в рационе было немного ниже, чем у ВЛ, и составляло  $2,42 \pm 0,19\%$ , а у ВЛ –  $2,6 \pm 0,23\%$ .

Несмотря на то, что затраты энергии в ходе работы у лошадей в обеих группах были примерно одинаковые, что подтверждается результатами оценки использования кислорода во время работы и фактическим затратами энергии на 100 кг живой массы (табл.), содержание обменной энергии на 100 кг ж.м. в рационах ВЛ было достоверно ( $p = 0,015$ ) выше, чем у КЛ. Разница в потреблении энергии составила более 10%.

Затраты энергии на работу при переводе их значения в мегаджоули составило: у ВЛ –  $2,3 \pm 0,6$  МДж/100 кг ж.м./час, у КЛ –  $2,43 \pm 1,06$  МДж/100 кг ж.м./час. Таким образом, средний расход энергии на выполнение работы средней интенсивности от общего количества обменной энергии (ОЭ), поступающей с рационом, составил: у ВЛ – 9,73%, а у КЛ – 11,6%.

Сравнение результатов оценки рабочих нагрузок по среднему ЧСС и продолжительности работы (как наиболее объективному методу) с результатами тестирования тренеров и спортсменов на определение степени тяжести выполняемой лошадью работы показало, что при субъективной оценке (тренер/спортсмен) нагрузка превышалась в 13% случаев, а занижалась в 5% случаев.

Нормы кормления спортивных лошадей предусматривают наличие в составе рациона от 2,2% (период отдыха) до 2,5% (период выступлений) СВ. Нормы для рабочих лошадей предусматривают, что в период работы средней тяжести лошадь должна получать 2,8% СВ [1]. Нормы содержания сухого вещества в рационах работающих лошадей в североамериканских рекомендациях [4] для интенсивно работающих – от 2 до 3% от ж.м., при средних нагрузках – 1,75 – 2,5%; во французских нормах кормления [8] – для средней работы рекомендовано 2,1 – 2,7% СВ от ж.м. При этом на практике значения могут сильно варьировать, и содержание СВ, например, в рационах конкурных лошадей сборной Австралии составляет от 1,09 до 2,55%, а у лошадей сборной по выездке – от 1,04 до 1,79% [9].

В наших исследованиях объем рациона и содержание в нем сухого вещества у конкурных и выездковых лошадей не имели существенных различий и в среднем составили  $2,52 \pm 0,21$  кг СВ на 100 кг живой массы. Фактически полученные результаты содержания СВ в рационах исследуемых нами лошадей не противоречат рекомендациям, предъявляемым к объему рациона как с учетом отечественных, так и зарубежных рекомендаций.

Лошади из ВЛ оказались более упитанными и более тяжелыми, по сравнению с КЛ. Масса тела определяется не только кондициями, но и размерами лошади, следовательно, для объективной оценки влияния кондиций на показатели живой массы в разных группах требуются и показатели промеров, которые будут учтены и отражены в следующих публикациях.

Оценка упитанности исследуемых лошадей показала, что ВЛ имели более высокие показатели, чем КЛ. Причем среди ВЛ были лошади с кондициями на 8 баллов, которые характеризуются как «жирные». Среди КЛ в основном были лошади, чьи кондиции характеризуются как «умеренно худая» (4 балла) и «нормальная» (5 баллов), а лошадей с упитанностью выше 6 баллов не было. Предполагаем, что характер выполняемой работы у КЛ (необходимость прыгать и активно двигаться) позволяет более эффективно использовать поступающую энергию для выполнения рабочих нагрузок и меньше накапливать в виде жировых отложений. На это указывает и то, что потребление энергии с рационом в расчете на 100 кг ж.м. у КЛ оказался значительно ниже, чем у ВЛ. У ВЛ, несмотря на то, что уровень рабочих нагрузок был примерно такой же, как и у КЛ, потребление энергии с рационом оказалось более высоким, что, вероятно, и способствовало формированию более высокой упитанности.

Распределение лошадей ВЛ и КЛ по упитанности, в целом, коррелирует с данными, полученными в наших исследованиях, проведенных в 2015 - 2019 гг. [10], где основная масса

(77,27%) лошадей из группы выездки имели кондиции на 5 - 8 баллов, а конкурные – 4 – 6 баллов.

Результаты проведенных исследований показали, что при нагрузках средней интенсивности содержание обменной энергии в рационе на уровне  $23,63 \pm 0,87$  МДж/100 кг ж.м. обеспечивает потребности лошади не только для выполнения работы, но и поддержания упитанности выше средней. При том же уровне нагрузок, но с содержанием ОЭ на уровне  $20,94 \pm 1,71$  МДж/100 кг ж.м., лошади способны поддерживать нормальную упитанность.

В справочных изданиях, используемых для нормирования рационов лошадей [1], не определено норм кормления спортивных лошадей, с учетом тяжести выполняемой работы в классификации: «легкая», «средняя», «тяжелая». Нормы определены только с учетом периодов «отдыха» и «тренинга и испытаний», что применимо для скаковых и рысистых лошадей в условиях ипподромного тренинга, но не отражает детализацию нагрузки для лошадей, использующихся в классических видах конного спорта. Распределение норм с учетом «легкой», «средней», «тяжелой работы» определено только для рабочих лошадей. И в нормах для «средней» работы количество необходимой ОЭ с пересчетом на 100 кг ж.м. составляет 23,45 МДж, что очень приближено к уровню потребления энергии лошадьми ВЛ ( $23,63 \pm 0,87$  МДж/100 кг ж.м.) в нашей работе. Содержание ОЭ в рационах КЛ в среднем на 10,7% ниже нормы ОЭ для рабочих лошадей при средней работе. При этом рабочие качества исследуемых нами лошадей КЛ группы полностью соответствовали среднему уровню нагрузок и упитанность была в норме.

Сопоставление полученных результатов с нормами кормления спортивных лошадей [1], где ОЭ в «период отдыха» составляет 19,4 МДж/100 кг ж.м., а «в период тренинга и испытаний» – 26 МДж/100 кг ж.м., показало, что значения, полученные в наших исследованиях, имеют промежуточное значение.

Затраты энергии на выполнение работы не имели достоверных различий между ВЛ и КЛ группами. Среднее значение у КЛ было немного выше, чем у ВЛ, но и стандартное отклонение имело больший размах. На наш взгляд, это связано с тем, что режим работы конкурных лошадей имел более разнообразный характер. В течение недели были дни интенсивной работы с преодолением препятствий максимальной высоты с большим количеством прыжков, с высокими значениями ЧСС, соответствующими тяжелой работе. А также дни с более спокойной, без прыжков или с гимнастической работой, когда нагрузка по уровню ЧСС соответствовала легкой и средней. В группе же ВЛ работа в среднем была на одном и том же уровне. Фактические затраты энергии во время работы, определяемые по значению ЧСС и продолжительности работы, не учитывают затрат энергии на восстановление после нагрузок. Именно с этим мы связываем то, что относительно количества энергии на поддержание жизнедеятельности (ОЭ для рабочих лошадей «без работы» – 14,13 МДж/100 кг ж.м. [1]) фактические затраты энергии на выполнение работы средней тяжести составили плюс 16,3 – 17,2% (при 1 часе работы в день), а не плюс 50%, как это предполагается большинством справочных рекомендаций по кормлению [4,8,11], а в некоторых случаях и плюс 65% [1]. Или же можно говорить о том, что энергия поддержания жизнедеятельности для лошадей в спортивном тренинге имеет более высокие значения, чем она же для неработающих. Об этом говорят и зарубежные исследователи [11].

**Выводы.** Затраты энергии конкурными лошадьми и лошадьми, используемыми в выездке, при одинаковом уровне нагрузки не имеет существенных различий. При среднем уровне рабочих нагрузок рацион с содержанием ОЭ –  $20,94 \pm 1,71$  МДж/100 кг ж.м. – обеспечивает выполнение работы и позволяет поддерживать нормальную упитанность; рацион с содержанием ОЭ –  $23,63 \pm 0,87$  МДж/100 кг ж.м. – позволяет поддерживать упитанность выше средней. Лошади, используемые в выездке, имеют достоверно более высокую упитанность, чем лошади, используемые в конкуре. Определение уровня рабочей нагрузки по частоте сердечных сокращений является простым и доступным методом для практического использования.

Список источников литературы

1. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. – 3-е издание переработанное и дополненное. / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – Москва, 2003. - 456 с.
2. Coenen, M. About the predictability of oxygen consumption and energy expenditure in the exercising horse. Proc. of the 19th Equine Science Society Meeting May 31-June3, 2005, Tucson, AZ. P. 123.
3. Graham-Thiers, P. M. Feeding practices of hunter/jumper horses in the Midatlantic region of the United States. Proc. of the 20th Equine Science Society Meeting June 5–9, 2007, Hunt Valley, Maryland. P.270-271
4. Nutrient requirements of horse. 6th rev.ed. National Reserch Council of National Academies. - Washington, D.C. 2007. - 341 p.
5. Петухова Е.А., Бессарабова Р.Ф., Халенева Л.Д. Зоотехнический анализ кормов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
6. Патент на полезную модель 200880 U1, 17.11.2020 / Мерная лента для определения массы лошади; Шараськина О.Г., Уколов П.И. Заявка № 2020109144 от 28.02.2020.
7. Lon D.Lewis. Equine clinical nutrition: feeding and care. Williams&Wilkins. – USA.1995. – 587 p.
8. Equine nutrition. INRA Nutrient requirements, recommended allowances and feed tables. Editor: W. Martin-Rosset. -Wageningen Academic Publishers. - The Netherlands, 2015. 691 p.
9. Owens, E. Sport Horse Nutrition–An Australian Perspective.// Advances in Equine Nutrition III, 2005.P.185 – 192
10. Шараськина О.Г. Оценка баланса энергии по кондициям у спортивных лошадей: Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ. – 2021. – С. 115-117.
11. Austbø, D. The Scandinavian adaptation of the French UFC system. // Nutrition of the Performance Horse. EAAP publication No. 111., 2004. P.69-77

References

1. Kalashnikov, A.P., Fisinin, V.I., Sheglova, V.V. and Kleimenova, N.I., (2003), *Normy i raciony kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh: Spravochnoe posobie. 3-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe* [Norms and rations of feeding farm animals: A reference guide. 3rd edition revised and expanded], Moscow, Russia.
2. Coenen, M. (2005), “About the predictability of oxygen consumption and energy expenditure in the exercising horse”, *Proc. of the 19th Equine Science Society Meeting May 31-June3*, Tucson, Arizona, pp. 123.
3. Graham-Thiers, P.M. (2007), “Feeding practices of hunter/jumper horses in the Midatlantic region of the United States”, *Proc. of the 20th Equine Science Society Meeting June 5–9*, Hunt Valley, Maryland, pp. 270-271.
4. Nutrient requirements of horse (2007), 6th rev.ed, *National Reserch Council of National Academies*, Washington, D.C.
5. Petukhova, E.A., Bessarabova, R.F. and Khaleneva L.D., (1989), *Zootekhnicheskij analiz kormov* [Zootechnical analysis of feed], Agropromizdat, Moscow, Russia.
6. Sharaskina, O.G. and Ukolov, P.I., (2020), *Patent na poleznuyu model' 200880 U1, 11.17.2020, Mernaya lenta dlya opredeleniya massy loshadi* [Patent for utility model 200880 U1, 11.17.2020 Measuring tape for determining the mass of a horse], St.-Petersburg, Russia, Application no. 2020109144 of 02.28.2020.
7. Lon D. Lewis (1995), *Equine clinical nutrition: feeding and care*, Williams&Wilkins, USA.
8. Martin-Rosset, W (2015), *Equine nutrition. INRA Nutrient requirements, recommended allowances and feed tables*, Wageningen Academic Publishers, Netherlands.
9. Owens, E. (2005), “Sport Horse Nutrition”, *An Australian Perspective*, Advances in Equine Nutrition III, pp. 185–192.
10. Sharaskina, O.G. (2021), “Assessment of energy balance by conditions in sports horses”, *Materialy nacional'noj nauchnoj konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnyh sotrudnikov i aspirantov SPbGUVV*, pp. 115-117.

11. Austbø, D. (2004), "The Scandinavian adaptation of the French UFC system. Nutrition of the Performance Horse", *EAAP*, publication no. 111, pp. 69-77.

#### Сведения об авторах

**Шараськина Ольга Геннадьевна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарной генетики и животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», spin-код: 8533-1419.

**Головина Татьяна Николаевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой модернизации технологий в АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2969-2080.

**Назарова Елена Александровна** – старший преподаватель кафедры модернизации технологий в АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3062-4780.

#### Information about the authors

**Olga G. Sharaskina** - Candidate of biological Sciences, associate Professor Department of Veterinary Genetics and Animal Husbandry, Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state University of veterinary medicine", spin-code: 8533-1419.

**Tatyana N. Golovina** Candidate of agricultural Sciences, associate Professor, Department of Technology Modernization in Agriculture, Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state agrarian University", spin-code: 2969-2080.

**Elena A. Nazarova** Senior lecturer, Department of Technology Modernization in Agriculture, Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state agrarian University", spin-code: 3062-4780.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

*Статья поступила в редакцию 02.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 14.12.2021 г.; принята к публикации 17.12.2021 г.*

*The article was submitted 02.10.2021; approved after reviewing 14.12.2021; accepted after publication 17.12.2021.*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ  
АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ  
ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES  
OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS**

---

Научная статья

УДК 621.31

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-103-111

**АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ИХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ**

**Николай Валерьевич Васильев<sup>1</sup>, Дмитрий Александрович Карташев<sup>2</sup>,  
Наталья Юрьевна Криштопа<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; profkom\_gau@mail.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-3954-115X>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; dimakartashev@gmail.com;  
<https://orcid.org/0000-0002-1328-8387>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; krishnat@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0001-5348-3622>

**Реферат.** В современных условиях развития экономики, при росте во всех сферах деятельности человека – в промышленности, на транспорте, в быту, установленных мощностей электроприемников, искажающих параметры электрической энергии, ухудшение качества электрической энергии приводит к увеличению дополнительных потерь активной мощности и, как следствие, к снижению эффективности работы как самих систем электроснабжения, так и потребителей, подключенных к ним. Отклонения показателей качества электроэнергии от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам как в промышленности, так и в бытовом секторе.

Основным условием, способствующим оптимальной работе электрических сетей, является передача электрической энергии с минимальными потерями от источника к потребителю и качество электроэнергии.

В числе причин недостижения контрольных показателей эффективности электросетевого комплекса отмечена диспропорция между заявляемыми характеристиками электропотребления при технологическом присоединении и их последующими фактическими значениями, а также возникающая вследствие этого несимметрия нагрузок. Неравномерное распределение нагрузок по фазам снижает качество электроэнергии, получаемой потребителями, а также ведет к увеличению дополнительных потерь мощности в трансформаторах и линиях. На зажимах трансформаторов и в узлах нагрузок создается несимметричная система напряжений, коэффициент нулевой последовательности которой в несколько раз превышает допустимые ГОСТ 32144-2013 значения.

В данной статье изложена методика разработки алгоритма и программы анализа режимов работы трансформаторов 10/0,4 кВ сельских распределительных сетей при подключении к шинам трансформаторной подстанции симметрирующих и компенсирующих устройств на основании обработки информации, полученной от информационно-измерительных комплексов, измерения напряжения в сети 10 кВ и запрашиваемых потребителями нагрузок для подбора необходимых и достаточных технических мероприятий



для повышения качества поставляемой потребителям электроэнергии и снижения потерь на ее передачу.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, цифровизация, энергоэффективность, потери электроэнергии, качество электроэнергии, несимметрия нагрузок, симметрирующие устройства

**Цитирование.** Васильев Н.В., Карташев Д.А., Криштопа Н.Ю. Анализ режимов работы электрических сетей с использованием их цифровых моделей // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 103-111. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-103-111

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность своему наставнику и близкому другу Петрову Владимиру Федоровичу (1945 – 2021) за помощь в организации исследований и экспериментов.

## **ANALYSIS OF OPERATING MODES OF THE ELECTRICAL GRIDS BY USING THEIR DIGITAL MODELS**

**Nikolay V. Vasiliev<sup>1</sup>, Dmitry A. Kartashev<sup>2</sup>, Natalia Yu. Krishtopa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; profkom\_gau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3954-115X>

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; dimakartashev@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1328-8387>

<sup>3</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; krishnat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5348-3622>

**Abstract.** In modern conditions of economic development, with growth in the spheres of human activity - in industry, transport, in everyday life, the capacities of electrical receivers, changed parameters of electrical energy, the deterioration in the quality of electrical energy leads to an increase in additional losses of active power and, as a consequence, to a decrease in the efficiency of work, as the power supply systems themselves and the consumers connected to them. Deviations of the quality indicators of electricity quality indicators from the standardized indicators of indicators of the efficiency of using electrical equipment by power supplying and consumers of electricity, leading to a reduction in losses in industry and in the household sector.

The main condition is the transmission of electrical energy with minimal losses from the source to the consumer and the quality of electricity that contributes to the optimal operation of electrical networks.

In the reasons for the failure to achieve the control indicators of the efficiency of the power grid complex, a disproportion was noted between the indicated included power consumption during technological connection and their subsequent actual values. Uneven distribution of the load across the phases reduces the quality of electricity received by consumers, and also increases the amount of power losses in transformers and lines. An asymmetrical system is installed at the terminals of transformers and at the load nodes, the zero-setting factor sets several times the permissible value of GOST 32144-2013.

The article describes a methodology for developing an algorithm and a program for analyzing the operating parameters of 10 / 0.4 kV transformers of a given distribution network when connecting balancing and compensating devices to a busbar substation based on processing information received from an information-measuring system, measuring voltage in a 10 kV network. and the load requested by consumers for the selection of the necessary and technical means to improve the quality of electricity supply to consumers and reduce losses for its transmission.

**Keywords:** *electric power, digitalization, power losses, power quality, unbalance of loads, balancing devices*

**Citation.** Vasiliev N.V., Kartashev D.A., Krushtopa N.Yu. (2021), «Analysis of operating modes of the electrical grids by using their digital models», *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no.4, pp. 103-111, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-103-111

**Acknowledgments.** The authors are grateful to their mentor and close friend Vladimir Fedorovich Petrov (1945 - 2021) for his help in organizing research and experiments.

**Введение.** На сегодняшний день проблема низкой энергоэффективности и качества электроэнергии приобретает особую актуальность, поскольку она является одним из важнейших условий экономичной и длительной эксплуатации электротехнического оборудования на промышленных предприятиях, а также на предприятиях жилищно-коммунального и сельского хозяйства [1].

В Российской Федерации требования к электромагнитной среде, в которой работают электроприемники, устанавливаются и контролируются сразу несколькими законодательными актами, требованиями и нормативами, в том числе ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», который устанавливает допустимые уровни помех в электрической сети, характеризующие качество электроэнергии и называемые показателями качества электроэнергии (ПКЭ). Отклонение ПКЭ от допустимых значений приводит к снижению срока службы электрического оборудования и эффективности его работы.

В настоящее время наблюдается рост потерь электроэнергии в российских энергосетях в абсолютных и относительных величинах.

Фактические потери электроэнергии  $\Delta W_{\text{факт}}$  включают в себя различные составляющие: расход электроэнергии на работу оборудования, установленного на подстанциях и обеспечивающего передачу электроэнергии, потери в элементах сети, погрешности при фиксации электроэнергии приборами учета, а также хищения электроэнергии, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков и т.п.

Для правильной оценки эффективности использования энергии необходим глубокий анализ режимов работы электрических сетей 0,4 кВ, а также разработка совершенных методов расчёта показателей качества электрической энергии. Существуют несколько методов расчета технических потерь при транспортировке электроэнергии:

- оперативных расчетов;
- расчетных суток;
- средних нагрузок;
- числа часов наибольших потерь мощности;
- оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

Так как существующие методики определения потерь электроэнергии в сетях 0,4 кВ прежде всего не учитывают такой показатель качества электроэнергии как несимметрия нагрузок, которая в значительной степени влияет на качество электроэнергии, общее качество электроэнергии остается на низком уровне, а потери в сетях 0,4 кВ остаются высокими.

Вопросы повышения энергоэффективности и качества электроэнергии затронуты в работах многих ученых [2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13].

Однако, согласно пункту 28 приказа Министерства энергетики Российской Федерации от 30 декабря 2008 г. № 326 при необходимости точного расчета потерь электрической энергии в сетях 0,4 кВ и при наличии достаточного количества исходной информации, а также при расчете потерь электроэнергии в отдельных линиях 0,4 кВ рекомендуется использовать

методы поэлементного расчета потерь мощности электроэнергии с использованием схемы электрической сети с ее режимных параметров [4].

Привести такой расчет позволяет использование цифровых моделей сетей 0,4 кВ.

**Цель исследования** состоит в разработке методики поэлементного расчета потерь электроэнергии на всех участках сети 0,4 кВ с учетом несимметрии нагрузок.

Методики анализа режимов работы распределительных сетей с помощью цифровых технологий рассматриваются в работах российских ученых [6, 8, 9].

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследования является трансформаторная подстанция ТП-415, мощностью 100 кВА с трансформатором типа ТМГ-СУ, расположенная в Красносельском районе и находящаяся на балансе ПАО «Ленэнерго» Пригородные электрические сети.

Службой режимов Пригородных электрических сетей был предоставлен график нагрузок с 10-минутным усреднением. График содержит в себе данные, полученные в период с 16.03.2017 по 22.03.2017, снятые с помощью измерительного комплекса «Энергомонитор 3.3». Исходя из этих данных, были выбраны сутки, в течение которых несимметрия была наиболее ярко выражена, что отчетливо видно на представленных рисунках 1, 2.

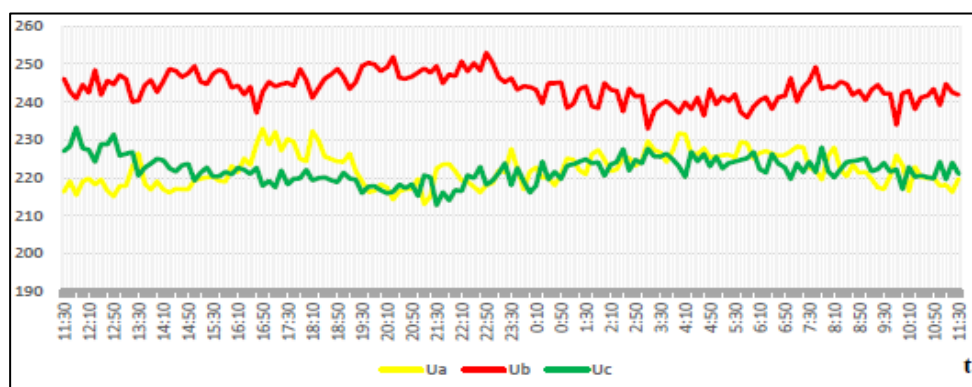


Рисунок 1. Фазные напряжения  
Figure 1. Phase voltages

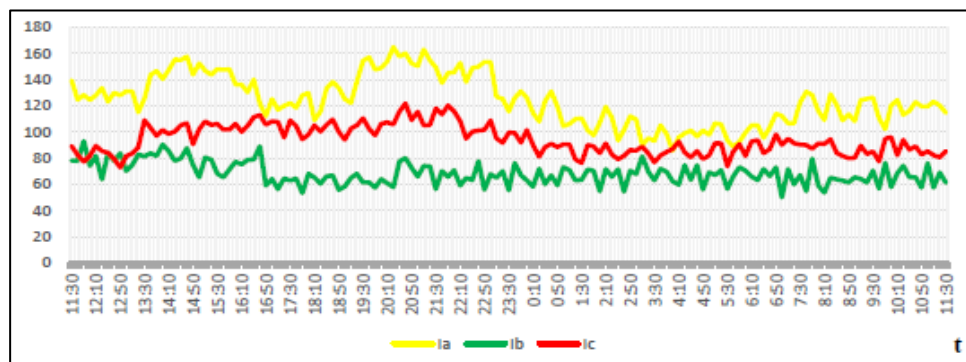


Рисунок 2. Фазные токи  
Figure 2. Phase currents

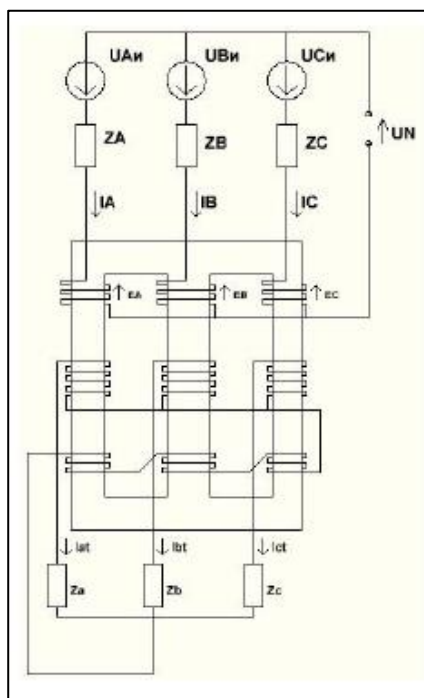


Рисунок 3. Расчетная схема трансформатора  
 Figure 3. Calculation diagram of the transformer

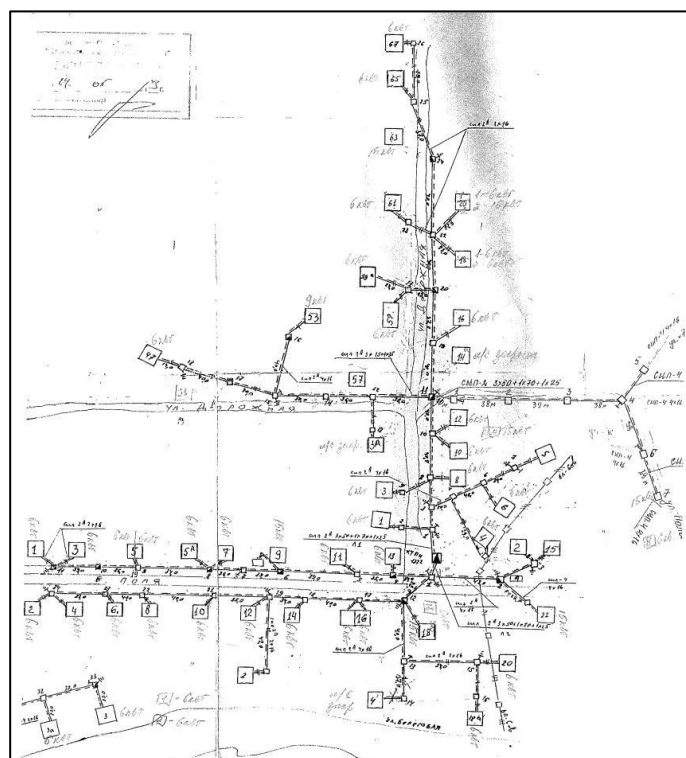


Рисунок 4. Топологическая схема исследуемой сети  
 Figure 4. Topological diagram of the grid

На основании электрических схем (рисунки 3 и 4) по законам Кирхгофа составлены системы уравнений, описывающие данную распределительную сеть. Используя массивы экспериментальных данных «Энергомонитор», данных о трансформаторе и потребителях, произведен расчет режимов работы сети в течение суток.

Построение цифровой модели сети выполнялось в программном комплексе Scilab.

**Результаты исследований.** Первым этапом построения цифровой модели сети является математическое описание трансформатора и сети 6/10 кВ. Этот этап выполняется с использованием системы уравнений, описывающей данный фрагмент сети. Коэффициенты  $Y_{11}$ ,  $Y_{12}$ ,  $Z_{fe}$  для конкретных трансформантов определены по методике, разработанной на кафедре электроэнергетики и электрооборудования ФГБОУ ВО СПбГАУ и характеризуют работу трансформатора  $Y/Y_n$  в несимметричном режиме.

```
//... IA IB IC DN EA EB EC Yst Ibt Ict Int :
A=[ ZA+zlk 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0; //-1:
  0 ZB+zlk 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0; //-2:
  0 0 ZC+zlk 1 0 0 1 0 0 0 0 0; //-3:
  1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0; //-4:
  1 0 0 0 -ktr/(zlk-zlk) 0 0 -ktr 0 0 ktr/3; //-5:
  0 1 0 0 0 -ktr/(zlk-zlk) 0 0 -ktr 0 ktr/3; //-6:
  0 0 1 0 0 0 -ktr/(zlk-zlk) 0 0 -ktr ktr/3; //-7:
  0 0 0 0 -ktr 0 0 z2k+zca 0 0 zcy; //-8:
  0 0 0 0 0 -ktr 0 0 z2k+zcb 0 zcy; //-9:
  0 0 0 0 0 0 -ktr 0 0 z2k+zcc zcy; //-10:
  0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 -1; //-11:
b=[ UAs;
  UBs;
  UCs;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0;
  0];
x=linolve(A,-b);
```

Рисунок 5. Фрагмент программы. Система уравнений, описывающая трансформатор  
 Figure 5. Fragment of the code. System of equations describing the transformer

Следующий этап построения цифровой модели сети – математическое описание линии 0,4 кВ. Выполним на примере одной из линий сети. Математическое описание двух линий сети 0,4 кВ насчитывает 136 однофазных и трехфазных приемников. Анализ сети показывает, что в сети насчитывается более 500 неизвестных токов, следовательно, система уравнений, описывающая эту сеть, составленная по законам Кирхгофа, будет состоять из такого же числа уравнений.

Все это делает составление расчетной схемы и расчет сети достаточно сложной задачей, имеющей множество решений. В этой работе раскрытие имеющихся неопределенностей было выполнено следующим образом:

1. С целью упрощения расчетной схемы и повышения достоверности графиков нагрузки производится группировка рядом расположенных удельных весов разрешенных мощностей отдельных приемников, включенных в состав эквивалентного трехфазного приемника.

2. Распределение потребляемой энергии, фиксируемой на выходе трансформатора измерительным комплексом, осуществляется между эквивалентными трехфазными приемниками, пропорционально суммарным весам эквивалентных приемников.

3. В расчетной схеме реальные длины участков линии заменяются эквивалентными по потерям энергии.

4. Математическая модель сети состоит из расчетной схемы трансформатора с сетью 6 (10) кВ и расчетных схем всех линий.

5. Уравнения расчетной схемы линии составляются по методу узловых потенциалов, уравнения трансформатора и сети 6 (10) кВ – по законам Кирхгофа. С учетом этого и задания нагрузки в виде графика мощностей организуется итерационный процесс расчета токов и напряжений всей сети.

6. По окончании итерационного процесса для каждого временного промежутка и всего исследуемого периода составляется баланс мощностей и энергии, по которым

проверяется сходимость итерационного процесса. Проверка выполняется также по соблюдению Первого и Второго законов Кирхгофа.

7. Токи, напряжения, потери энергии на всех участках сети, мощности на входе эквивалентных приемников определялись для каждого 10 – минутного промежутка времени. Полученные массивы обрабатывались, и определялись интегральные величины, характеризующие режим работы сети в исследуемом промежутке времени.

В состав цифровой модели сети включаются дополнительные симметрирующие устройства, что позволяет оценить их влияние на качественные и энергетические показатели работы сети.

Цифровая модель на основании массивов входного напряжения трансформатора и изменяющейся нагрузки потребителей позволяет получить массивы фазных напряжений во всех точках сети, потери энергии во всех элементах сети и определить интегральные величины.

В качестве примера проведен расчет сети в симметричном режиме, режиме с увеличенной несимметрией и режиме с увеличенной несимметрией и подключением симметрирующих устройств.

Таблица 1. Результаты расчетов  
 Table 1. Calculation results

Показатели	$\Sigma W$	%Wa	%Wb	%Wc	$\delta W$	$\Sigma \Delta W$	U+	U!
	кВт*ч	%	%	%	%	кВт*ч	%	%
Симметричный режим	2834.5	33%	33%	33%	4.1	118.3	100	0
Увеличение несимметрии	2677.3	18%	38%	44%	5.8	159.4	70.1	29.9
Увеличение несимметрии + три симметрирующих устройства	2749.9	23%	38%	39%	4.9	138.1	100	0

Здесь  $\Sigma W$  – энергия, передаваемая по линиям 1 и 2; %Wa, %Wb, %Wc – доля энергии, передаваемой по каждой из фаз;  $\delta W$  – удельные потери энергии;  $\Sigma \Delta W$  – суммарные потери; U+ – доля фазных напряжений, находящихся в пределах ГОСТ в течение 7 суток; U! – доля фазных напряжений, выходящих за пределы ГОСТ в течение суток.

**Выводы.** Разработанные подходы к расчету и анализу режимов работы трансформаторов с подключением дополнительных устройств позволяют определить необходимые и достаточные технические дополнения с целью снижения потерь энергии до необходимого уровня, а также повышения качественных показателей электроэнергии, поставляемой потребителям. Методика отработана и может быть применена для работы над любыми сетями 0,4 кВ в любых режимах работы.

#### Список источников литературы

1. Сапрыка А.В., Черенков А.Д., Сапрыка В.А., Анализ качества электрической энергии на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства [Текст] / Сапрыка А.В., Черенков А.Д., Сапрыка В.А.// Энегросбережение. Энергетика. Энергоаудит/ НТУ «ХПИ». – Харьков, 2015. – Вып. 5. – С. 14-18.
2. Токоев М.П., Мамасадыков У.К., Рахимов Д.М., Исследование и разработка мероприятий по повышению качества электроэнергии систем электроснабжения (на примере г. Ош) // Известия ОшТУ. – 2018. – Вып. 31 – С. 71-74.
3. Бородин М.В., Беликов Р.П., Махиянова Н.В. Повышение качества электроэнергии посредством расчета потерь напряжения // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – Вып. 47. – С. 35-40.

4. Елфимова В.Н. Мониторинг показателей качества электроэнергии как метод повышения энергоэффективности в городских сетях // Наука молодых – будущее России. – 2018. – Вып. 6. – С.192-195.
5. Константинов Р.Д. Повышение энергоэффективности электрических сетей посредством улучшения качества электроэнергии // Студенческий: электрон. научн. журн. – 2020. – № 5(91). – URL: <https://sibac.info/journal/student/91/169726> (дата обращения: 12.08.2021).
6. Нелюбов В.М., Жилияев Н.Ю. Повышение качества электроэнергии с помощью фильтросимметрирующих устройств / В кн.: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. – Оренбург: Оренбургский гос. университет, 2020. – С. 2793-2796.
7. Каяков Р.А., Тен Е.Е., Цифровая трансформация как способ повышения качества услуг по передачи электроэнергии // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – Вып.12 – С. 372-377.
8. Обьедков Е.Е., Хамидуллин Р.Д., Васильева Т.Н., Реконструкция электрических сетей 0,4 кВ. Повышение качества электроэнергии // E-Scio. 2020. №8 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekonstruktsiya-elektricheskikh-setey-0-4-kv-povyshenie-kachestva-elektroenergii> (дата обращения: 28.08.2021).
9. Купова А.В., Лавоненко Е.В., Соловьева Е.Б. Математическое моделирование трехфазных цепей в программной среде matlab // Качество. Инновации. Образование. – 2019. – Вып. 5 (163) – С. 37-45.
10. M. Zhou, J. F. Yan , D.Feng “Digital Twin Framework and Its Application to Power Grid Online Analysis” // CSEE Journal of Power and Energy System – 2019, №3 С. 391–398 doi:10.17775/CSEEJPES.2018.01460
11. P. Palensky, M.Cvetkovic, D.Gusain, A.Joseph. « Digital twins and their use in future power systems» // Digital Twin 2021, URL: <https://digitaltwin1.org/articles/1-4/v1> (дата обращения: 01.10.2021) doi: 10.12688/digitaltwin.17435.1
12. T. Liu; H. Yu; H. Yin; Z. Zhang; Z. Sui; D. Zhu; L. Gao; Z. Li «Research and Application of Digital Twin Technology in Power Grid Development Business» - 2021, 6th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE), С. 383-387, doi: 10.1109/ACPEE51499.2021.9436946..
13. F. Tao, H. Zhang, A. Liu, and A. Y. C. Nee, «Digital twin in industry: state-of-the-art» // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2019 №4 (15) С. 2405–2415

### References

1. Sapryka A.V., Cherenkov A.D., Sapryka V.A. (2015), «*Analysis of the quality of electrical energy at the enterprises of housing and communal services*», Energy saving. Energy. Energy audit, Kharkov, vol. 5, pp. 14-18.
2. Tokoev M.P., Mamasadykov U.K., Rakhimov D.M. (2018), «*Research and development of measures to improve the quality of electricity in power supply systems (on the example of city Osh)*», Izvestiya OshTU, vol. 31, pp. 71-74.
3. Borodin M.V., Belikov R.P., Makhyanova N.V. (2019), «*Improving the quality of electrical energy by calculating voltage losses*», Bulletin of Agrarian Science of the Don, vol. 47, pp. 35-40.
4. Elfimova V.N. (2018), «*Monitoring of power quality indicators as a method of increasing energy efficiency in urban grids*», vol. 6, pp. 192-195.
5. Konstantinov R.D. (2020), «*Increasing the energy efficiency of electrical networks by improving the quality of electricity*» available at:<https://sibac.info/journal/student/91/169726> (Accessed: 12.08.2021).
6. Nelyubov V.M., Zhilyaev N.Y. (2020), «*Improving power quality with filter balancing devices*», *The university complex as a regional center of education, science and culture*, Orenburg state University, Orenburg, pp. 2793-2796.
7. Kayakov R.A., Ten E.E. (2020), «*Digital transformation as a way to improve the quality of electricity transmission services*», Innovations. The science. Education, vol. 12, pp. 372-377.
8. Obyedkov E.E., Khamidullin R.D., Vasilyeva T.N. (2020), «*Reconstruction of 0.4 kV electrical grids. Improving the quality of electricity*», available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekonstruktsiya-elektricheskikh-setey-0-4-kv-povyshenie-kachestva-elektroenergii> (Accessed: 28.08.2021).
9. Kupova A.V., Lavonenko E.V., Solovieva E.B. (2019), «*Mathematical modeling of three-phase circuits in the matlab software environment*», Quality. Innovation. Education, vol. 5 (163), pp. 37-45.

10. M. Zhou, J. F. Yan , D.Feng «Digital Twin Framework and Its Application to Power Grid Online Analysis» CSEE Journal of Power and Energy System, vol. 5, no. 3, pp. 391–398, Sep. 2019.
11. P. Palensky, M.Cvetkovic, D.Gusain, A.Joseph. (2021, Sep.). « Digital twins and their use in future power systems» Digital Twin [Online], available at: <https://digitaltwin1.org/articles/1-4/v1> (Accessed: 10.10.2021).
12. T. Liu; H. Yu; H. Yin; Z. Zhang; Z. Sui; D. Zhu; L. Gao; Z. Li «Research and Application of Digital Twin Technology in Power Grid Development Business» 2021 6th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE), 2021, pp. 383-387, doi: 10.1109/ACPEE51499.2021.9436946..
13. F. Tao, H. Zhang, A. Liu, and A. Y. C. Nee, «Digital twin in industry: state-of-the-art» IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 15, no. 4, pp. 2405–2415, Apr. 2019

#### Сведения об авторах

**Васильев Николай Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой, доцент кафедры электроэнергетики и электрооборудования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 9098-4808, Scopus author ID: 56338322600.

**Карташев Дмитрий Александрович** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

**Криштопа Наталья Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроэнергетики и электрооборудования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3244-4155, Scopus author ID: 57216620595.

#### Information about the authors

**Nikolay V. Vasiliev** – Ph.D. in Technology, assistant professor, docent, head of the Electric Power and Electrical Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 9098-4808, Scopus author ID: 56338322600.

**Dmitry A. Kartashev** – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

**Natalia Yu. Krishtopa** - Ph.D. in Technology, assistant professor, assistant professor at the Electric Power and Electrical Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 3244-4155, Scopus author ID: 57216620595.

**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 08.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 06.12.2021 г.; принята к публикации 08.12.2021 г.*

*The article was submitted 08.11.2021; approved after reviewing 06.12.2021; accepted after publication 08.12.2021.*



Научная статья

УДК 621.313

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-112-124

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ С РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ КАМЕРОЙ И НАКОПИТЕЛЬНЫМ РЕЗЕРВУАРОМ В ОБРАЩЕННОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ**

**Алексей Георгиевич Черных**

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодежный 1/1,  
Иркутский район, Иркутская область, 664038, Россия;  
kandida2006@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3498-6579>

**Реферат.** В статье для принятой компоновки закрытой оросительной системы с разделительной камерой и накопительным резервуаром между источником водоснабжения и системой подачи поливальной техники рассмотрена работа центробежного насоса (ЦН), как элемента системы микрогидрогенерации. В этом случае ЦН работает в обратном турбинном режиме в качестве источника автономного электроснабжения (АвЭ). Выбор в качестве узла микрогидрогенерации ЦН, выполненного по конструктивной схеме электромагнитной герметизации, обеспечивает практическую возможность использования в системе широкой номенклатуры серийно выпускаемых герметичных центробежных насосов (ГЦН), с встроенным экранированным асинхронным двигателем (ЭАД). Наличие в системе потенциальной энергии воды позволяет перевести работу насоса в обратный турбинный режим, а работу ЭАД в генераторный режим. Система pumps as turbine (PaTs) является типичной гидроэнергетической системой, преобразующей энергию, поступающую по водоводу на турбину воды, в электрическую энергию на выходе генератора. В такой системе ЦН, работая в режиме PaTs, выполняет функции турбины, а приводной двигатель насоса, работая в обратном режиме, выполняет функции генератора, в данном случае экранированного асинхронного генератора (ЭАГ). Система PaTs позволяет получить автономный источник электроснабжения (АвИЭ) установленной мощности для обеспечения собственных нужд системы на стороне постоянного и переменного напряжения. Наличие в конструкции ЭАГ вторичных немагнитных токопроводящих оболочек цилиндрической формы позволяет нагревать поступающую из разделительной камеры в накопительный резервуар воду. Перепад температур на входе и выходе турбины позволяет исключить из процесса водоподготовки технологические мероприятия, связанные с ее предварительным нагревом в накопительных электроводонагревателях, например, для нужд орошения. Проведенные путем математического моделирования и физического эксперимента исследования двухъемкостной оросительной системы с заданными технологическими и гидравлическими величинами и параметрами, подтвердили работоспособность ГЦН в режиме PaTs с реализацией функций АвИЭ и проточного водонагревателя.

**Ключевые слова:** *закрытая система орошения, техническая эффективность, центробежный насос, разделительная камера, накопительный резервуар, экранированный асинхронный генератор*

**Цитирование.** Черных А.Г. Использование насосного оборудования в закрытой оросительной системе с разделительной камерой и накопительным резервуаром в обратном режиме работы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 112-124. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-112-124

## THE USAGE OF PUMPING EQUIPMENT IN A CLOSED IRRIGATION SYSTEM WITH A SEPARATION CHAMBER AND A STORAGE TANK IN REVERSE OPERATION

Alexey G. Chernykh

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky ", settlement Molodezhny 1/1, Irkutsk region, Irkutsk region, 664038, Russia; e-mail: kandida2006@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3498-6579>

**Abstract.** In the article, for the accepted layout of a closed irrigation system with a separation chamber and a storage tank between the water supply source and the irrigation equipment supply system, the operation of a centrifugal pump (CP) as an element of the micro-hydro generation system is considered. In this case, the central heating system operates in reverse turbine mode as a source of autonomous power supply (AvE). The choice of a microhydrogen unit for generating a central heating system made according to the design scheme of electromagnetic sealing provides a practical possibility of using a wide range of commercially available sealed centrifugal pumps (SCP) with a built-in shielded asynchronous motor (SAM) in the system. The presence of potential water energy in the system makes it possible to transfer the operation of the pump to the reversed turbine mode, and the operation of the SAM to the generator mode. The pumps as turbine (PaTs) system is a typical hydropower system that converts the energy coming through the water pipeline to the turbine of water into electrical energy at the output of the generator. In such a system, the central heating system, operating in PaTs mode, performs the functions of a turbine, and the pump drive motor, operating in reverse mode, performs the functions of a generator, in this case a shielded asynchronous generator (EAG). The PaTs system allows you to obtain an autonomous power supply source (APSS) of installed capacity to meet the system's own needs on the side of constant and alternating voltage. The presence of secondary non-magnetic conductive cylindrical shells in the design of the EAG makes it possible to heat the water coming from the separation chamber into the storage tank. The temperature difference at the inlet and outlet of the turbine makes it possible to exclude from the water treatment process technological measures related to its preheating in storage electric water heaters, for example, for irrigation needs. The studies of a two-capacity irrigation system with specified technological and hydraulic values and parameters carried out by mathematical modeling and physical experiment confirmed the operability of the MCP in the PaTs mode with the implementation of the functions of an APSS and a flowing water heater.

**Keywords:** *closed irrigation system, technical efficiency, centrifugal pump, separation chamber, storage tank, shielded asynchronous generator*

**Citation.** Chernykh, A.G., (2021), "The usage of pumping equipment in a closed irrigation system with a separation chamber and a storage tank in reverse operation", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, p. 112-124, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-112-124

**Введение.** В закрытых оросительных системах при регулярном орошении, в зависимости от вида полива, насосная станция работает в переменных режимах, что соответствует переменным величинам часовой объемной производительности. В пределе, в зависимости от конкретных условий полива, возможны режимы, которые характеризуются простым насосного оборудования. В этом случае конечный интегральный показатель технической эффективности работы гидравлического и энергетического оборудования будет определяться показателем фактической производительности [1].

Затраты на орошение определяются количеством перекачиваемой воды и стоимостью оросительного комплекса [2]. Факторы, определяющие затраты на орошение, включают в себя те, которые фиксированы для данного места, и те, на которые ирригаторы могут влиять. Затраты на перекачку можно свести к минимуму, если на стадии проектирования комплекса

исследовать вопрос, связанный с выбором типа источника энергии, используемой для питания ирригации, в частности, насосных установок.

Наибольший коэффициент полезного действия обеспечивают насосные установки с автономным электрическим источником питания (АвЭИ) [3]. Технико-экономическая целесообразность использования АвЭИ в стационарных и мобильных оросительных комплексах подтверждена современными инженерными решениями в области создания электрохимических систем накопления энергии с использованием цинко-бромидных и полисульфидно-бромидных аккумуляторных батарей.

**Цель исследования** – теоретически и экспериментально подтвердить возможность использования обращенного режима работы насосного оборудования в двухъемкостной оросительной системе для решения практической задачи – получения автономного источника энергоснабжения для собственных нужд. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: составить уравнения материального баланса для разделительной камеры и накопительного резервуара при их совместной работе в динамике (в отклонениях от состояния равновесия) с учетом степени открытия регулирующего органа на входе соответствующей емкости; составить алгоритм работы двухъемкостной системы как объекта регулирования; привести математическую модель разделительной камеры с центробежным насосом на выходе и модель работы насоса в обращенном турбинном режиме. Провести исследование лабораторного макета накопительного резервуара с насосом для экспериментального подтверждения факта косвенного нагрева перекачиваемой из резервуара воды.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В большинстве ирригационных комплексов с буферной системой водоснабжения орошаемого участка (рис. 1), как правило, в качестве дожимных используются горизонтальные центробежные насосы с традиционными схемами герметизации [4].

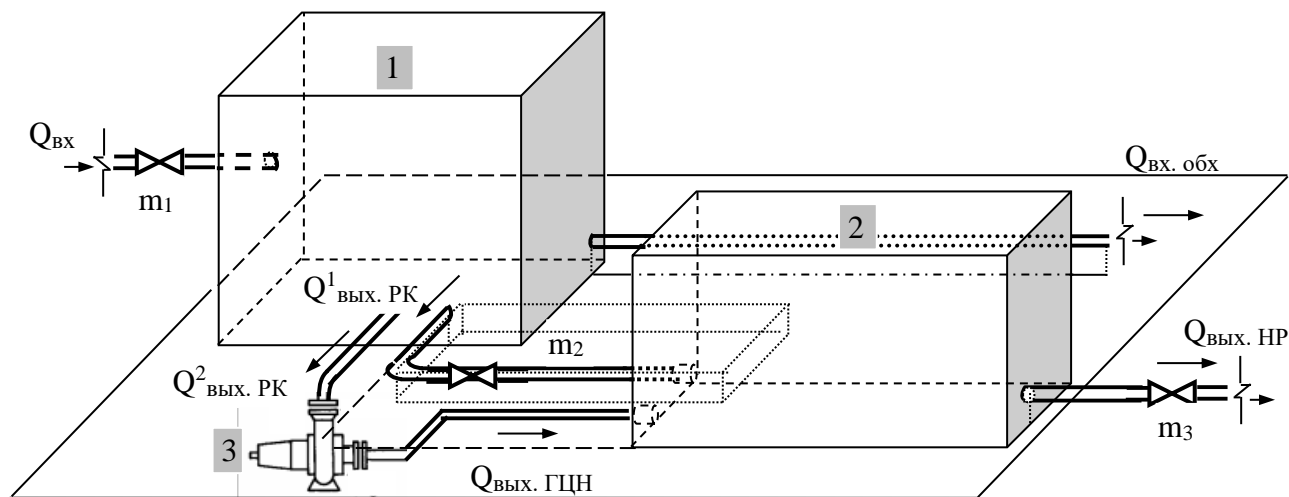


Рисунок 1. Схема (фрагмент) буферной системы водоснабжения орошаемого участка с разделительной камерой и накопительным резервуаром

Figure 1. Diagram (fragment) of the buffer water supply system of the irrigated area with a separation chamber and a storage tank

Цифры и надписи на рисунке 1 соответствуют: 1- разделительная камера; 2- накопительный резервуар; 3- центробежный насос, работающий в турбинном режиме;  $Q_{вх}$  – расход воды от источника водоснабжения (л/сек);  $Q_{вх. обх}$  – расход воды, идущий в обход резервуара (л/сек);  $Q_{вых.ПК}^1$  – расход воды с выхода №1 разделительной камеры (ПК) к нагнетательной линии насоса (л/сек);  $Q_{вых.ПК}^2$  – расход воды с выхода №2 ПК к входу №2 накопительного резервуара (НР) л/сек;  $Q_{вых.НР}$  – расход воды с выхода накопительного резервуара (л/сек);  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  – коэффициент истечения из крана (б/р);  $h_1$  – уровень воды в

разделительной камере (м);  $h_2$  – уровень воды в накопительном резервуаре (м);  $S_1$  и  $S_2$  – площади основания разделительной камеры и накопительного резервуара, (м<sup>2</sup>).

Уравнение материального баланса по линии ГЦН при  $m_2 = 0$  имеет вид:

$$\frac{d\Delta G_{PK}}{dt} = \Delta G_{BX} - \Delta G_{ВЫХ.ГЦН}, \quad (1)$$

где  $\Delta G_{PK} = S_1 \cdot \rho \cdot \Delta h_1$  – приращение массового количества воды в РК, кг;  $\Delta G_{ВЫХ.ГЦН}$  – производительность ГЦН, кг/сек;  $\Delta G_{BX}$  – приращение расхода воды, поступающей в РК, кг/сек,  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Известно, что производительность насоса равна:

$$G_{ВЫХ.ГЦН} = \rho \cdot (\pi \cdot D_2 - \delta \cdot z) \cdot b \cdot C_{2r}, \text{ кг/сек}$$

где  $D_2$  – диаметр рабочего колеса по внешней окружности лопаток, м;  $\delta$  – толщина лопаток, м;  $z$  – число лопаток;  $b$  – ширина лопаток на выходе, м;  $C_{2r}$  – скорость выхода воды из колеса в радиальном направлении, м/сек.

Линейная скорость рабочего колеса

$$V_2 = R \cdot \omega = \frac{15 \cdot D \cdot \omega}{\pi}, \text{ об/мин.}$$

где  $\omega$  – частота вращения колеса, 1/сек;  $D$  – диаметр рабочего колеса, м.

При выполнении условий  $D_2 = D$  и  $C_{2r} = V_2$ , получим:

$$G_{ВЫХ.ГЦН} = \rho \cdot (\pi \cdot D - \delta \cdot z) \cdot b \cdot R \cdot \omega = \rho \cdot (\pi \cdot D - \delta \cdot z) \cdot b \cdot \frac{15 \cdot D \cdot \omega}{\pi} = \rho \cdot k \cdot \omega, \text{ кг} \cdot \text{об/мин}$$

где  $k = (\pi \cdot D - \delta \cdot z) \cdot b \cdot \frac{15 \cdot D}{\pi}$  – расчетный коэффициент, м<sup>3</sup>.

С учетом введенных обозначений приращение производительности ГЦН определится выражением:

$$\Delta G_{ВЫХ.ГЦН} = \rho \cdot k \cdot \Delta \omega, \quad (2)$$

Преобразуем выражение (1) с учетом равенства (2), получим

$$\frac{d(\Delta h_1)}{dt} = \frac{1}{S_1 \cdot \rho} \cdot \Delta G_{BX} - \frac{1}{S_1 \cdot \rho} \cdot \rho \cdot k \cdot \Delta \omega = K_{BX} \cdot \Delta G_{BX} - K_n \cdot \Delta \omega, \quad (3)$$

где  $K_{BX} = \frac{1}{S_1 \cdot \rho}$ ,  $\frac{\text{м}}{\text{кг}}$ ;  $K_n = \frac{k}{S_1}$ , м

Наличие исполнительных устройств в системе, предназначенных для изменения расхода воды, делает уравнение материального баланса нелинейным. Как следствие, по каналу управляющего воздействия появляется некоторое запаздывание  $\tau_{\Delta \omega}$ , равное:

$$\tau_{\Delta \omega} = \frac{L_{PK-ГЦН}}{V_{ВЫХ.РК}^2},$$

где  $L_{PK-ГЦН}$  – длина всасывающего патрубка от выхода №2 РК до ГЦН (поз. 3, рис. 1), м;  $V_{ВЫХ.РК}^2$  – скорость движения воды в патрубке, м/с;  $D_{ВЫХ.РК}^2$  – внутренний диаметр всасывающего патрубка ГЦН, м. При этом

$$V_{ВЫХ.РК}^2 = \frac{Q_{ВЫХ.ГЦН} \cdot 4}{\rho \cdot \pi \cdot D_{ВЫХ.РК}^2}, \quad (4)$$

Принимая во внимание выражение (4), определим величину  $\tau_{\Delta \omega}$  в виде:

$$\tau_{\Delta \omega} = \frac{L_{PK-ГЦН} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D_{ВЫХ.РК}^2}{Q_{ВЫХ.ГЦН} \cdot 4} = \frac{0,785 \cdot L_{PK-ГЦН} \cdot \rho \cdot D_{ВЫХ.РК}^2}{Q_{ВЫХ.ГЦН}}, \text{ сек.} \quad (5)$$

В соответствии с приведенным выше алгоритмом запишем уравнение материального вода для РК по линии  $Q_{BX} \rightarrow Q^1_{ВЫХ.РК}$  при  $Q^2_{ВЫХ.РК} = 0$ . При составлении уравнения необходимо учесть, что  $Q_{BX} = f(m_1)$  и  $Q^1_{ВЫХ.РК} = f(m_2, h_1)$ . Имеем:

$$\frac{d\Delta G'_{PK}}{dt} = \Delta Q'_{BX} - \Delta Q^1_{ВЫХ.РК} \quad (6)$$

$$\Delta Q'_{BX} = \left( \frac{\partial Q'_{BX}}{\partial m_1} \right) \cdot \Delta m_1, \quad (7); \quad \Delta Q^1_{ВЫХ.РК} = \left( \frac{\partial Q^1_{ВЫХ.РК}}{\partial m_2} \right) \cdot \Delta m_2 + \left( \frac{\partial Q^1_{ВЫХ.РК}}{\partial h_1} \right) \cdot \Delta h_1, \quad (8).$$

Полагая, что давление воды на входе  $m_1$  равно  $p_1$ , а на выходе  $m_2$  равно  $p_2$ , для принятых ранее обозначений имеем:

$$Q'_{BX} = m_1 \cdot S'_{BX} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1}, \text{ кг/сек} \quad (9)$$

где  $S'_{BX}$  – сечение водовода по линии  $Q_{BX}$ , м<sup>2</sup>;  $\gamma$  – удельный вес воды, Н/м<sup>3</sup>;  $p_1$ , Па;  $p_2$ , Па.

Подставляя (9) в (7), получим:

$$\Delta Q'_{BX} = \left( S'_{BX} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1} \right) \cdot \Delta m_1, \text{ кг/сек} \quad (10)$$

По аналогии с выражением (9) для линии  $Q^1_{ВЫХ.РК}$  можно записать

$$Q'_{ВЫХ} = m_2 \cdot S'_{ВЫХ} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2}, \text{ кг/сек} \quad (11)$$

где  $S'_{ВЫХ}$  – сечение водовода по линии  $Q^1_{ВЫХ.РК}$ , м<sup>2</sup>;

Преобразуем выражение (8) с учетом тождества (11)

$$\Delta Q^1_{ВЫХ.РК} = \left( S'_{ВЫХ} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2} \right) \cdot \Delta m_2 - \frac{m_2 \cdot S'_{ВЫХ} \cdot \sqrt{2g}}{2 \cdot \sqrt{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2}} \cdot \Delta h_1, \text{ кг/сек} \quad (12)$$

Далее для выражения (6) имеем

$$S_1 \cdot \rho \cdot \frac{1}{\sqrt{2g}} \cdot \frac{d(\Delta h_1)}{dt} = \left( S'_{BX} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1} \right) \cdot \Delta m_1 - \sqrt{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2} \cdot \left( S'_{ВЫХ} \cdot \Delta m_2 + \frac{m_2 \cdot S'_{ВЫХ}}{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2} \cdot \frac{\Delta h_1}{2} \right), \quad (13)$$

Для нахождения величины  $h_1$  запишем уравнения баланса в значениях расхода воды через краны на притоке (линия  $Q_{BX}$ ) и оттоке (линия  $Q^1_{ВЫХ.РК}$ ) при номинальных значениях  $m_1$  ( $0 < m_{1НОМ} \leq 1$ ) и  $m_2$  ( $0 < m_{2НОМ} \leq 1$ ). Имеем:

$$m_{1НОМ} \cdot S'_{BX} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1} = m_{2НОМ} \cdot S'_{ВЫХ} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2}, \quad (14)$$

Решая уравнение (14) относительно  $h_1$ , получим:

$$h_1 = \frac{m_{1НОМ}^2 \cdot S_{BX}^2 \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot p_1 + m_{2НОМ}^2 \cdot S_{ВЫХ}^2 \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot p_2}{m_{1НОМ}^2 \cdot S_{BX}^2 + m_{2НОМ}^2 \cdot S_{ВЫХ}^2}, \text{ м} \quad (15)$$

Введем безразмерные коэффициенты вида

$$h_1 = \frac{\Delta h_1}{h_{1Н}}, \text{ (б/р)}; \quad \Delta m_1 = m_1 = \frac{\Delta m_{1i} - m_{1МАХ}}{m_{1МАХ}}, \text{ (б/р)}; \quad \Delta m_2 = m_2 = \frac{\Delta m_{2i} - m_{2МАХ}}{m_{2МАХ}}, \text{ (б/р)}.$$

В окончательном виде для выражения (13) справедливо соотношение

$$\frac{S_1 \cdot \rho \cdot h_{1H}}{\sqrt{2g}} \cdot \frac{d(h_1)}{dt} + \frac{m_2 \cdot S'_{BЫX} \cdot h_{1H}}{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2} \cdot \frac{h_1}{2} = \left( S'_{BХ} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1} \right) \cdot m_1 - \left( S'_{BЫX} \cdot \sqrt{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2} \right) \cdot m_2, \quad (16)$$

где  $h_{1H}$  – номинальный уровень воды в РК, м;

Выражение (16) для принятых технологических и гидравлических величин и параметров, входящих в уравнение материального баланса РК, позволяет оценить изменение во времени аккумулируемой в камере воды при заданных управляющих и возмущающих воздействиях.

Аналогичным образом может быть получено математическое выражение, описывающее изменение уровня воды в НР.

$$\frac{S_2 \cdot \rho \cdot h_{2H}}{\sqrt{2g}} \cdot \frac{d(h_2)}{dt} + \frac{m_3 \cdot S''_{BЫX} \cdot h_{2H}}{h_2 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_4} \cdot \frac{h_2}{2} = \left( S''_{BХ} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_3 - h_2} \right) \cdot m_2 - \left( S''_{BЫX} \cdot \sqrt{h_2 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_4} \right) \cdot m_3, \quad (17)$$

где  $p_3$  – давление воды на выходе  $m_2$ , Па;  $p_4$  – давление воды на входе  $m_3$ , Па;  $S''_{BХ}$  – сечение водовода на выходе  $m_2$ , м<sup>2</sup>;  $S''_{BЫX}$  – сечение водовода на входе  $m_3$ , м<sup>2</sup>;  $h_{2H}$  – номинальный уровень воды в НР, м;  $h_2 = \frac{\Delta h_2}{h_{2H}}$ , (б/р);  $\Delta m_3 = m_3 = \frac{\Delta m_{3i} - m_{3MAX}}{m_{3MAX}}$ , (б/р) и

$$h_2 = \frac{m_{2НОМ}^2 \cdot S_{BХ}^{//2} \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot p_3 + m_{3НОМ}^2 \cdot S_{BЫX}^{//2} \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot p_4}{m_{2НОМ}^2 \cdot S_{BХ}^{//2} + m_{3НОМ}^2 \cdot S_{BЫX}^{//2}}, \text{ м.}$$

Выражения (16) и (17) соответствуют полной системе уравнений материального баланса для двухемкостной системы.

Возможность построения локальных для заданных целей управления систем автоматического регулирования (САР) для РК и НР позволила при выводе уравнений (15) и (16) использовать принцип наложения, т.е. рассмотреть РК и НР как объекты управления, независимые относительно выбранных управляющих воздействий.

Работа всей системы описывается следующим алгоритмом. В исходном состоянии все краны закрыты и обе емкости пусты. В начальный момент контроллер посылает сигнал исполнительному механизму регулирующего органа на линии  $Q_{вх}$ , кран  $m_1$  открывается и в течение времени  $T_1$  [сек] наполняется РК.

По истечении времени  $T_1$  контроллер САР РК посылает команду открыть кран  $m_2$ , и вода начинает поступать в НР. Второе состояние сохраняется на протяжении  $T_2$  [сек].

По истечении времени  $T_2$  начинает контролироваться положение крана  $m_2$ , а именно, если контроллер САР НР обнаруживает, что уровень воды во втором баке опустился ниже значения  $h_{2min}$  [м], поступает команда закрыть выходной кран  $m_3$ . Контроллер, входящий в состав САР РК, дает сигнал на максимальное открытие крана  $m_1$ . При этом, кран  $m_2$  закрывается, а наполнение НР идет по линии ГЦН, который начинает работать в режиме РаТs, преобразуя механическую мощность вращающейся турбины в электрическую энергию трехфазного тока на стороне ЭАГ. Вырабатываемая при этом энергия накапливается с использованием цинко-бромидных и полисульфидно-бромидных аккумуляторных батарей и в дальнейшем используется для питания электроэнергией вспомогательных приборов, агрегатов и прочих потребителей собственных нужд системы [5]. При достижении уровня  $h_{2НОМ}$  [м] контроллер САР НР отключает ГЦН и вырабатывает управляющий сигнал на открытие крана  $m_3$ .

Рассмотрим режим работы РК на ГЦН. Запишем выражение (3) с учетом введенных ранее обозначений

$$h_{1H} \cdot \frac{d(h_1)}{dt} = K_{BX} \cdot \left( S'_{BX} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1} \right) \cdot m_1 - K_n \cdot \tilde{\omega}(t - \tau_{\Delta\omega}), \quad (18)$$

Для нахождения величины  $h_i$  запишем уравнения (18) для начального момента времени ( $t = 0$ ) при номинальных значениях  $m_1$  ( $0 < m_{1ном} \leq 1$ ) и  $\tilde{\omega}$ . Получим:

$$K_{BX} \cdot \left( S'_{BX} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - h_1} \right) \cdot m_{1ном} = K_n \cdot \omega_{ном}.$$

где  $\omega_{ном}$  – номинальная угловая скорость вращения ГЦН, об/мин.

Решая приведенное выше уравнение относительно  $h_1$ , получим:

$$h_1 = \frac{1}{\gamma} \cdot p_1 - \frac{K_n^2 \cdot \omega_{ном}^2}{K_{BX}^2 \cdot m_{1ном}^2 \cdot S_{BX}^{\prime 2} \cdot 2g}, \text{ м}$$

Как следствие, из уравнения (18) для заданного значения  $\tilde{\omega}$  можно определить изменение во времени высоты столба  $h_1$  воды в РК и соответствующее этому изменению функцию расхода  $Q_{ГЦН}(t)$ .

Механический момент на валу турбины равен:

$$M_{мех} = P_0 \cdot \frac{\tilde{\omega}^2}{\omega_{ном}^3} + A_4 \cdot Q_{ГЦН} \cdot \frac{\tilde{\omega}}{\omega_{ном}^2},$$

где  $P_0$  – напор и мощность на валу насоса, соответствующий  $Q_{ГЦН} = 0$  и  $\omega = \omega_{ном}$ ;  $P_{мех.ном}$  – номинальная мощность насоса, кВт;  $Q_{ГЦН.ном}$  – номинальный расход насоса, кг/сек;

$$A_4 = (P_{мех.ном} - P_0) / Q_{ГЦН.ном}.$$

В режиме PaTs момент  $M_{мех}$  является вращающим по отношению к ротору ЭАГ, а мощность  $P_{мех}$  преобразуется в электрическую энергию на выходе генератора.

Работа двухъямочной системы с САР стабилизацией заданных значений уровней в РК и НР была исследована с помощью соответствующей инструментальной модели в интегрально-программируемой среде MatLab-Simulink (рис. 2).

$$S'_{ВЫХ} \cdot \Delta m_2 + \frac{m_2 \cdot S'_{ВЫХ}}{h_1 - \frac{1}{\gamma} \cdot p_2} \cdot \frac{\Delta h_1}{2}$$

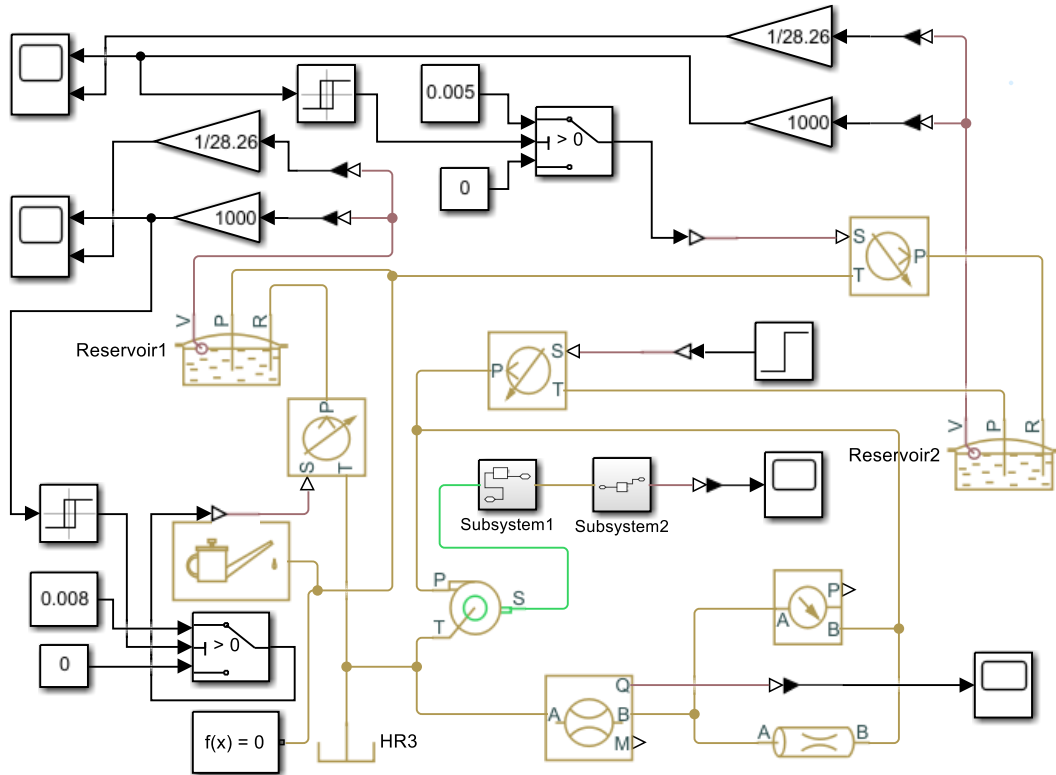


Рисунок 2. Окно модели двухемкостной системы с разделительной камерой и накопительным резервуаром и автоматическим регулированием уровня воды в емкостях  
 Figure 2. Window of the model of a two-capacity system with a separation chamber and a storage tank and automatic regulation of the water level in the tanks

Модель включает в себя два резервуара диаметром 6 метров с контролируемыми соответствующими САР уровнями воды в 4 метра. Блок центробежного насоса соответствует насосу типа 2ЦГ 25/50-5,5-1 (4). В виртуальной (Subsystem 1) подсистеме объединены блоки, имитирующие работу конструктивно входящего в ГЦН ЭАД. В свою очередь, в подсистеме (Subsystem 2) объединены блоки, соответствующие модели трехфазного импульсного регулятора фазного напряжения автономного ЭАГ, построенного по топологии пяти-уровневого автономного инвертора напряжения с плавающим конденсатором [6]. Положим, что при  $t = 0$ , в РК (Reservoir 1) аккумулирована вода, соответствующая уровню 4 метра (рис. 3).

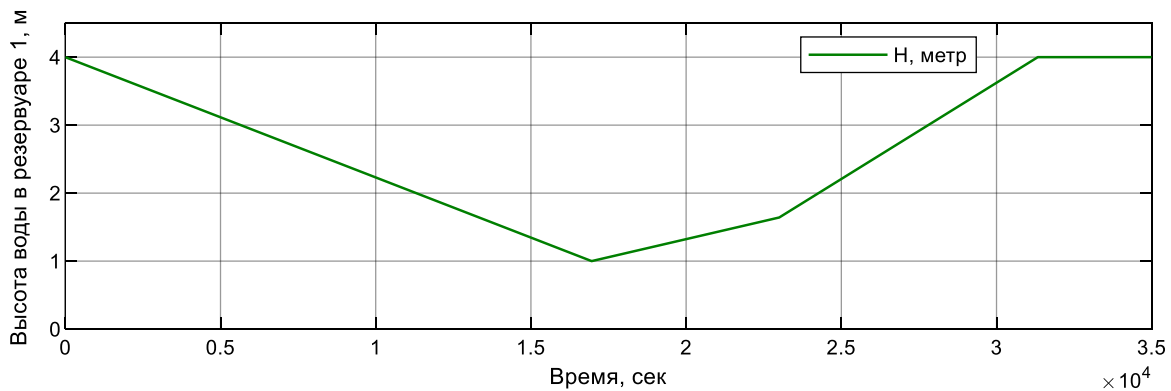


Рисунок 3. Изменение уровня воды в разделительной камере  
 Figure 3. Changing the water level in the separation chamber

Далее вода из РК по водоводу  $Q_{\text{вых.РК}}^1$  начинает заполнять (рис. 4) НР (Reservoir 2).



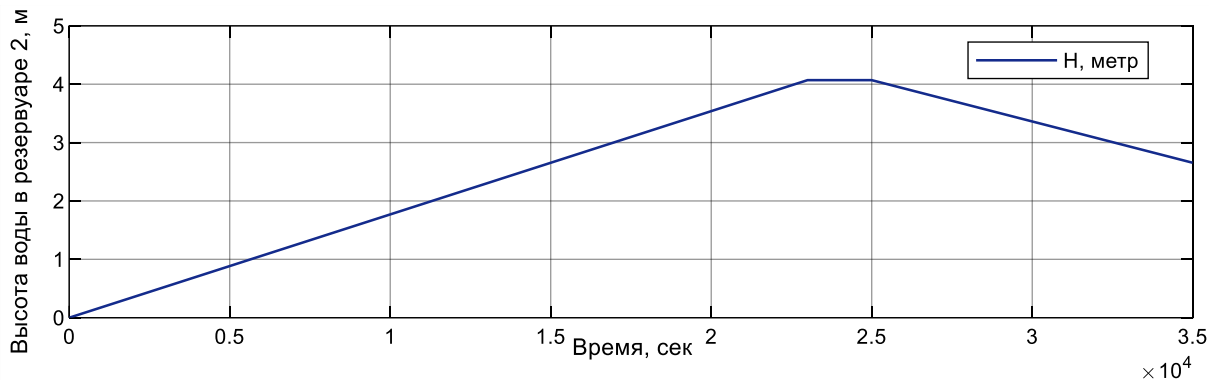


Рисунок 4. Изменение уровня воды в накопительном резервуаре  
 Figure 4. Changing the water level in the storage tank

При достижении в РК отметки в 1 метр, в камеру по водоводу с расходом  $Q_{вх}$  начинает поступать вода. Одновременно с этим РК отдает воду в НР. В момент времени  $t = 23000$  сек уровень воды в НР достигает отметки в 4 метра и поступление воды в резервуар прекращается (рис. 3). При  $t = 25000$  сек по линии  $Q^2_{вых.РК}$  к НР подключается ЦГН, работающий в режиме PaTs, что приводит к снижению уровня воды в резервуаре.

Кривые разгона (изменения уровня воды) на рисунке 3 и рисунке 4 отражают инвариантность в работе САР РК и САР НР.

Для подтверждения возможности косвенного нагрева поступающей в ГЦН в режиме PaTs воды использовалась лабораторная установка, общий вид которой приведен на рисунке 5.

Принцип работы установки основан на воспроизведении объемного расхода рабочей жидкости при помощи гидравлической системы и измерении объема (массы), температуры либо объемного расхода этой жидкости эталонными средствами измерений. Работа установки осуществляется по замкнутому циклу. Циркуляция воды обеспечивается с помощью ГЦН, который подает воду из НР к рабочему столу через устройства стабилизации потока. НР (рабочая емкость) представляет собой бак объемом  $6 \text{ м}^3$ . Автоматизированный измерительный комплекс, входящий в состав установки, позволяет формировать протоколы измерений и отображать их на мониторе компьютера. Температура воды при рециркуляции контролируется с помощью термометров сопротивления платиновых класса А с диапазоном измерений от 0 до  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ .



- автоматизированный измерительный комплект
- дожимной насос стабилизации потока на малых расходах
- узел реверсирования потока
- циркуляционный насос
- регулирующий резервуар

Рисунок 5. Общий вид установки с элементами детализации и взаимного расположения  
 Figure 5. General view of the installation with elements of detail and mutual arrangement

**Результаты исследований.** Наличие факта косвенного нагрева воды насосом, работающим в турбинном режиме, определялось лабораторным способом. Для перевода ЦГН в режим работы PaTs в гидравлическую сеть установки последовательно включается дожимной насос, который задает требуемый расход воды в замкнутом контуре с рабочей емкостью. При этом величина расхода устанавливается таким образом, чтобы перевести работу турбины в режим идеального холостого хода. В этом случае вал ротора ЭАГ турбины должен вращаться механически с частотой поля статора. Как следствие, механические потери ЭАГ будут восприняты приводным двигателем дожимного насоса. В то же время потери в меди ротора генератора будут равны нулю, так как его вал вращается синхронно полю статора [7]. Разделение составляющих потерь в режиме идеального холостого хода позволяет повысить точность экспериментального определения потерь в гильзе статора и снизить погрешность при их сравнении с данными потерь, полученными расчетным путем.

Применительно к условиям проведения эксперимента, температура воды в баке на начало процесса рециркуляции составляла 20°C. По истечении времени, равному 17 минут, температура воды на входном патрубке насоса составляла 26°C (рис. 6).

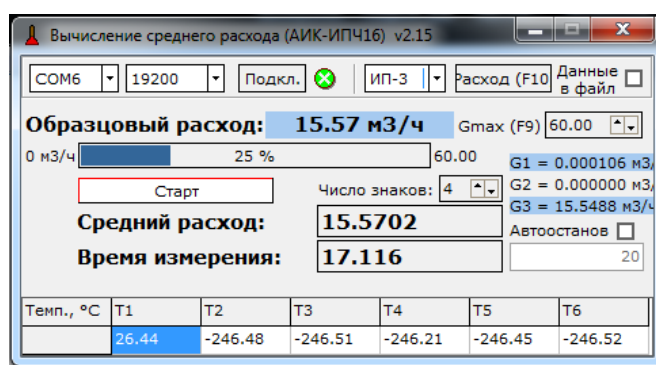


Рисунок 6. Протокол измерений температуры и объемного расхода воды центробежного насоса в режиме работы PaTs

Figure 6. Protocol for measuring the temperature and volumetric flow rate of the centrifugal pump in the PaTs operating mode

Исследование работы ГЦН в режиме PaTs проводилось методом имитационного моделирования на модели, окно которой приведено на рисунке 2. В процессе моделирования рассматривались режимы работы автономного ЭАГ при самовозбуждении и подключении несимметричной активной нагрузки к фазам генератора [8]. Стабилизация напряжения на статорных зажимах генератора осуществлялась с помощью соответствующей САР [9].

На начальном, подготовительном этапе параметры схемы замещения ЭАД необходимо пересчитать к параметрам Т – образной схемы замещения, соответствующей асинхронному двигателю с короткозамкнутым ротором (к.з.) традиционной конструкции [10]. Характеристика холостого хода  $U_{10} = f(I_{10})$  с учетом насыщения магнитной цепи эквивалентного АД с к.з. приведена в таблице.

Таблица. Характеристика холостого хода двигателя  
 Table 1. Engine idling characteristic

$I_{10}$ , А	0,09	0,48	0,96	1,45	1,73	2,03	2,33	2,63	2,95	3,26	3,6	4,0	4,82	5,51	6,84
$U_{10}$ , В	8,66	43,3	86,6	129,9	155,9	181,9	207,8	233,8	259,8	285,8	311,8	337,8	381	407	433

Кривая изменения напряжения фазы А автономного ЭАГ в режиме самовозбуждения и работе под нагрузкой приведена на рисунке 7. На рисунке 8 приведена кривая изменения

действующего значения тока. В момент времени  $t = 1,5$  сек к статору фазы А генератора подключается активная нагрузка мощностью 1,7 кВт.

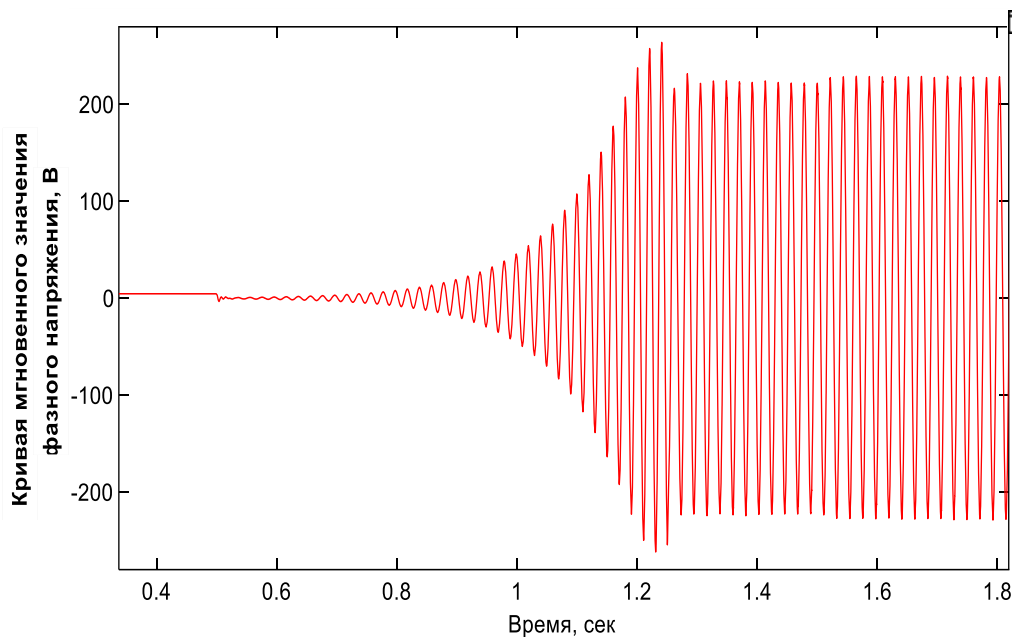


Рисунок 7. Кривая мгновенного значения напряжения фазы А генератора  
Figure 7. The curve of the instantaneous value of the voltage of the phase A of the generator

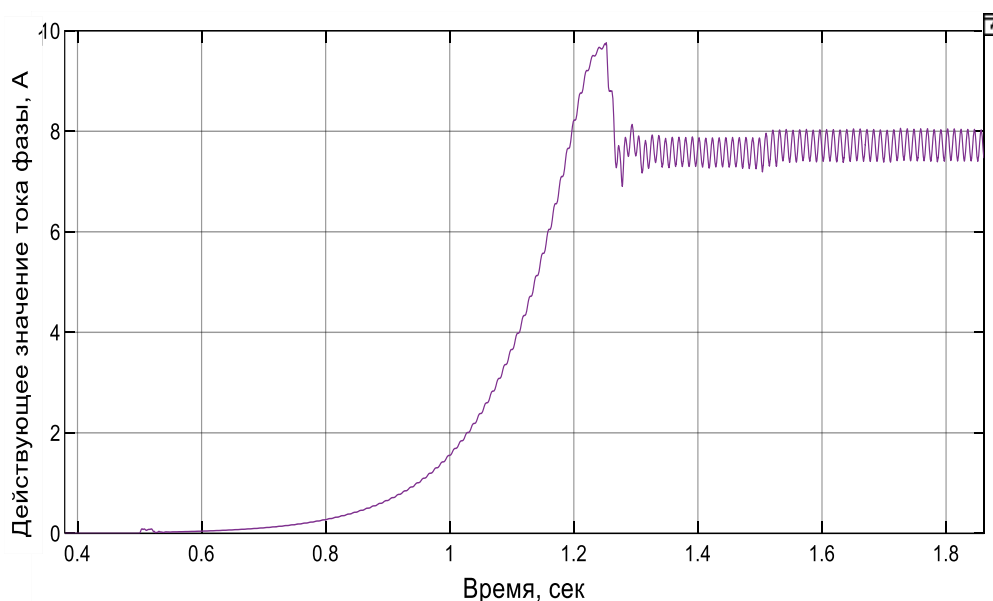


Рисунок 8. Кривая действующего значения тока фазы А генератора  
Figure 8. The curve of the current value of the phase A of the generator

Учитывая длительность электрических переходных процессов на зажимах генератора, можно считать их безынерционными по отношению к процессам, происходящим в турбине.

#### **Выводы.**

1. С использованием уравнений материального баланса для заданной структуры двухъёмкостной системы синтезирована ее инструментальная модель в среде Simulink пакета MatLab. В результате моделирования подтвердили возможность использования накопленной в системе потенциальной энергии воды для практических нужд. В частности, получение автономного трехфазного источника электроэнергии за счет перевода насоса и встроенного в

него двигателя в обращенные режимы работы, соответствующие режимам турбины и генератора.

2. Для полученной модели инструментально реализованы системы автоматического регулирования уровнями воды в разделительной камере и накопительном резервуаре. В соответствии с задачами управления по стабилизации указанных уровней, применительно к выбранной структуре двухъярусной системы, по результатам моделирования доказана практическая возможность независимой работы камеры и резервуара относительно значений скоростей текущих процессов истечения.

3. Экспериментальным путем на лабораторной установке подтверждена практически возможность косвенного нагрева воды, проходящей через подводящий и отводящий патрубки герметичного центробежного насоса.

### Список источников литературы

1. Трясцина Н. Ю. Аналитическое обеспечение управления производительностью труда в сельском хозяйстве. – М.: ООО «Мегаполис», 2018. – 162 с.
2. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ. – М.: Колос, 1981. – 320 с.
3. Эксплуатация мелиоративных насосных станций: учебное пособие / К. И. Лысов [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 255 с.
4. Ольгаренко Г.В. Насосные станции для орошения: Справочное пособие. - Коломна, 2007. – 304 с.
5. Zeng Y. K., Zhao T. S., Zhou X. L., Zou J., Ren Y. H. A hydrogen-ferric ion rebalance cell operating at low hydrogen concentrations for capacity restoration of ironchromium redox flow batteries // *Journal of Power Sources.*– 2017. Vol. 352. – P. 77-82.
6. Черных А.Г. Показатели качества электроэнергии обращенного режима работы центробежного насоса с экранированным асинхронным двигателем в составе энергоблока установки МикроГЭС // *Актуальные вопросы аграрной науки. Научно-практический журнал / Иркутский государственный аграрный университет.* – 2021. – № 40. – С.27-36.
7. Готтер Г. Нагревание и охлаждение электрических машин / Пер. с нем. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 414 с.
8. Бондарено А.В., Черных А.Г. Экспериментальное исследование опытного образца установки микроГЭС с энергоблоком типа экранированный асинхронный генератор-турбина // *Вестник ИрГСХА: Сборник научных трудов / ИрГСХА.* – Иркутск, 2012. – Вып. 53 – С.120-129.
9. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учеб. для студ. Вузов. – М.: Издат. центр «Академия», 2006. – 272 с.
10. Коськин Ю.П., Черных А.Г., Бондаренко А.В. Приведение параметров эквивалентных обмоток экранированной асинхронной машины к параметрам расчетной схемы замещения // *Вестник ИрГСХА: Сборник научных трудов 2010.* – Вып. 41 – С.107-116.

### References

1. Tryashtsina, N.Y., (2018), “Analytical support of labor productivity management in agriculture”, *Megapolis LLC*, Moscow, P. 162.
2. Little, T. and Hills, F., (1981), “Agricultural experimental business. Planning and analysis”, *Kolos*, Moscow, P. 320.
3. Lysov, K.I. [et al.], (1988), “Operation of reclamation pumping stations: textbook”, *Agropromizdat*, Moscow, P. 255.
4. Olgarenko, G.V., (2007), “Pumping stations for irrigation: A reference manual”, Kolomna, P. 304.
5. Zeng, Y.K., Zhao, T.S., Zhou, X.L., Zou, J. and Ren, Y.H., (2017), “A hydrogen-ferric ion rebalance cell operating at low hydrogen concentrations for capacity restoration of ironchromium redox flow batteries”, *Journal of Power Sources.*, vol. 352, P. 77–82.
6. Chernykh, A.G., (2021), “Indicators of the quality of electricity of the reversed mode of operation of a centrifugal pump with a shielded asynchronous motor as part of a power unit of a microelectric power plant”, *Topical issues of agricultural science. Scientific and practical journal*, Irkutsk State University, Irkutsk, no.40, pp.27-36.

7. Gotter, G., (1959), "Heating and cooling of electric machines", Trans. from German, *Gosenergoizdat*, P. 414.
8. Bondarenko, A.V. and Chernykh, A.G., (2012), "Experimental study of a prototype of a microelectric power plant with a power unit of the shielded asynchronous generator-turbine type", *Bulletin of the IrGSHA: Collection of scientific papers*, Irkutsk, Issue 53., pp.120-129.
9. Sokolovsky, G.G., (2006), "Alternating current electric drives with frequency control", textbook, for students. Universities, "Academy", М., P. 272.
10. Koskin Yu.P., Chernykh, A.G. and Bondarenko, A.V., (2010), "Reduction of the parameters of equivalent windings of a shielded asynchronous machine to the parameters of the calculated substitution scheme", *Bulletin of the IrGSHA: Collection of scientific papers*, Irkutsk, Issue 41., pp.107-116.

#### Сведения об авторе

**Черных Алексей Георгиевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского», spin-код: 6696-6126; Researcher ID ABB-9205-2021.

#### Information about the author

**Alexey G. Chernykh** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky", spin-code: 6696-6126. Researcher ID ABB-9205-2021.

*Статья поступила в редакцию 15.10.2021 г.; одобрена после рецензирования 06.12.2021 г.; принята к публикации 09.12.2021 г.*

*The article was submitted 15.10.2021; approved after reviewing 06.12.2021; accepted after publication 09.12.2021.*

Научная статья

УДК 621.431.06-049.32

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-124-131

### ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КЛАПАННЫХ СОПРЯЖЕНИЙ МОДИФИКАЦИЕЙ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

**Алексей Геннадьевич Ипатов<sup>1</sup>, Кирилл Георгиевич Волков<sup>2</sup>, Сергей Николаевич Шмыков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Студенческая, 9,  
г. Ижевск, 426069, Россия; ipatow.al@yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>

<sup>2</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Студенческая, 9,  
г. Ижевск, 426069, Россия; wolkow-kirill@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-0606-5481>

<sup>3</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Студенческая, 9,  
г. Ижевск, 426069, Россия; sergei-natali@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>

**Реферат.** В работе проведены исследования защитного состава рабочей фаски клапана, работающего в двигателе на газомоторном топливе. Использование стандартных методов защиты рабочей фаски не позволяет сохранить заявленный производителем ресурс, так как возросшие температуры в камере сгорания приводят к окислению химических элементов защитного покрытия и разрушению самого покрытия. В состав покрытия входят такие элементы, как никель Ni, карбид кремния SiC, диоксид циркония ZrO<sub>2</sub>, тантал Ta. Наплавка

порошковой композиции производилась высокочастотной лазерной установкой, состоящей из иттербиевого волоконного лазера со средней мощностью 50 Вт и длиной волны 1,065 мкм. Для получения результатов долговечности рабочей поверхности клапана использовали стенд, разработанный на основе станка ОНР-1841а. Данный стенд позволял поддерживать определенную температуру и скорость потока газов в зоне сопряжения «клапан-седло» в момент имитации работы клапана. Исследования проводились в сравнении с клапаном со стандартным покрытием ВЗК. Сравнение производилось по ширине образовавшегося пояса приработки на поверхности рабочей фаски. По результатам эксперимента составлены графики изменения ширины рабочего пояса в зависимости от времени приработки. Затем проведена линейная аппроксимация экспериментальных данных. Получены зависимости изменения ширины пояса, построены соответствующие графики. По результатам обработки полученных данных определено, что использование предложенной порошковой композиции в качестве защитного покрытия позволяет увеличить срок службы сопряжения «клапан-седло» на 50% по сравнению с составом ВЗК.

**Ключевые слова:** защитное покрытие, рабочая фаска клапана, модификация поверхности, срок службы, клапанный механизм

**Цитирование.** Ипатов А.Г., Волков К.Г., Шмыков С.Н. Повышение долговечности клапанных сопряжений модификацией рабочих поверхностей // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №4 (65) – С. 124-131. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-124-131

## THE DURABILITY INCREASING OF VALVE COUPLINGS BY MODIFICATION OF WORKING SURFACES

Alexey G. Ipatov<sup>1</sup>, Kirill G. Volkov<sup>2</sup>, Sergey N. Shmykov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, st. Student, 9, Izhevsk, 426069, Russia; ipatow.al@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>

<sup>2</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, st. Student, 9, Izhevsk, 426069, Russia; wolkow-kirill@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0606-5481>

<sup>3</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, st. Student, 9, Izhevsk, 426069, Russia; sergei-natali@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>

**Abstract.** In the work, the research of the protective composition of the working chamfer of the valve operating in the engine on gas engine fuel was carried out. The use of standard methods of protecting the working chamfer does not allow saving the resource declared by the manufacturer, since the increased temperatures in the combustion chamber lead to the oxidation of the chemical elements of the protective coating and the destruction of the coating itself. The composition of the coating includes such elements as nickel Ni, silicon carbide SiC, zirconium dioxide ZrO<sub>2</sub>, tantalum Ta. The powder composition was deposited with a high-frequency laser setup consisting of an ytterbium fiber laser with an average power of 50 W and a wavelength of 1.065 μm. To obtain the results of the durability of the valve working surface, a stand developed on the basis of the OPR-1841a machine was used. This stand made it possible to maintain a certain temperature and gas flow rate in the "valve-seat" interface at the time of imitation of the valve operation. The studies were carried out in comparison with a valve with a standard ВЗК coating. The comparison was made according to the width of the running-in belt formed on the surface of the working chamfer. According to the results of the experiment, graphs of the change in the width of the working belt depending on the running-in time were compiled. Then, a linear approximation of the experimental data was carried out. The dependences of the change in the width of the belt are obtained, the corresponding graphs are built. Based on the results of processing the data obtained, it was determined that the use of the

proposed powder composition as a protective coating allows to increase the service life of the valve-seat interface by 50% compared to the ВЗК composition.

**Keywords:** *protective coating, valve chamfer, surface modification, service life, valve mechanism*

**Citation.** Ipatov, A.G., Volkov, K.G. and Shmykov, S.N. (2021), “Increasing the durability of valve couplings by modifying the working surfaces”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 65, no. 4, pp. 124-131, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-124-131

**Введение.** Стабильный рост цен на бензиновое и дизельное топливо наблюдается в течение последних 20 лет, особенно высокие показатели выявлены за последние 2 года [1]. Этот факт вынуждает многие организации переходить на газомоторное топливо [2]. Однако использование данного топлива приводит к сокращению срока службы двигателей внутреннего сгорания до 80%. Наиболее значимые изменения происходят с рабочей температурой в камере сгорания. Так, для дизельного двигателя температура возрастает на 250 – 300 °С, а также с условиями трения в сопряжении «клапан-седло», так как при сгорании газового топлива в данном сопряжении наблюдается переход с граничного на сухое трение [3].

Итоговая температура в камере сгорания при работе двигателя на природном газовом топливе достигает 650 – 700 °С. Давление в камере сгорания в конце расширения рабочей смеси равняется 0,25...0,45 МПа. В момент начала открытия клапана, когда площадь проходного сечения мала, отработанные газы вытекают со скоростью около 1000 м/с (Хазен М.М., Матвеев Г.А., Грицевский М.Е., Казакевич Ф.П., 1981).

Переход на сухое трение в сопряжении «клапан-седло» приводит к интенсивному эрозионному и термическому износу под действием высокоскоростных, высокотемпературных газов. В [4] описывается, что поломки данного характера наблюдаются при пробеге в 50 000 км, что согласно [5] приравнивается к 2000 мото часам для автомобильного транспорта, при этом производители двигателей гарантируют ресурс работы клапанного механизма в течение 10 000 мото часов.

**Цель исследования.** Исходя из вышесказанного, основной целью данной работы является разработка способа увеличения долговечности сопряжения «клапан-седло» путем модификации рабочей поверхности защитным составом.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Для защиты рабочей фаски клапана был разработан специальный состав на основе никеля Ni с добавлением таких легирующих элементов, как тантал Ta, карбид кремния SiC и диоксид циркония ZrO<sub>2</sub>. Данный состав (порошковая композиция элементов) был выбран, исходя из исследований, описанных в работах (Цирлин М.С., Андрияшин С.Г., Касаткин А.В., Рыбаков С.Ю., 1987).

Нанесение защитного покрытия производили на высокочастотной лазерной установке [7].

Для проведения лабораторных исследований нами была разработана экспериментальная установка, моделирующая работу клапанного механизма (рис. 1) [6, 7, 8, 9, 10].

Перед экспериментом проводится визуальный осмотр клапанов, седел, создаются их фотоснимки. Клапан устанавливается в головку блока. Для сравнения используется стандартный выпускной клапан с покрытием рабочей фаски сплавом ВЗК. Запускается станок, секундомер и в то же время включается терморегулятор ТРМ 500-Щ2.30А. Процесс длится 20 мин, затем клапана снимаются и проводится анализ поверхностей. Замеряется ширина образовавшегося пояса в зоне контакта «клапан-седло». Визуально исследуется поверхность и создаются фотоснимки клапана и седла. Далее цикл повторяется. В данном исследовании было выполнено 5 циклов исследований.

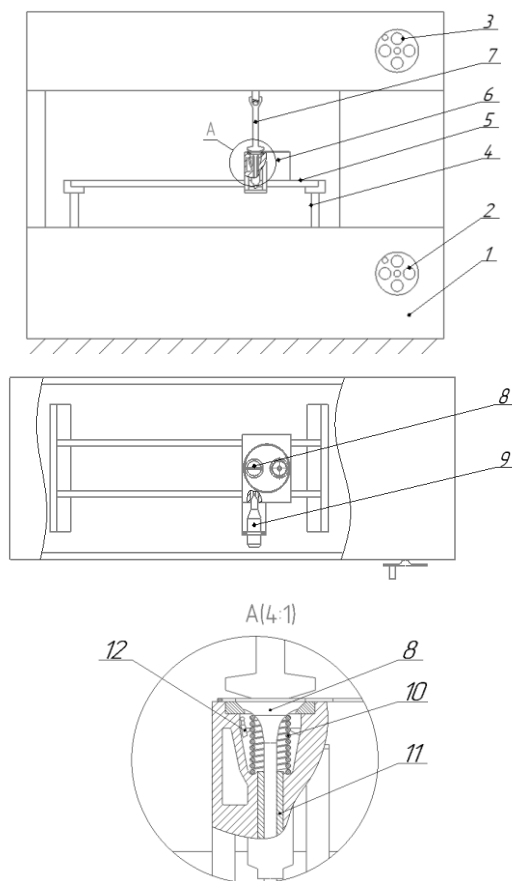


Рисунок 1. Схема испытательной установки:

1 – станок OPR-1841A; 2 – маховик регулировки высоты опор; 3 – маховик ручного привода; 4 – опора; 5 – рама; 6 – ГБЦ КАМАЗ 740.10; 7 – приводная лопатка; 8 – клапан выпускной; 9 – фен BLACK+DACKER KX2200K-QS; 10 – возвратная пружина; 11 – направляющая втулка; 12 – термопара K06

Figure 1. Test bench:

1 - machine OPR-1841A; 2 - flywheel for adjusting the height of the supports; 3 - hand wheel; 4 - support; 5 - frame; 6 - cylinder head KAMAZ 740.10; 7 - drive blade; 8 - outlet valve; 9 - hair dryer BLACK + DACKER KX2200K-QS; 10 - returnable spring; 11 - guide sleeve; 12 - thermocouple K06

По характеру и скорости образования пояска на поверхности рабочей фаски клапана производится сравнение стандартного и модифицированного клапанов, затем делается заключение о долговечности клапанного сопряжения.

**Результаты исследований.** Увеличение ширины пояска сопряжения приводит к увеличению площади опоры и уменьшению давления, при постоянном значении усилия прижатия, задаваемого пружиной клапанного механизма. Уменьшение давления, в свою очередь, может привести к прорыву горячих газов из камеры сгорания. Согласно данным («Автомобильный двигатель ЗИЛ 130» / Под ред. А. М. Кригера, 1973), ширина рабочего пояска не превышает значения 2 мм. Исходя из этого, можно сделать вывод, что превышение данного значения может привести к ускоренному разрушению сопряжения «клапан-седло».

На рисунке 2а приведен стандартный клапан до испытаний, на рисунке 2б приведен модифицированный клапан до испытаний.





**Рисунок 2. Клапана до испытаний:**  
**а) стандартный клапан; б) модифицированный клапан**  
**Figure 2. Valves before testing**  
**a) standard valve; b) modified valve**

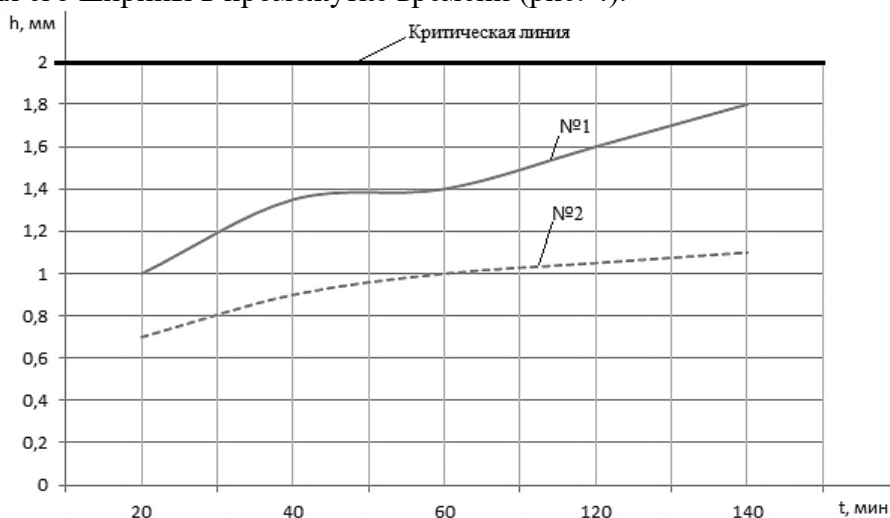
На рисунке 2а видно гладкую, ровную поверхность стандартного клапана до испытаний, а на рисунке 2б присутствует малозаметная пористость клапана с модифицированной рабочей поверхностью.

На рисунке 3 изображены клапана после проведения пяти циклов испытаний.



**Рисунок 3. Клапана после испытаний:**  
**а) стандартный клапан; б) модифицированный клапан**  
**Figure 3. Valve after testing:**  
**a) standard valve; b) modified valve**

На рисунке 3а видно, что на стандартном клапане имеется четко выраженный поясок сопряжения «клапан-седло». Он имеет небольшой разброс по ширине в пределах  $1,8 \pm 0,1$  мм. В свою очередь, на модифицированном клапане (рис. 3б) поясок менее заметен и обладает шириной не более  $1,1 \pm 0,1$  мм. Для более наглядного представления динамики изменения ширины пояска сопряжения были сняты промежуточные значения и изображены в виде графика изменения его ширины в промежутке времени (рис. 4).



**Рисунок 4. Динамика изменения ширины пояска сопряжения «клапан-седло»:**  
**№1 – стандартный клапан; №2 – модифицированный клапан**  
**Figure 4. Graph of the change in the width of the coupling belt "valve-seat":**  
**No 1 - standard valve; No 2 - modified valve**

Для получения полной картины процесса образования пояска и дальнейшего износа рабочей фаски проведена степенная аппроксимация полученных данных. Выведены следующие зависимости:

$$Y_1 = 0,363x^{0,342}; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,310x^{0,280}; \quad (2)$$

где  $Y_1$  – ширина образовавшегося пояска на стандартном клапане, мм;

$Y_2$  – ширина образовавшегося пояска на модифицированном клапане, мм;

$x$  – время работы сопряжения, мин.

Используя полученную зависимость, построим графики изменения ширины пояска рабочей фаски до критического значения в 2 мм (рис. 5).

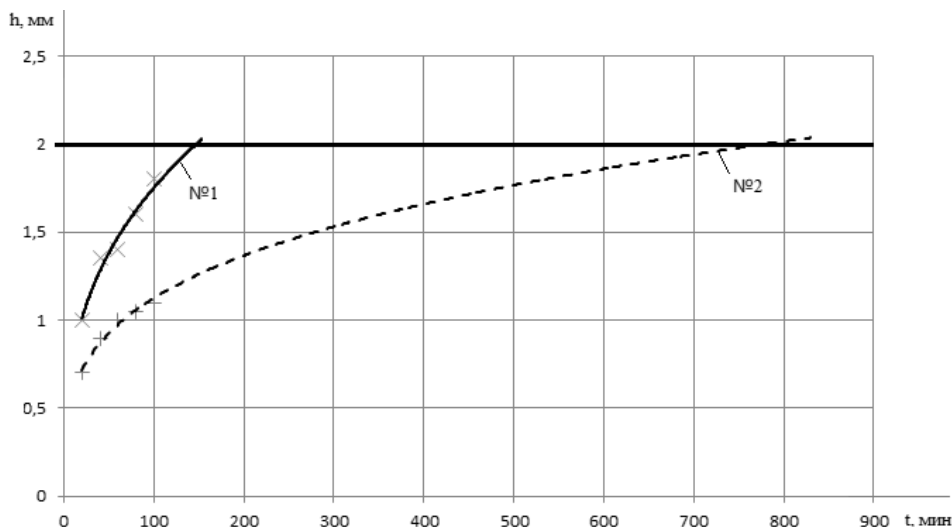


Рисунок 5. Динамика изменения ширины пояска сопряжения «клапан-седло» по аппроксимированным данным:

№1 – стандартный клапан; №2 – модифицированный клапан

Picture 5. The graph of the change in the width of the "valve-seat" interface band according to the approximated data:

No. 1 - standard valve; No. 2 - modified valve

На графике заметно, что стандартный клапан уже на первом этапе принял значение ширины пояска 1 мм, а модифицированный клапан на первом этапе имел ширину пояска не более 0,75 мм, которая слабо просматривалась на всей поверхности рабочей фаски клапана. Это говорит о более долгой приработке клапана к седлу. На протяжении всех циклов испытаний у стандартного клапана рост ширины пояска наблюдался более интенсивным, что позволяет сделать вывод о скорейшем износе сопряжения «клапан-седло». Уже на пятом цикле (время работы 140 мин) значение ширины рабочего пояска у стандартного клапана приняло значение 1,8 мм, а при времени работы 160 мин ширина пояска превысила значение 2 мм. В свою очередь, модифицированный клапан имеет более «пологую» характеристику изменения ширины пояска, что позволяет сделать вывод о высокой долговечности покрытия в заданных режимах эксплуатации. Достижение ширины пояска в 2 мм происходит при времени работы 780 мин.

**Выводы.** В данной работе были изучены современные проблемы перевода сельскохозяйственной техники на компримированный природный газ. Определены факторы, влияющие на уменьшение срока службы двигателя, а именно на срок службы сопряжения «клапан-седло». Для сопротивления рабочей фаски температурам продуктов сгорания, равным 650 – 700 °С, истекающим через проходное сечение клапанного механизма со скоростью до 1000 м/с, а также износу в результате сухого трения, нами был предложен

способ решения данной проблемы методом наплавки модифицированного защитного сплава на основе никеля с добавлением тантала, карбида кремния и диоксида циркония.

Для определения стойкости полученного сплава к рабочим факторам и проведения сравнительного анализа нами была разработана испытательная установка. С помощью нее удалось определить скорость износа рабочей фаски клапана. В среднем скорость износа стандартного клапана превышает темпы износа модифицированного клапана на 485%. Из этого можно сделать вывод, что при возросших температурных нагрузках, отсутствия смазки в сопряжении модифицированный клапан имеет большую долговечность, нежели стандартный. Данная разработка позволит увеличить срок службы клапанного механизма двигателя, работающего на газомоторном топливе.

#### Список источников литературы

1. Об объеме производства нефтепродуктов с 31 мая по 6 июня 2021 года и потребительских ценах на них // Федеральная служба государственной статистики: интернет портал. – URL: [https://gks.ru/bgd/free/B04\\_03/IssWWW.exe/Stg/d02/73.htm](https://gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/73.htm) (дата обращения: 15.06.2021).
2. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В. Эффективность газомоторного топлива для сельхозтехники // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 1. – С. 12-15.
3. Колодочкин М.В., Шабанов А.Ю., Попутный газ // За рулем: электронный журнал. – URL: [https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj\\_gaz/](https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj_gaz/) - Дата публикации: 01 октября 2008.
4. Попов Д.А., Поляков И.Е., Третьяков А.И. О целесообразности применения аустенитного марганцовистого чугуна для седел клапанов ДВС, работающих на газомоторном топливе // Современные проблемы науки и образования. – 2014. - № 2. – С. 10 – 18.
5. Российская Федерация. Государственный таможенный комитет. О введении в действие годовых норм расхода моторесурсов (пробега) автомобильного транспорта: приказ Государственного таможенного комитета от 2 октября 1996 г. № 609 // ГТК Российской Федерации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9031328> (дата обращения: 17.06.2021).
6. Ипатов А.Г., Волков К.Г. К обоснованию материала защитно-восстановительного покрытия рабочей поверхности тарелки клапана // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 44-50.
7. Troitzsch U., Ellis D. The ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> phase diagram // Journal of Materials Science. – 2005. – Vol. 40. P. 4571-4577. DOI: 10.1007/s10853-005-1116-7.
8. Ипатов А.Г., Харанжевский Е.В., Иванов А.Г. Модификация подшипниковых сопряжений турбокомпрессора ТКР 7С- 6 // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2020. – № 6. – С. 101–106.
9. Ipatov A.G., Kharanzhevskiy E.V. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Т. 40. – № 6. – S. 588–592.
10. F. Monteverde and A. Bellosi, “Oxidation of ZrB<sub>2</sub> Based Ceramics in Dry Air,” J. Electrochem. Soc., 150 [11] B552–9 (2003).

#### References

1. Federal State Statistics Service, (2021), “On the volume of production of petroleum products from May 31 to June 6, 2021 and consumer prices for them”, available at: [https://gks.ru/bgd/free/B04\\_03/IssWWW.exe/Stg/d02/73.htm](https://gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/73.htm) (Accessed 15 June 2021).
2. Saveliev, G. S., Kochetkov, M. N. and Ovchinnikov E. V. (2015), «Efficiency of NGV fuel for agricultural machinery», *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*, no. 1, pp. 12-15.
3. Kolodochkin, M.V., (2008), «Associated gas», available at: [https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj\\_gaz](https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj_gaz) (Accessed 15 June 2021).
4. Popov, D. A., Polyakov, I. E. and Tret'yakov A. I. (2014), “The feasibility of austenitic manganese iron for ice valve seats, fuelled to natural gas”, *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, no. 2, pp. 10-18.
5. State Customs Committee, (1996), 609. *O vvedenie v dejstvie godovyh norm raskhoda motoresursov (probega) avtomobil'nogo transporta* [609. About the introduction of annual rates of consumption of

- motor resources (mileage) of road transport], State Customs Committee of the Russian Federation, Moscow, Russia.
6. Ipatov, A.G. and Volkov, K.G., (2021), «About to substantiate the material for the protective-and-recovering coating of the valve disc working chamfer», *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, no. 1, pp. 44-50.
  7. Troitzsch U. and Ellis D., (2005), «The ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> phase diagram», *Journal of Materials Science*. Vol. 40. P. 4571-4577. DOI: 10.1007/s10853-005-1116-7.
  8. Ipatov, A. G., Kharanzhevsky, E. V. and Ivanov, A. G. (2020), «Modification of the bearing interfaces of a tkr7c-6 turbocharger», *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*, no. 6, pp. 101-106.
  9. Ipatov, A.G. and Kharanzhevsky, E.V., (2019), «The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride», *Journal of Friction and Wear*, vol. 40, no. 6, pp. 588–592.
  10. Monteverde, F. and Bellosi, A., (2003), «Oxidation of ZrB<sub>2</sub> Based Ceramics in Dry Air», *J. Electrochem, Soc.*, 150 [11], pp. 552–9.

#### Сведения об авторах

**Ипатов Алексей Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, spin-код: 5511-3250.

**Волков Кирилл Георгиевич** – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, spin-код: 4959-4058.

**Шмыков Сергей Николаевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, spin-код: 7802-5500.

#### Information about the authors

**Alexey G. Ipatov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Operation and Repair of Machines", Izhevsk State Agricultural Academy, spin-code: 5511-3250.

**Kirill G. Volkov** – Graduate Student of the Department "Operation and Repair of Machines", Izhevsk State Agricultural Academy, spin-code: 4959-4058.

**Sergey N. Shmykov** – Candidate of Economical Sciences, Associate Professor of the Department "Operation and Repair of Machines", Izhevsk State Agricultural Academy, spin-code: 7802-5500.

**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 10.11.2021 г.; одобрена после рецензирования 02.12.2021 г.; принята к публикации 06.12.2021 г.*

*The article was submitted 10.01.2021; approved after reviewing 02.12.2021; accepted after publication 06.12.2021.*

Научная статья

УДК 631.362.3

doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-132-141

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ВОРОХА СЕМЯН ТРАВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ**

**Виктор Александрович Смелик<sup>1</sup>, Михаил Алексеевич Новиков<sup>2</sup>,  
Леонид Иванович Ерошенко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; smelik\_va@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; mihanov25@rambler.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-6349-1842>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; eroshenko.1939@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-3029-9758>

**Реферат.** Представлены научные исследования технологий послеуборочной обработки вороха семян трав и проанализировано комплектование машинами, оборудованием и техническими средствами пунктов производства семян трав в различные периоды производственной деятельности семеноводческих хозяйств в Северо-Западном регионе РФ, а также разработана объединенная технология уборки семенников трав, доставки и послеуборочной обработки вороха семян трав и предложена структурная схема этих технологий.

В период уборки сельскохозяйственных культур и семенников трав агроклиматические условия в Северо-Западном регионе РФ, как правило, неблагоприятные. Влажность атмосферы увеличивает среднеуборочную влажность семян трав до 30 и более процентов, причем сорные примеси (соцветия, бутоны, семена сорняков, листья и их части, головки клевера и др.) имеют влажность более 50-60%. При длительном контакте влажность примесей передается семенам трав и увлажняет их. Такой процесс губителен для семян. Следовательно, ворох семян трав необходимо сушить, очищать, при этом эти процессы характеризуются продолжительностью процесса сушки и многократностью процессов очистки вороха семян трав.

После формирования семеноводческих хозяйств для производства семян была принята двухэтапная технология обработки семян для группы этих хозяйств, в одном из которых устанавливается оборудование для поточной линии обработки высушенного, предварительно очищенного вороха семян. Тогда процесс производства семян осуществлялся поэтапно: семеноводческие хозяйства обеспечивали уборку, сушку вороха семян, предварительную очистку и закладку на временное хранение (I этап). Согласно установленному графику каждое хозяйство направляет этот материал на последующую его окончательную обработку, с возвратом кондиционных семян в хозяйство (II этап).

**Ключевые слова:** *семена трав, влажность, искусственная сушка, сушилка, очистка семян*

**Цитирование.** Смелик В.А., Новиков М.А., Ерошенко Л.И. Анализ технологий послеуборочной обработки вороха семян трав в условиях Северо-Западного региона РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 132-141. doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-132-141

**Благодарности.** Исследователи благодарны заведующему отделом «Технологии и технические средства производства зерна и кормов» научно-исследовательского института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) -

филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ведущему научному сотруднику, кандидату технических наук, доценту Александру Николаевичу Перекопскому за консультацию и помощь в подготовке настоящей статьи.

**Финансирование.** Работа выполнялась в рамках тематического плана-задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на 2021 год.

## ANALYSIS OF POST-HARVEST PROCESSING TECHNOLOGIES OF HERBS SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHWESTERN REGION RF

Viktor A. Smelik<sup>1</sup>, Mikhail A. Novikov<sup>2</sup>, Leonid I. Eroshenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; smelik\_va@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; mihanov25@rambler.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6349-1842>

<sup>3</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; eroshenko.1939@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3029-9758>

**Abstract.** Scientific research of technologies for post-harvest processing of a heap of grass seeds is presented and the acquisition of machines, equipment and technical means of plants for the production of grass seeds at various periods of production activity of seed farms in the North-West of the Russian Federation is analyzed, and a combined technology for harvesting grass seed plants, delivery and post-harvest processing of a heap of grass seeds has been developed, and a structural diagram of these technologies is proposed.

During the harvesting of agricultural crops and grass seed plants, agro-climatic conditions in the North-West of the Russian Federation, as a rule, unfavorable atmospheric humidity increases the average moisture content of grass seeds to 30 percent or more, and weeds (inflorescences, buds, weed seeds, leaves and their parts, clover heads and others), humidity more 50-60%. With prolonged contact, the moisture of the impurities is transferred to the grass seeds and moisturizes them. This process is detrimental to the seeds. Consequently, a heap of grass seeds must be dried, cleaned, and these processes are characterized by the duration of the drying process and the multiple processes of cleaning the heap of grass seeds.

After the formation of seed farms for the production of seeds, a two-stage seed treatment technology was adopted for a group of these farms, in one of which equipment is installed for a production line for processing a dried, pre-cleaned heap of seeds. Then the process of seed production was carried out in stages: seed farms provided harvesting, drying of a heap of seeds, preliminary cleaning and laying for temporary storage (stage I). According to the established schedule, each farm sends this material for its subsequent final processing, with the return of conditioned seeds to the farm (stage II).

**Keywords:** grass seeds, moisture, artificial drying, dryer, seed cleaning

**Citation.** Smelik V.A., Novikov M.A. and Eroshenko L.I. (2021), "Analysis of post-harvest processing technologies for a heap of grass seeds in the North-West region of the Russian Federation" *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian Universiy*, vol. 65, no. 4, pp. 132-141, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-4-103-111

**Thanks.** The researchers are grateful to the head of the department "Technologies and Technical Means of Grain and Feed Production" of the Scientific Research Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IAEP) - a branch of the federal state budgetary scientific institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", leading researcher, Candidate of Technical Sciences, associate Professor Alexander Nikolaevich Perekopsky for advice and assistance in preparing this article.

**Financing.** The work was carried out within the framework of the thematic task plan of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for 2021.

**Введение.** Успех животноводства во многом зависит от качества заготавливаемого в хозяйстве корма для животных. Для обеспечения животных сбалансированным по питательным веществам свежим кормом необходимо вводить в рацион крупного рогатого скота разные травы в зависимости от сроков их созревания. Для этого требуется возделывать травы по следующим периодам заготовки кормов:

I период – Ежа сборная (середина мая и июнь);

II период – Клевер + овсяница луговая (с июля до середины августа);

III период – Клевер + тимофеевка (с середины августа по сентябрь);

IV период – Ежа сборная, второй укос (с конца сентября по октябрь).

В эти периоды на основании анализа состояния травостоев определяют участки для формирования семенников трав для их будущей уборки на семена.

Период созревания различных семенников трав характеризуется различной по длительности продолжительностью, тем самым можно обеспечить производство семян трав на одном специализированном пункте по послеуборочной обработке семенного вороха. На основании наших многолетних исследований представлена структурная схема послеуборочной обработки семян трав в условиях Северо-Западного региона РФ, характерного неблагоприятными погодными условиями в уборочные периоды, что определяет необходимость выбора специальных машин и оборудования, а также установления режимов их работы для получения семян требуемых кондиций.

**Цель исследования** – разработать технологию послеуборочной обработки и подобрать машины и оборудование, обеспечивающие получение кондиционных семян трав из вороха любой, в том числе повышенной, влажности и засоренности.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В период уборки сельскохозяйственных культур и семенников трав агроклиматические условия в Северо-Западном регионе РФ, как правило, неблагоприятные: повышенная влажность атмосферы увеличивает влажность убираемого вороха семян трав до 30% и более, причем в ворохе присутствуют сорные примеси (соцветия, бутоны, семена сорняков, плоды клевера, части листьев и т.д.) влажностью более 50-60%. При длительном контакте влажность примесей передается семенам трав и увлажняет их. Такой процесс губителен для семян. Следовательно, ворох семян трав необходимо незамедлительно сушить, очищать, причем эти процессы характеризуются длительностью периода сушки и многократностью очисток [1, 2, 3].

На основании анализа физико-механических свойств компонентов вороха семян трав и его исходного состояния определяют последовательность технологических процессов послеуборочной обработки поступающей от комбайнов массы [3, 4, 5, 6]. Это является основанием для формирования поточно-технологических линий, оборудование которых должно быть размещено в специализированном здании и подобрано по выполняемым операциям и производительности [7, 8, 9]. Для неблагоприятных погодных условий Северо-Западного региона РФ возможны два варианта обработки вороха семян трав.

По первому варианту – в хозяйстве формируется пункт обработки поступающего от комбайнов вороха, на основе которого с дополнением соответствующего оборудования производится полный цикл обработки материала до получения семян требуемых кондиций. Такие хозяйства могут обеспечивать собственные потребности в семенах и реализовывать излишки для других потребителей.

По второму варианту – производство семян осуществляется по двухэтапной технологии. На первом этапе в отдельных хозяйствах, не имеющих полного набора необходимых машин, обеспечивается уборка семенников трав и частичная их обработка, включающая сушку, предварительную очистку и закладку на хранение. Для окончательной обработки и получения кондиционных семян на втором этапе материал транспортируется в

специализированные хозяйства, имеющие полный набор машин и оборудования для выполнения необходимых технологических операций. Преимущества двухэтапной технологии заключается в том, что второй этап возможно выполнять в менее напряженные периоды года, обеспечивая более рациональную и эффективную загрузку оборудования, в том числе и уникального, специализированного.

**Результаты исследований.** Примером такого пункта является специализированный пункт для послеуборочной обработки семян трав, реализованный в Волосовском районе Ленинградской области [1, 6]. Все оборудование пункта расположено в одноэтажном отапливаемом здании длиной 36 м и шириной 12 м. На пункте оборудованы две поточные линии. Первая линия включает зерноочистительную машину ОС-4,5А для первичной очистки частично-очищенного вороха семян, машину «Петкус-Селектра» К-218/1 и блок триеров К-553 для окончательной (вторичной) очистки. Вторая линия была сформирована из машины ОС-4,5А, двух последовательно установленных машин «Петкус-Гигант» К-531/1 и блока триеров К-553. Пункт был рассчитан на производство 800 т семян за сезон, однако фактическая его производительность достигала 1400 т за сезон.

В помещении пункта оборудована лаборатория для анализа семян на чистоту и влажность. Обслуживают пункт один мастер и двое подсобных рабочих. Пункт работал в две смены с июля по апрель.

Специализированный пункт может обслуживать хозяйства, выполняющие предварительную обработку семенного вороха трав.

Пример проекта пункта предварительной обработки вороха с двумя поточными линиями производительностью 2 т/ч приведен на рисунке 1.

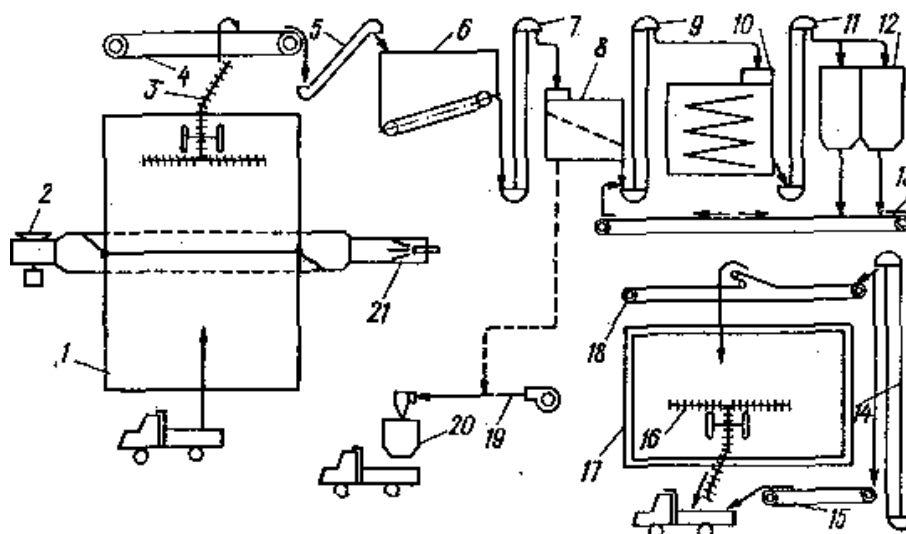


Рисунок 1. Технологическая схема пункта предварительной обработки вороха семян многолетних трав:

- 1 - площадка принудительного (активного) вентилирования;
- 2 - вентилятор; 3, 16 - зернопогрузчики ЗПС-60; 4, 13, 15, 18 - ленточные транспортеры;
- 5 - наклонный транспортер; 6 - бункер-дозатор; 7, 9, 11, 14 - нория;
- 8 - машина предварительной очистки К-523; 10 - сушилка ССТ-1; 12 - бункер-накопитель;
- 17 - закром склада; 19 - пневмотранспортер; 20 - бункер отходов; 21 - теплогенератор

Figure 1. Flow chart of the pre-treatment station for perennial grasses heaps of seeds:

- 1 - the site of forced (active) ventilation; 2 - the fan; 3, 16 - grain loaders ZPS-60; 4, 13, 15, 18 - belt transporters;
- 5 - inclined conveyor; 6 - hopper dispenser; 7, 9, 11, 14 - noria; 8 - K-523 pre-cleaning machine; 10 - SST-1 dryer; 12 - storage hopper; 17 - storage bin; 19 - pneumatic conveyor; 20 - waste hopper;
- 21 - heat generator

Особенность пункта состоит в том, что исходный ворох семян направляется посредством реверсивного ленточного транспортера 13 и ковшового элеватора 9 в сушилку



10. При достижении кондиционной влажности ворох транспортером 13 загружается норией 14 и транспортером 18 в любой закром склада 17.

Интересен проект пункта обработки вороха семян трав в АО «Племзавод «Гомонтово» Ленинградской области (рис. 2). Сушка семенного вороха осуществляется на механизированной площадке, предварительная очистка обеспечивается ворохоочистителем ОВП-20 с применением бункера-накопителя.

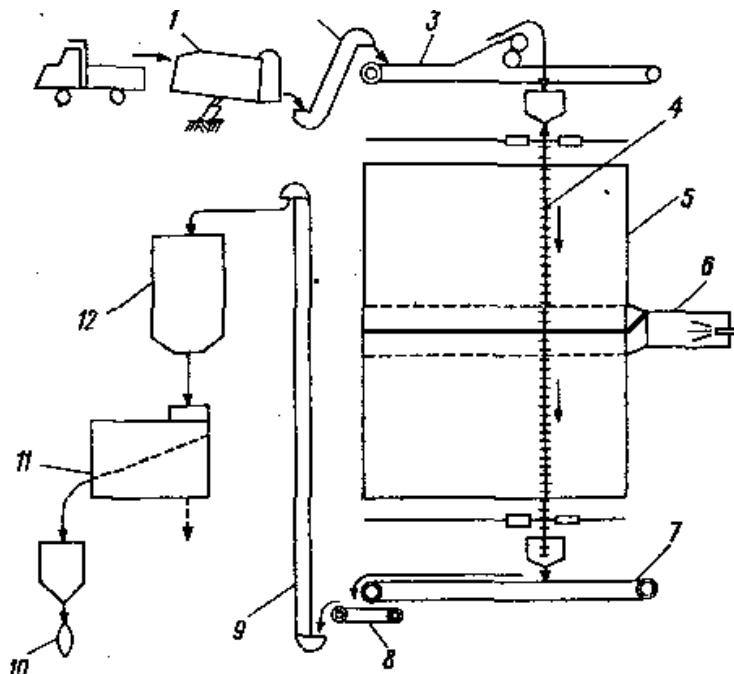


Рисунок 2. Технологическая схема пункта предварительной обработки семян многолетних трав (АО «Племзавод «Гомонтово» Ленинградской области):

- 1 - загрузчик вороха агрегата АВМ-1,5; 2 - наклонный транспортер; 3, 7, 8 - ленточные транспортеры; 4 - подвесной скребковый транспортер; 5 - напольная сушилка; 6 - теплогенератор ВПТ-600; 9 - нория; 10 - бункер для затарки в мешки; 11 - ворохоочиститель ОВП-20; 12 - бункер-накопитель

Figure 2. Technological scheme of the station for preliminary treatment of seeds of perennial grasses (JSC «Gomontovo Breeding Plant», Leningrad region):

- 1 - the site of forced (active) ventilation; 2 - the fan; 3, 16 - grain loaders ZPS-60; 4, 13, 15, 18 - belt transporters; 5 - inclined conveyor; 6 - hopper dispenser; 7, 9, 11, 14 - noria; 8 - pre-cleaning machine K-523; 10 - dryer SST-1; 12 - storage hopper; 17 - storage bin; 19 - pneumatic conveyor; 20 - waste hopper; 21 - heat generator 1 - loader of the pile of the unit АВМ-1,5; 2 - inclined conveyor; 3, 7, 8 - belt conveyors; 4 - hanging scraper conveyor; 5 - floor dryer; 6 - heat generator VAC-600; 9 - noria; 10 - hopper for bagging; 11 - heap cleaner ОРР-20; 12 - storage hopper

Ворох семян трав, доставляемый самосвальными транспортными средствами, выгружается на загрузчик вороха АВМ-1,5. Посредством наклонного транспортера 2 и сбрасывающей тележки ленточного транспортера 3 с прикрепленным скребковым транспортером 4, длина которого равна ширине сушилки, осуществляется загрузка ворохом одной половины площадки.

Сушка вороха на напольной сушилке осуществляется при просушивании этой массы воздухом, нагретым теплогенератором 6.

При разгрузке с сушилки высушенного вороха подвесной скребковый транспортер 4 опускается и при движении вдоль сушилки подает ворох на установленный ниже уровня поверхности сушилки ленточный транспортер 7.

По представленным проектам были построены соответствующие пункты для послеуборочной обработки семян трав и в других областях Нечерноземной зоны РФ.

Во всей технологии производства семян трав наиболее и энергозатратной, и важной является сушка семенного вороха, заключающаяся в удалении лишней влаги из семян [9, 10, 11, 12, 13]. В поточно-технологических линиях для сушки семян трав могут использоваться различные типы сушилок: напольные, конвейерные, карусельные, барабанные и другие сушилки, реализующие конвективный принцип удаления влаги [2, 14, 15, 16].

Наиболее удачными для использования в поточно-технологических линиях обработки семян трав оказались карусельные сушилки [17, 18]. Они просты в изготовлении, легко встраиваются в технологический процесс, обеспечивают механизацию основных операций.

Пример пункта послеуборочной обработки семян трав на базе карусельной сушилки в ООО «Племзавод «Новоладожский» представлен на рисунке 3.

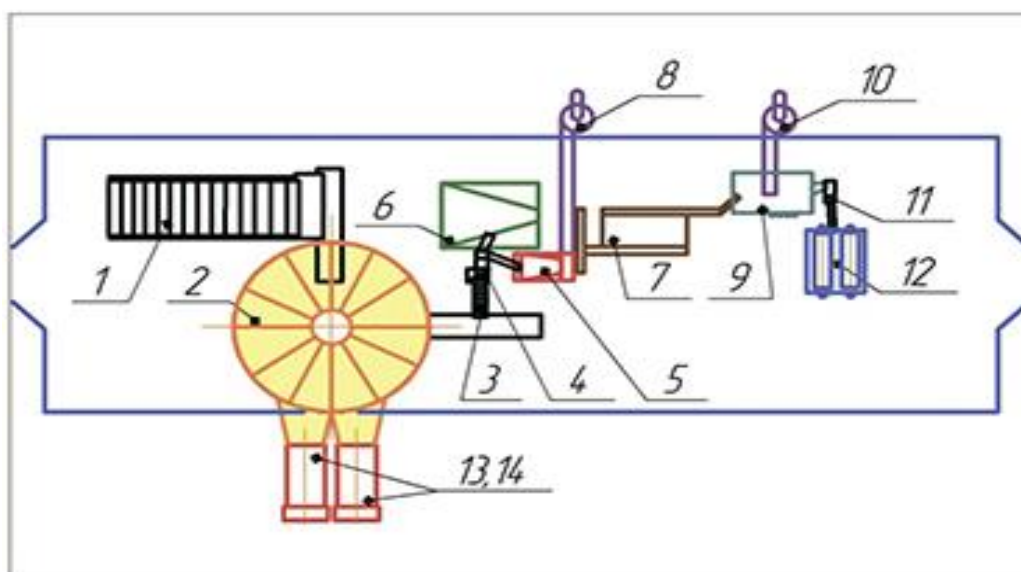


Рисунок 3. Пункт послеуборочной обработки семян трав в ООО «Племзавод «Новоладожский»:  
 1-загрузчик – питатель; 2- сушилка СКМ – 0,5; 3-транспортёр скребковый; 4, 11 - нория НСЗ-10; 5-  
 клеверотёрка К-310; 6- бункер промежуточный; 7- ворохоочиститель ОВС-25; 8, 10- циклоны; 9 –  
 семяочистительная машина К-218; 12- триерный блок К-553; 13, 14; теплогенератор ТГ – 2,5

Figure 3. Station of post-harvest processing of grass seeds

of ООО «Novoladozhsky Breeding Plant»:

1 - the site of forced (active) ventilation; 2 - the fan; 3, 16 - grain loaders ZPS-60; 4, 13, 15, 18 - belt transporters;  
 5 - inclined conveyor; 6 - hopper dispenser; 7, 9, 11, 14 - noria; 8 - pre-cleaning machine K-523; 10 - dryer SST-  
 1; 12 - storage hopper; 17 - storage bin; 19 - pneumatic conveyor; 20 - waste hopper; 21 - heat generator 1 -  
 loader of the pile of the unit ABM-1.5; 2 - inclined conveyor; 3, 7, 8 - belt conveyors; 4 - hanging scraper  
 conveyor; 5 - floor dryer; 6 - heat generator VAC-600; 9 - noria; 10 - hopper for bagging; 11 - heap cleaner  
 ORP-20; 12 - storage hopper 1-loader feeder; 2— dryer SCM - 0.5; 3-scraper conveyor; 4, 11 – noria NSZ-10; 5–  
 clover grater K-310; 6- intermediate hopper; 7- heap cleaner OVS-25; 8, 10- cyclones; 9 - seed cleaning machine  
 K-218; 12- trier block K-553; 13, 14; heat generator TG – 2,5

Поступающий от комбайна ворох семян из транспортных средств выгружается на приемные транспортеры 1 карусельной сушилки СКМ-0,5 (2). В сушильной камере ворох семян трав просушивается теплоносителем от теплогенератора. Материал, достигший в нижнем слое кондиционной влажности, выгружается фрезой разгрузочного устройства на транспортер выгрузной. Из транспортера выгрузного ворох семян подается в норию, из нории ворох распределителем загружается в бункер 6 или в терку 5 в зависимости от обрабатываемого материала. Из бункера или после обработки на терке К-310 ворох семян загружается в лоток, откуда подается на предварительную очистку в ворохоочиститель ОВС-25 (7).

Прошедший предварительную очистку ворох транспортером-разгрузчиком ОВС-25 подается в загрузочный бункер семяочистительной машины К-218 (9). Прошедшие очистку семена трав на ветрорешетной машине К-218 подают в норию, которая перегружает в

триерный блок К-553 (12). Очищенные на триере семена собирают в мешки и складывают в хранилище.

Обслуживают пункт оператор и два рабочих, занятых на упаковке семян в мешки.

При обработке на специализированном пункте выход кондиционных семян из вороха повышается на 10-15%. Комплексный подход к организации производства семян многолетних трав дает не только прямой экономический эффект для хозяйств, выращивающих семена, но и обеспечивает в целом, наряду с другими мероприятиями, повышение урожайности трав.

На основании оценки формирования пунктов производства семян трав и учитывая физико-механические свойства компонентов убранный массы нами разработана универсальная технология послеуборочной обработки вороха семян трав, структурная схема которой представлена на рисунке 4.

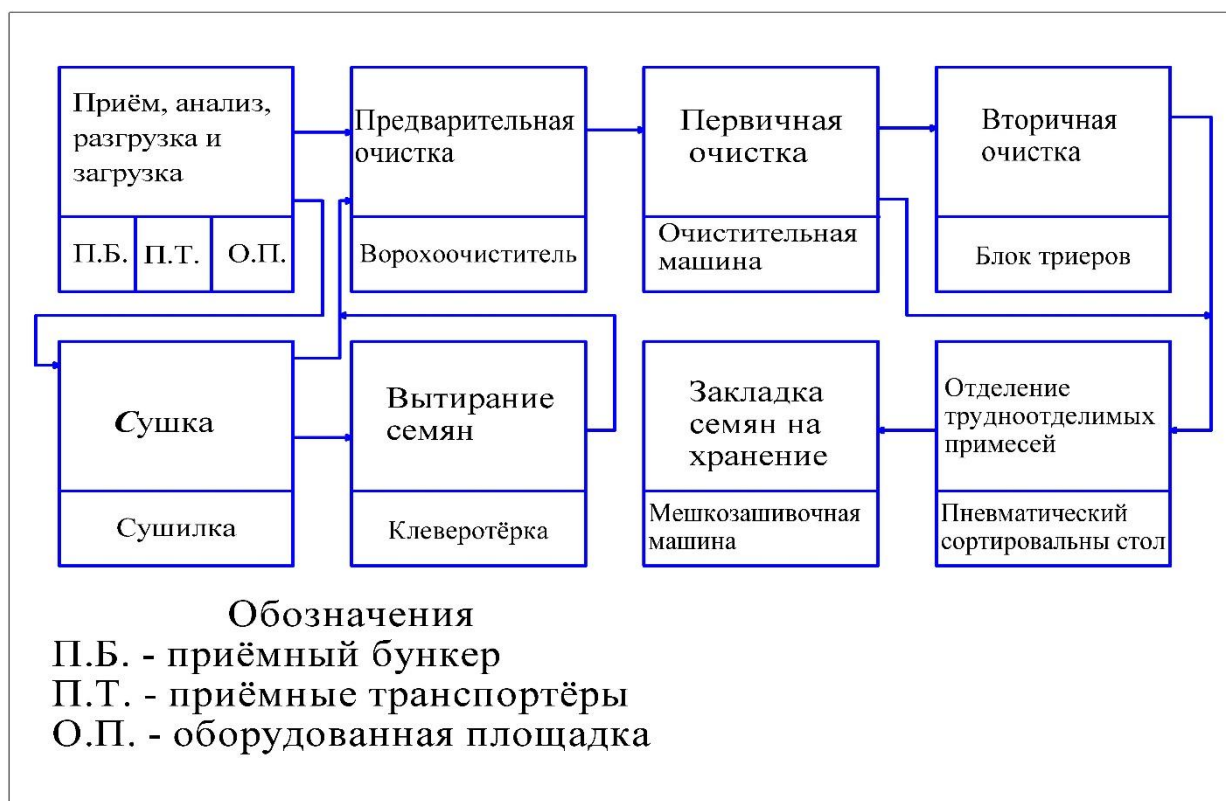


Рисунок 4. Структурная схема предлагаемых технологий послеуборочной обработки вороха семян

Figure 4. Block diagram of the proposed technologies post-harvest processing of a heap of seeds

Разработанная и сформированная технология является основанием для проектирования современных поточных линий по послеуборочной обработке вороха семян трав. Основными этапами проектирования являются:

1. Предварительно должно быть определено количество трав для содержания животных (оптимально 4-5 видов трав).

2. В зависимости от исходной влажности должно быть принято решение по формированию приёма вороха семян:

- если влажность вороха 20-25% и более, тогда необходимо установить в приёмном отделении приёмный бункер, оснащённый аэрожелобами, не менее двух, на входе которых установлены устройства для нагрева воздуха, подаваемого в аэрожелоба;

- при влажности больше 25% должны быть площадки для послеуборочного дозревания семян (можно предложить сушилку СТ-50 для семенников трав и других культур, площадь вентилирования и обычную площадку активного вентилирования и сушки семян).

3. Предварительная очистка вороха семян обеспечивается воздушно-решётными ворохоочистителями типа ОВС-25 или другими аналогичными машинами.

4. Вытирание семян из головок клевера или других видов культур обеспечивается клеверотёркой К-310А.

5. Для первичной очистки рекомендуется семяочистительная машина ОВА-1 или аналогичная ей.

6. Для вторичной очистки можно рекомендовать семяочистительную сортировальную машину МНС-1,25 и очиститель семян пневматический ОПС-2Д производительностью на очистке семян клевера 600 кг/ч .

7. Для первичной и вторичной очисток предварительно очищенного вороха можно рекомендовать машину вторичной очистки семян МС-4,5 передвижная и МС-4,5С.

8. Для отделения трудноотделимых примесей можно использовать пневматический сортировальный стол ПСС-1 и СПС-5.

9. Для сушки предварительно очищенного вороха семян трав наиболее подходят карусельные зерносушилки, наиболее отвечающие требованиям поточности технологического процесса.

10. Для упаковки и зашивки мешков с семенами трав рекомендуем мешкозашивочную машину ЗЗЕМ.

**Выводы.** На основании выполненных исследований нами разработана технология послеуборочной обработки вороха разных видов трав.

При разработке технологий проанализированы различные технологии производства кондиционных семян, отвечающих главным требованиям к качеству семян. Практика такой подготовки семян определяет экономическую эффективность в ежегодном производстве семян и соответственно в повышении урожайности всех видов трав для обеспечения животных необходимыми кормами.

#### Список источников литературы

1. Шить И.С., Могильницкий В.М., Перекопский А.Н. Рекомендации по производству семян многолетних трав в условиях Ленинградской области. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2006. – 92 с.
2. Дианов Л.В., Смелик В.А., Ширяев А.С. Механизация сушки урожая зерновых и кормовых культур: монография. – Ярославль: ЯГСХА, 2005. – 150 с.
3. Машины и оборудование для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 92 с.
4. Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Исупов В.И. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав: монография. – Киров: Веси, 2015. – 404 с.
5. Галкин В.Д., Галкин А.Д., Елисеев С.Л. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян. – Пермь: Пермский ГАТУ, 2021. – 234 с.
6. Перекопский А.Н. Разработка технологии послеуборочной обработки семян трав на заключительных этапах семеноводства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. – Ч.1. – СПб.: СПбГАУ, 2016. – С. 424-428.
7. Еров Ю.В., Нуруллин Э.Г., Каримов Х.З., Салахияев Д.З. Инновации в послеуборочной обработке зерна и семян. – Казань: «Слово», 2009. 104 с.
8. Forage Seed Processing Line [http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS\\_Belarus-Mogilev\\_Forage+seed+processing+line\\_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e](http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS_Belarus-Mogilev_Forage+seed+processing+line_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e) дата обращения 23.11.2021.
9. Методические рекомендации по выбору и эффективному использованию зерносушильного оборудования / Г.С. Окунь, А.Г. Чижиков, Е.Л. Ревякин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006.-140 с.

10. Development of Moisture Removal Process, Energy Consumption and Control of a Grain Dryer 2016–2019 (EU Project) URL: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/viljankuivaamon-kosteudenpoistoprosessin> дата обращения 23.11.2021.
11. Gaponyuk, O.I., Ostapchuk, M.V., Stankevich, G.M., & Gaponyuk, I.I. (2014). Active ventilation and drying of grain. Odesa: VMV.
12. Stanisavljević R., Djokić D., Milenković J., Terzić D., Stevović V., Tomić D., Dodig D. Drying of forage grass seed harvested at different maturity and its utility value in autumn and spring sowing time / *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 101, No. 2 (2014), p. 169–17.
13. Stanisavljević R., Milenković J., Djokić D., Terzić D., Petrović D., Djukanović L., Dodig D. Drying of meadow fescue seeds of different moisture contents: changes in dormancy and germination // *Plant Soil and Environment*, February 2018, 59 (1), p. 37–43.
14. Патент РФ №2437044 Сушилка для сыпучих материалов. Авторы: Кубеев Е.И., Смелик В.А., Дринча В.М. опубли. Б.И. № 35, 2011
15. Патент РФ №2456518 Карусельная сушилка. Авторы: Перекопский А.Н., Кузовников М.М., Чугунов С.В., Боярчук Ю.И. опубли. Б.И. № 20, .2012
16. Parde S.R., Jayas D.S. and White N.D.G. 2003 Grain drying: A review. *Sciences Des Aliments* 23 (5) 589–622. DOI: 10.3166/sda.23.589-622.
17. Перекопский А.Н. Исследование процесса сушки семян на карусельной сушилке // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2019. – №1(54). – С. 123-128.
18. Smelik, V.A., Perekopskiy, A.N., Dobrinov, A.V., Chugunov, S.V. Study of the efficiency of drying grass seeds for forage crops on a rotary dryer E3S Web of Conferences, 2021, 262, 01037

#### References

1. Shit, I.S., Mogilnitsky, V.M. and Perekopsky, A.N., (2006), “Recommendations for the production of seeds of perennial grasses in the conditions of the Leningrad region”, *GNU SZNIIMESH Russian Agricultural Academy*, SPb, P. 92.
2. Dianov, L.V., Smelik, V.A. and Shiryaev, A.S., (2005), “Mechanization of grain and fodder crop drying”, (monograph) YAGSHA, Yaroslavl, P. 150.
3. Machines and equipment for post-harvest processing and storage of grain and seeds, (2010), FGNU “Rosinformagrotech”, M., P. 92.
4. Sychugov, N.P., Sychugov, Yu.V. and Isupov, V.I., (2015), “Machines, aggregates and complexes of post-harvest processing of grain and grass seeds” (monograph), Vesti, Kirov, P. 404.
5. Galkin, V.D., Galkin, A.D. and Eliseev, S.L., (2021), “Technologies, machines and aggregates of post-harvest grain processing and seed preparation”, GATU, Perm, P. 234.
6. Perekopsky, A.N., (2016), “Development of technology for post-harvest treatment of grass seeds at the final stages of seed production”, *Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution, Part 1*, SPbGAU, SPb., pp. 424-428.
7. Erova, Yu.V., Nurullin, E.G., Karimov, H.Z. and Salakhiev, D.Z., (2009), “Innovations in post-harvest processing of grain and seeds”, *Slovo*, Kazan, P. 104.
8. Forage Seed Processing Line [http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS\\_Belarus-Mogilev\\_Forage+seed+processing+line\\_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e](http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS_Belarus-Mogilev_Forage+seed+processing+line_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e) accessed 23.11.2021
9. Okun, G.S., Chizhikov, A.G. and Revyakin, E.L., (2006), “M Guidelines for the selection and effective use of grain drying equipment”, *FGNU “Rosinformagrotec”*, P.140.
10. Development of Moisture Removal Process, Energy Consumption and Control of a Grain Dryer 2016–2019 (EU Project) URL: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/viljankuivaamon-kosteudenpoistoprosessin> accessed 23.11.2021.
11. Gaponyuk, O.I., Ostapchuk, M.V., Stankevich, G.M. and Gaponyuk, I.I., (2014), Active ventilation and drying of grain, Odesa: VM.
12. Stanisavljević R., Djokić D., Milenković J., Terzić D., Stevović V., Tomić D. and Dodig D., (2014), “Drying of forage grass seed harvested at different maturity and its utility value in autumn and spring sowing time”, *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 101, No. 2 pp. 169-17.

13. Stanisavljević, R., Milenković, J., Djokić, D., Terzić, D., Petrović, D., Djukanović, L. and Dodig, D., (2018), "Drying of meadow fescue seeds of different moisture contents: changes in dormancy and germination", *Plant Soil and Environment*, February, 59 (1), pp. 37-43.
14. Patent RF No. 2437044 Dryer for bulk materials. Authors: Kubeev E.I., Smelik V.A., Drincha V.M. publ. B.I. No. 35, 2011.
15. Patent RF No. 2456518 Carousel dryer. Authors: Perekopsky A.N., Kuzovnikov M.M., Chugunov S.V., Boyarchuk Yu.I. publ. B.I. No. 20, 2012.
16. Parde, S.R., Jayas, D.S., and White, N.D.G., (2003), "Grain drying: A review", *Sciences Des Aliments* no. 23 (5), pp. 589-622. DOI: 10.3166/sda.23.589-622.
17. Perekopsky, A.N., (2019), "Investigation of the process of drying seeds on a carousel dryer", *News of St. Petersburg State Agrarian University*, no.1(54), pp. 123-128.
18. Smelik, V.A., Perekopskiy, A.N., Dobrinov, A.V. and Chugunov, S.V., (2021), Study of the efficiency of drying grass seeds for forage crops on a rotary dryer E3S Web of Conferences, P. 262, 01037.

#### Сведения об авторах

**Смелик Виктор Александрович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2462-1130.

**Новиков Михаил Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2612-8574.

**Ерошенко Леонид Иванович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1141-8297.

#### Information about the authors

**Smelik Viktor Aleksandrovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2462-1130.

**Novikov Mikhail Alekseevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2612-8574.

**Eroshenko Leonid Ivanovich** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 1141-8297.

**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 have read and approved the submitted final version.

**Conflict of interest.** The authors state that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 01.12.2021 г.; одобрена после рецензирования 15.12.2021 г.; принята к публикации 17.12.2021 г.*

*The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 15.12.2021; accepted after publication 17.12.2021.*

**НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА ПРОФЕССОРА Н.С. ЖДАНОВСКОГО,  
ЕЁ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ И ЕГО УЧЕНИКИ**

Как известно, существование цивилизации и её развитие базируется на труде разнообразных видов деятельности. Касаясь сферы сельскохозяйственного производства и АПК в целом, отмечу, что испокон веков этот труд отличался рядом особенностей, связанных с агробиологическими особенностями Земли-матушки, продовольственных и плодовоягодных культур и даров лесных массивов, гаммы представляющих интерес для продовольственного обеспечения животных, птицы, рыб, пчел и др., а также практически круглогодичной напряженностью труда крестьян. Развитие цивилизации постоянно облегчало этот труд за счет механизации, электрификации и автоматизации технологических процессов. В этом определенная заслуга ученых мира и страны на различных этапах развития сельскохозяйственного производства, образования и науки в областях механизации, электрификации и автоматизации технологических процессов.

Касаясь личностей, решавших рассматриваемые проблемы образования и науки в третьем десятилетии XX века, назову профессоров Д.Н. Дьякова, А.Д. Халкиопова, Б.А. Линтварева, Е.Н. Гореву и др. Далее, с началом выпуска в 1924 г. Ленинградским заводом «Красный путиловец» тракторов «Фордзон – Путиловец» и испытаниях их в 1927 г. в Персиановке в работе активное участие приняли проф. Д.Н. Дьяков и доц. Н.С. Ждановский, а также другие ученые, руководя испытаниями. В 1934 г. Н.С. Ждановский в составе группы Д.Н. Дьякова, А.Д. Халкиопова и В.В. Яковлева принял участие в международном конкурсе по дизельным тракторам, материалы которого были учтены НИИ (НАТИ и ВИСХОМ). Это из краткой истории.

Меня судьба свела с кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания и теплотехника», когда стал студентом, поступив в ЛСХИ в 1956 г. на инженерный факультет (по настоянию директора Ананьевского техникума механизации сельского хозяйства, который закончил Ленинградский институт механизации сельского хозяйства), в период изучения дисциплин «Техническая термодинамика» (преподаватели: доценты Поддьяков Н.В. и Улитовский Б.А.), «Теплотехника» (доцент Яковлев В.В.) и «Двигатели внутреннего сгорания» (преподаватели: д.т.н., профессор Ждановский Н.С. и ассистент Николаенко А.В.). Начиная с третьего курса, я работал по линии СНО на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания и теплотехника», а затем, с 4-го курса и до окончания учебы, препаратором на кафедре – готовил моторные установки к лабораторным работам обучающихся. Работа выполнялась под личным контролем учебных мастеров Романченко В.Р. и Родимцева К.И.

Лекционный курс по дисциплине «Двигатели внутреннего сгорания» нам читал Н.С. Ждановский, а практические занятия проводил ассистент А.В. Николаенко. Дисциплина в целом отличалась новизной и блестяще преподносилась Н.С. Ждановским как в теоретическом плане, так и в практическом. Н.С. Ждановский в совершенстве владел педагогическим мастерством, зная глубоко проблему, её теоретические и практические аспекты. Он этим увлекал студентов к решению глубин проблем совершенствования рабочих процессов тепловых двигателей как энергетических источников сельскохозяйственной техники, их разнообразных энергетических характеристик с учетом установившихся и неуставившихся режимов эксплуатации, путей повышения эффективности двигателей (их КПД, износостойкости, долговечности, безопасности, экологичности с учетом рабочих процессов, индикаторных и эффективных показателей). Эти знания углублялись по линии СНО, когда приходилось самостоятельно решать проблему индицирования рабочих процессов в камерах сгорания поршневых двигателей. Параллельно с этой работой я знакомился с комплексом проблем, решаемых в теоретическом и практическом плане по дисциплинам кафедры, в частности, по лаборатории горючесмазочных материалов (дисциплина была

посвящена изучению физико-химических и теплотехнических характеристик различных топлив и свойств охлаждающих жидкостей – в основном воды).

На кафедре существовала нормальная трудовая обстановка с четким определением должностных обязанностей и своевременности и качества их исполнения.

Изложенное послужило основанием для выбора темы дипломного проектирования по кафедре (руководитель – доцент Ковалёв И.М.). Она была связана с проектированием нефтебазы учхоза «Пушкинское». Диплом был реализован, и такая нефтебаза была построена рядом с материально-технической базой университета на территории учхоза и функционировала более 10 лет (до переезда центральной усадьбы учхоза в поселок Кондакопшино).

Завершив в 1961 г. обучение на факультете механизации ЛСХИ с красным дипломом, я был приглашен к поступлению в аспирантуру по указанной кафедре к д.т.н., профессору Н.С. Ждановскому. Сдав блестяще вступительные экзамены в аспирантуру, я, в соответствии с существующими тогда положениями, был направлен на работу в Ефимовское районное отделение РТС (впоследствии «Сельхозтехника») для работы в качестве старшего, а затем главного инженера для приобретения не менее чем двухлетнего опыта инженерной работы в сельском хозяйстве перед аспирантурой. Перед отъездом на работу я был сориентирован Н.С. Ждановским на исследования с новыми типами двигателей (газотурбинными), поэтому уделял внимание литературе по данной проблеме в свободное от работы время и постоянно поддерживал связь с кафедрой.

К концу 1963 г. я вернулся на кафедру в аспирантуру, отказавшись от 3-годовой командировки на Кубу по настоятельной рекомендации научного руководителя Н.С. Ждановского.

В процессе выполнения аспирантского плана к концу второго квартала 1964 г. в качестве материальной была определена кафедра «Технической термодинамики, боевых и транспортных машин» Военной академии тыла и транспорта, владеющая газотурбинным двигателем (дорогим дефицитом в то время). По рекомендации Н.С. Ждановского мне был назначен и второй научный руководитель – начальник указанной кафедры инженер-полковник, к.т.н., доцент А.И. Ковригин. На той же базе в своих лабораториях работали по своим тематикам аспиранты кафедры «Двигатели внутреннего сгорания и теплотехника» Смирнов В.И., Зуев А.А., Васильев А.З. Такое сотрудничество стало возможным благодаря научному и человеческому авторитету Н.С. Ждановского и вызвано тем, что к этому времени на кафедре готовилось более 10 аспирантов и обеспечение их материально-технической базой было затруднено.

Мой аспирантский индивидуальный план был выполнен в пределах срока аспирантуры. Он был постоянно в поле зрения моих научных руководителей, руководства Военной академии тыла и транспорта и их руководителей. В течение выполнения работ на стенде дважды присутствовали вместе с научными руководителями начальник Военной академии тыла и транспорта, генерал-лейтенант Н.К. Абрамов и маршал Советского Союза И.Х. Баграмян, которые интересовались ходом и результатами исследований.

После защиты диссертации при оппонировании её ЗДНТ РФ, д.т.н., профессором, генерал-майором Кулагиным (Военно-воздушная академия им. Можайского), к.т.н., доцентом, капитаном первого ранга Чернышовым А.Н. – начальником кафедры «Двигатели внутреннего сгорания корабельных установок» (Высшее инженерное морское училище) и ведущей организации ПО «Кировский завод» поступило предложение продолжить работу над проблемой, начав с теоретического обоснования спецтехники с газотурбинными двигателями. Это потребовало усиления математической подготовки, а также подготовки в области гидрогазодинамики, механики сплошной среды и динамики. Автору этих строк пришлось закончить три курса вечернего отделения на матмехе в Ленинградском государственном университете и только после этого продолжить результативную работу уже в тесной связи с заказчиком – Кировским заводом. Научным консультантом по проблеме был утвержден Н.С. Ждановский, советы которого, интеллект и известность позволили развернуть столь



масштабную работу в коллективе специалистов Кировского завода – под руководством генеральных конструкторов Ж.Я. Котина, Н.С. Попова, Казишкурта В.О., их заместителей Пантюхина М.Г., Савина А.М., Добрякова Б.М., Островского А.И., начальника отдела моторных установок Моргулис-Якушева В.Ю. и др. В связи с этим было оснащено 2 стенда – один для мощных двигателей на Кировском заводе, другой – для тракторов с.-х. назначения на базе кафедры «Двигатели внутреннего сгорания и теплотехника» ЛСХИ. Совместная работа научного консультанта, автора статьи и перечисленного выше коллектива позволили выполнить программу, сформированную названными представителями военного ведомства и АО «Кировский завод» и кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания и теплотехника» ЛСХИ. Итоги работы по первой части – серийное производство газотурбинного танка Т-80 (производимого в Омске более 35 лет) и создание четырех опытных образцов газотурбинных тракторов на базе моделей К-700 и К-701. Указанные газотурбинные трактора прошли испытания в дорожно-полевых условиях в составе пахотных, транспортных, бульдозерных и скреперных агрегатов. Базой испытания явились Северо-Западная машинно-испытательная станция – МИС (Калитино), учхоз «Пушкинское», совхоз «Детскосельский», совхоз им. Ленсовета. По результатам испытаний получено повышение производительности от 14% до 27%, снижение массы трактора «Кировец» с ГТД на две тонны, сокращение числа передач в трансмиссии с 14 до 4, снижение токсичности выхлопа в 4,5 – 7 раз, отсутствие водяной системы охлаждения, всеядность по топливу и возможность работы на низкосортных топливах с добавлением воды до 15%. Лабораторными исследованиями установлена возможность работы на воде.

Инновационные решения по обсуждаемой проблеме защищены 18 патентами на изобретения, в числе которых 8 закрытых. Благодаря гению Н.С. Ждановского создана его научная школа по проблеме (аспиранты В.С. Шкрабак, А.И. Примакин, В.П. Соколов, Ф.Х. Басов, В.Ю. Моргулис-Якушев, А.В. Соминич, Н.И. Джабборов, М.С. Заяц, С.Г. Хайкин, В.С. Баранов, Ф.А. Ольшевский, А.М. Выюгин, Ю.Н. Шеянов, Ю.В. Гуськов, И.Б. Ризоев Я.К. и другие и докторанты В.С. Шкрабак, А.М. Примакин, А.В. Соминич, Н.И. Джабборов, А.П. Уханов, В.А. Лиханов, А.А. Капустин, Т.М. Салова, Н.В. Неговора и др.). Полную реализацию проблемы в виде серийного производства газотурбинных тракторов типа К-710 Турбо парализовали перестроечные события в стране и развал Союза.

Несмотря на это, сейчас продолжаются, хотя и менее интенсивно, работы по этому направлению на основе высокотехнологичных, высокотемпературных, металлокерамических автотракторных газотурбинных двигателей с КПД порядка 58%.

Относительно результативности работы научно-педагогической школы Н.С. Ждановского хочу отметить, что дополнительно к тем двум, которые я назвал (испытания тракторов и газотурбинная тематика), напомним коллегам, что лично им теоретически обоснованным бестормозные испытания двигателей, много сделано в вопросах факельного зажигания (аспиранты и докторанты Николаенко А.В., Соболев Л.М. и др.), износостойкости и долговечности (П.А. Зуев, В.Я. Сковородин, Л.В. Тишкин, В.В. Салмин, А.В. Уханов, Л.К. Аадусо и др.), безразборной диагностики технического состояния двигателей и машин в целом (В.А. Улитовский, В.А. Горанчаровский, С.П. Подколзин, В.А. Алилуев и др.). Необходимость в столь обширных исследованиях диктовалась потребностью производства (Кировский завод, Ленинградский карбюраторный завод, Управления сельского хозяйства ряда областей Северо-Западного и Центрального регионов страны, учебные заведения России, Узбекистана, Таджикистана, Туркмении, ЦНИДИ, ЦНИТА, НАМИ, НАТИ, Алтайский и Ярославский моторные заводы).

Результаты НИР, выполненных лично Н.С. Ждановским и его учениками, являются весомой составляющей в структуре методов и средств повышения эффективности энергетических установок, средств механизации, технологических процессов и производств не только АПК страны, но и в других видах экономической деятельности. Его идеи и дальше развиваются и совершенствуются учениками и последователями, а опубликованные НИР и

результаты интеллектуальной собственности умножают достижения Отечества в области энергетических установок и агрегатов на их базе.

**Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
доктор технических наук, профессор В.С. Шкрабак**

## 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 «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» публикуются статьи по следующим группам специальностей:

- 06.01.00 Агрономия (сельскохозяйственные науки; биологические науки);
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния (сельскохозяйственные науки; биологические науки);
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем (технические науки; сельскохозяйственные науки).

**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 редакционно-издательский отдел необходимо предоставить следующие материалы:

- **текст статьи** на русском языке в бумажной версии (для сторонних авторов – электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту [izvestiya@spbgau.ru](mailto:izvestiya@spbgau.ru)) согласно требованиям к структуре и содержанию статьи с обязательным указанием контактных телефонов авторов; **допускается не более 3-х авторов**;

- **аннотацию (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 прописной);
- место работы (шрифт 12 строчный), e-mail (шрифт 12 строчный) в скобках;
- **название статьи** (шрифт 14 жирный прописной);
- основной текст (шрифт 14 строчный);
- пристатейный библиографический список (шрифт 12 строчный); Список источников литературы (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), библиографический список. **Библиографический список: не менее 10 источников**, включая иностранные, оформляется общим списком в конце статьи и представляется на русском языке и **в латинице – References, стандарт «Harvard»**. Литература должна быть оформлена в соответствии с ГОСТом Р 7.0.5-2008. 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 и принятые к публикации статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования по программе «Антиплагиат».

5. Статьи, предоставляемые в редакцию, не возвращаются. Сторонние авторы предоставляют лицензионный договор.

6. Редакционно-издательские услуги для сторонних авторов – 550 руб. (1 стр.), стоимость журнала – 900 руб.

**В каждом журнале допускается публикация только одной статьи одного и того же автора.**

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение поданных авторами материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража экземпляров. Материалы для публикаций принимаются в течение первого месяца квартала. **Подробная информация о журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» на сайте <http://spbgau.ru/izvestiya>**

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

Ежеквартальный научный  
журнал № 4 (65)

Подписано к печати 23.12.2021 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. 18,2 Тираж 1000. Заказ 311.  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2