

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 2 (67)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2022**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (67)



# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2022

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 2 (67)

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  
№ 2 (67)

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  
№ 2 (67)

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

Заместители главного редактора:  
**Колесников Роман Олегович**  
Кандидат ветеринарных наук, проректор  
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 Агротехнология);

**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 «Плодоовощеводство 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

№ 2 (67)

Editor-in-Chief

**Morozov Vitaliy Yurievich**

Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputies Editor-in-Chief

**Kolesnikov Roman Olegovich**

Candidate of Veterinary Sciences, of the Property  
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)

**Safronov 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

### АГРОНОМИЯ

<b>Шапиро Я.С., Сергеева О.В., Радишевский Д.Ю.</b> Агробиологические аспекты стандартизации сырья кипрея узколистного и продуктов его переработки .....	9
<b>Найда Н.М.</b> Особенности онтогенеза <i>Polemonium caeruleum</i> в Ленинградской области...	16
<b>Опалихина В.А.</b> Семенная продуктивность воробейника краснокорневого <i>Lithospermum erythrorhizon</i> .....	29
<b>Степанова Т.В., Филиппов И.А.</b> Побегообразовательная способность и урожайность бобово-злаковых и злаковых травостоев с участием фестулолиума в зависимости от азотного питания в условиях Ленинградской области.....	40
<b>Адрицкая Н.А., Капелян А.И.</b> Сравнительная оценка зимостойкости и декоративности различных сортов роз в розарии Ботанического сада Петра Великого .....	48
<b>Али А.С. Аль-Малики, Долженко В.И., Долженко Т.В.</b> Биологическая эффективность гербицидов Тарзек, ВГ и U46-Комби флюид 6, ВР в посевах пшеницы озимой .....	58
<b>Лепп Н.В., Красавина Л.П., Ходжаш А.А.</b> Влияние различных видов корма на биологические показатели <i>Neoseiulus cucumeris</i> .....	66
<b>Осипов А.И.</b> Органическое земледелие: миф и реальность .....	73
<b>Улимбашев А.М., Занилов А.Х.</b> Сравнительная оценка методов определения дыхания почвы. Возможности их использования в климатических проектах .....	83

### ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Грачев В.С., Брагинец С.А., Алексеева А.Ю.</b> Влияние инбридинга на показатели онтогенеза, продуктивности и долголетия молочных коров.....	91
<b>Прохоров И.П., Шошина Ю.В.</b> Влияние различных систем содержания на морфологический состав крови бычков при интенсивном выращивании и откорме .....	99
<b>Шараськина О.Г., Головина Т.Н.</b> Анализ особенностей организации кормления лошадей в современных условиях.....	110
<b>Максимова О.В.</b> Влияние условий содержания на показатели шерсти кроссбредных овец.....	119
<b>Бычаев А.Г.</b> Методы селекции в племенном разведении птицы.....	125
<b>Васильева Л.Т., Шабанова С.А.</b> Влияние продолжительности хранения на морфо-биофизические качества яиц белой тexasской породы перепелов.....	134

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

<b>Гулин С.В., Пиркин А.Г.</b> Комплексный подход к оценке эффективности сложного электротехнологического оборудования на предприятиях АПК.....	145
<b>Даус Ю.В., Харченко В.В., Юдаев И.В.</b> Анализ вариантов сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии типового объекта растениеводства.....	154
<b>Смелик В.А., Новиков М.А., Перекопский А.Н.</b> Анализ машинных технологий уборки семян клевера лугового в условиях Северо-Западного региона РФ.....	164
<b>Картошкин А.П., Валге А.М., Соловьев Я.С.</b> Влияние надежности машин на риски потерь кормов при заготовке силоса из трав.....	175

### ИСТОРИЯ И ТРАДИЦИИ УНИВЕРСИТЕТА

<b>Грачев В.С.</b> К 100-летию со дня рождения Прасковьи Андреевны Адаменко .....	184
---	-----



## CONTENT

### AGRONOMY

<b>Shapiro Y.S., Sergeeva O.V., Radishevskiy D.Yu.</b> Agrobiological aspects of standardization of blooming fireweed raw materials and products of its processing.....	9
<b>Naida N.M.</b> The ontogenesis features of <i>Polemonium caeruleum</i> in Leningrad region.....	16
<b>Opalikhina V.A.</b> Seed productivity of red-rooted gromwell <i>Lithospermum erythrorhizon</i> .....	29
<b>Stepanova T.V., Filippov I.A.</b> Shoot-forming ability and yield of legume-grass and grass stands with festulolium depending on the application of nitrogen fertilizer in the Leningrad region .....	40
<b>Adritskaya N.A., Kapelyan A.I.</b> , Comparative assessment of winter hardness and decorative properties of various varieties of roses in the rose garden of Peter the Great.....	48
<b>Ali A. S. AL-Maliki, Dolzhenko V.I., Dolzhenko T.V.</b> Biological efficacy of Tarzek 31.95 % WG and U 46 Combi fluid 6 SL herbicide in winter wheat .....	58
<b>Lepp N.V., Krasavina L.P. Khojash A.A.</b> The effect of different types of feed on the biological parameters of <i>N. Cucumeris</i> .....	66
<b>Osipov A.I.</b> Organic farming: myth and reality .....	73
<b>Ulimbashev A.M., Zamilov A.X.</b> Comparative evaluation of methods for determining soil respiration. the possibilities of their use in climate projects .....	83

### VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE

<b>Grachev V.S., Braginets S.A., Alekseeva A.Yu.</b> The influence of inbreeding on indicators of ontogenesis, productivity and longevity of dairy cows .....	91
<b>Prokhorov I.P., Shoshina Yu.V.</b> The influence of various keeping systems on the morphological blood composition of bulls during their intensive raising and fattening ...	99
<b>Sharaskina O.G., Golovina T.N.</b> Analysis of features in the horse feeding management under modern conditions.....	110
<b>Maksimova, O.V.</b> , Influence of keeping conditions on wool indicators of crossbred sheep .....	119
<b>Bychaev A.G.</b> Selection methods in breeding poultry .....	125
<b>Vasilyeva L.T., Shabanova S.A.</b> Storage duration effect on the morpho-biophysical characteristics of the eggs of the white Texas quail breed.....	134

### PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS

<b>Gulin S.V., Pirkin, A.G.</b> Integrated approach to evaluating the efficiency of complex electrotechnical equipment at AIC enterprises .....	145
<b>Daus Yu.V., Kharchenko V.V., Yudaev, I.V.</b> Analysis of options for combining power of electric energy generation and consumption for typical plant production facility .....	154
<b>Smelik V.A., Novikov M.A., Perekopsky A.N.</b> Analysis of machine-technologies for harvesting meadow clover seeds under the conditions of the Northwestern region of RF of feed losses when harvesting grass silage .....	164
<b>Kartoshkin A.P., Valge A.M., Soloviev Ya.S.</b> The influence of machine reliability on the risks of feed losses when harvesting grass silage .....	175

### HISTORY AND TRADITIONS OF THE UNIVERSITY

<b>Grachev V.S.</b> To the 100th anniversary of the birth of Praskovya Andreevna Adamenko.....	184
--	-----

# А Г Р О Н О М И Я

## А G R O N O M Y

---

Научная статья

УДК 615.32

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-9-16

### АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ СЫРЬЯ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

**Яков Семенович Шапиро<sup>1</sup>, Ольга Вячеславовна Сергеева<sup>2</sup>,  
Дмитрий Юрьевич Радишевский<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; haj-ester@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-8501-6313>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; osuf@rambler.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-3627-6503>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; dimaradi@bk.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-3324-459X>

**Реферат.** Исследования были проведены в 2018 – 2021 гг. Объектом исследований служил кипрей узколистный, или иван-чай (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub), лекарственное дикорастущее растение, имеющее весьма широкий ареал на территории Российской Федерации и сопредельных стран. Данный вид отличается высоким содержанием ряда биологически активных веществ, имеющих высокую антиоксидантную активность, благодаря которым препараты на основе кипрея узколистного проявляют сильное терапевтическое действие. В статье представлены данные мониторинга суммарной антиоксидантной активности растительного сырья и продуктов его переработки, которую определяли спектрофотометрическим методом, основанным на ингибировании аутоокисления адреналина *in vitro*. Проведено сравнение суммарной антиоксидантной активности высушенных листьев растения, собранных в фазу цветения в различных местах ареала, расположенных на территории Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Московской, Свердловской, Смоленской областей, Республики Карелия, Республики Алтай. Установлено весьма значительное варьирование данного показателя, что может быть обусловлено как разнообразием почвенно-климатических факторов, так и генетической неоднородностью популяций растения. Существенное варьирование данного показателя также отмечено для различных фенологических фаз растения в условиях стационарной площадки. Суммарная антиоксидантная активность возрастает в начале фазы цветения, а затем снижается, причем варьирование этого показателя биологической активности в течение периода вегетации достигает 200%. Проведено сравнение суммарной антиоксидантной активности некоторых пищевых продуктов переработки кипрея узколистного, поступающих в торговую сеть. Установлено, что варьирование данного показателя превышает 100%, это обусловлено различиями в технологиях заготовки и переработки сырья и затрудняет нормирование потребления таких продуктов в соответствии с рекомендациями специалистов в сфере питания. По результатам проведенных исследований предложена технология изготовления различных пищевых продуктов, основанная на стандартизации сырья и продуктов его переработки по уровню суммарной антиоксидантной активности, что позволяет нормировать их потребление в соответствии с научными рекомендациями.

**Ключевые слова:** кипрей узколистный, фенологические фазы, антиоксидантная активность, стандартизация сырья, нормирование пищевых продуктов

**Цитирование.** Шапиро Я.С., Сергеева О.В., Радишевский Д.Ю. Агробиологические аспекты стандартизации сырья кипрея узколистного и продуктов его переработки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 9-16, doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-9-16.

## AGROBIOLOGICAL ASPECTS OF STANDARDIZATION OF BLOOMING FIREWEED RAW MATERIALS AND PRODUCTS OF ITS PROCESSING

Yakov S. Shapiro<sup>1</sup>, Olga V. Sergeeva<sup>2</sup>, Dmitriy Yu. Radishevskiy <sup>3</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; haj-ester@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8501-6313>

<sup>2</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; osuf@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3627-6503>

<sup>3</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; dimaradi@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3324-459X>

**Abstract.** The studies were carried out in 2020-2021. The fireweed or great willow herb, *Chamerion angustifolium* (L.) Holub), a medicinal wild plant with a very wide spread on the territory of the Russian Federation and neighboring countries, served as the object of our research. This species is characterized by a high content of a number of biologically active substances with high antioxidant activity, due to which preparations made on its base show a strong therapeutic effect. The article presents monitoring data concerning the total antioxidant activity of plant raw materials and products of its processing which was determined by spectrophotometric method based on the inhibition of adrenaline autoxidation *in vitro*. A comparison was made by the total antioxidant activity of dried plant leaves collected during the flowering phase in different areas of the areal located on the territory of the Arkhangelsk, Vologda, Leningrad, Moscow, Sverdlovsk, Smolensk regions, the Republic of Karelia, and the Republic of Altai. A very significant variation in this indicator has been established, which may be caused due to both the based diversity of soil and climatic factors and the genetic heterogeneity of plant populations. A significant variation in this indicator was also noted concerning various phenological phases of plant in a stationary site. The total antioxidant activity increases at the beginning of the flowering phase, and then decreases, and the variation in this indicator of biological activity during the growing season reaches 200%. A comparison of the total antioxidant activity of some food products of processing blooming fireweed incoming the trading network is carried out. It is established that the variation of this indicator exceeds 100%, which is due to differences in the technologies of procurement and processing of raw materials and complicates the rationing of consumption of such products in accordance with the recommendations of experts in the field of nutrition. According to results of the study, we offer a technology for the manufacture of various food products based on with the standard of raw materials and processed products in terms of the level of total antioxidant activity. This allows us to set the rate of their consumption in accordance with scientific recommendations.

**Keywords:** blooming fireweed, phenological phases, antioxidant activity, standardization of raw materials, food rationing

**Citation.** Shapiro, Y.S., Sergeeva, O.V. and Radishevskiy, D.Yu. (2022), “Agrobiological aspects of standardization of blooming fireweed raw materials and products of its processing”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 9-16, (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-9-16.

**Введение.** Информирование потребителей пищевых продуктов о содержании в них биологически активных веществ (далее – БАВ) служит значимым условием эффективного и безопасного потребления таких продуктов с учетом рекомендованных адекватных и предельно допустимых норм потребления БАВ [1]. Особую актуальность такой подход к организации рационального питания приобретает относительно продуктов переработки дикорастущих растений, которые в отличие от культурных растений отличаются весьма высоким варьированием содержания БАВ. Последнее обусловлено как генетической неоднородностью популяций дикоросов, так и высоким уровнем их модификационной изменчивости по сравнению с сортами и гибридами культурных растений, возделываемыми по стандартным агротехнологиям.

Среди дикоросов вполне обоснованное предпочтение у сторонников рационального питания приобрели продукты переработки дикорастущего растения кипрея узколистного, или иван-чая (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub, или *Epilobium angustifolium* L., Onagraceae) [2]. Потребительская ценность этих продуктов в первую очередь обусловлена высоким содержанием БАВ с антиоксидантной активностью (флавоноидов, каротиноидов, аскорбиновой кислоты и некоторых других), которые, по данным многочисленных исследований, оказывают как профилактическое, так и сильное терапевтическое действие на организм человека [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Вместе с тем научно обоснованное потребление продуктов переработки кипрея узколистного в силу вышеназванных причин обуславливает необходимость стандартизации по главнейшим БАВ как исходного сырья, так и конечных продуктов его переработки.

**Цель исследования** – мониторинг антиоксидантной активности сырья и продуктов переработки кипрея узколистного в целях их стандартизации и нормирования научно обоснованного потребления последних.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования были проведены в 2018 – 2021 гг. Материалом исследования служили образцы сырья кипрея узколистного, собранные в различных местах его ареала в Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Московской, Свердловской, Смоленской областях, в Республике Карелия и в Республике Алтай. Исследовались также поступающие в торговую сеть некоторые пищевые продукты переработки кипрея и опытные образцы продуктов, изготовленные нами с использованием ранее описанных методов [9, 10]. Суммарную антиоксидантную активность (далее – САА) исследованных материалов определяли спектрофотометрическим методом, основанным на ингибировании аутоокисления адреналина *in vitro*; эталоном для выражения САА служил дигидрокверцетин (далее – ДГК) – флаванол, используемый в пищевой промышленности в качестве антиоксиданта [11].

В первой серии опытов исследовали САА листьев кипрея, собранных в 2019 году в фазу цветения в названных выше местах его ареала. Во второй серии опытов был проведен мониторинг динамики САА сырья, полученного в 2020 году на разных фазах развития растения на стационарной площадке, расположенной в Ленинградской области. В третьей серии опытов было проведено сравнение САА некоторых продуктов переработки кипрея узколистного, поступивших в торговую сеть в 2021 году.

В целях стандартизации продуктов переработки сырья кипрея нами проводилось приготовление серии водных экстрактов с последующим установлением базового уровня САА экстракта 750 мг ДГК в 100 г. В дальнейшем данный экстракт использовали для приготовления опытных образцов целевых пищевых продуктов (напитка, желе, мармелада), стандартизированных по уровню САА, который варьировал от 40 до 120 мг ДГК в 100 г продукта. В целях выявления предпочтений потребителей опытные образцы в течение 2018 – 2021 гг. прошли дегустационную оценку с привлечением более 1 000 респондентов, а также экспонировались на выставках пищевых продуктов.

**Результаты исследований.** Как показали результаты первой серии опытов, наблюдается весьма значительное варьирование САА образцов сырья кипрея из различных

районов ареала растения. Эти различия превышают 50%, что может быть обусловлено как разнообразием почвенно-климатических факторов, так и генетической неоднородностью популяций растения (табл. 1).

Таблица 1. Суммарная антиоксидантная активность сырья кипрея узколистного, собранного в различных местах ареала (2019 г.)

Table 1. The total antioxidant activity of the raw materials of blooming sally, collected in various places of the range (2019)

Место сбора сырья	Антиоксидантная активность, мг ДГК в 1 г сух. вещ-ва *	Место сбора сырья	Антиоксидантная активность, мг ДГК в 1 г сух. вещ-ва
Архангельская область	88,7 <sup>a</sup>	Вологодская область	77,3 <sup>b</sup>
Ленинградская область	86,7 <sup>a</sup>	Республика Карелия	72,4 <sup>c</sup>
Московская область	85,8 <sup>a</sup>	Свердловская область	62,5 <sup>d</sup>
Республика Алтай	78,4 <sup>b</sup>	Смоленская область	49,8 <sup>e</sup>

\*Здесь и далее одинаковыми латинскими буквами отмечены значения, различия между которыми статистически несущественны ( $p \leq 0,05$ ).

Во второй серии опытов был проведен мониторинг динамики САА сырья, собранного в разные фенологические фазы растения на расположенной в Ленинградской области стационарной площадке (табл. 2).

Таблица 2. Суммарная антиоксидантная активность сырья, собранного на различных фенологических фазах кипрея узколистного (Ленинградская область, Всеволожский район, стационарная площадка, 2020 г.)

Table 2. Total antioxidant activity of raw materials collected at various phenological phases of blooming sally (Leningrad region, Vsevolozhsky district, stationary site, 2020)

Фенологическая фаза	САА, мг ДГК в 1 г сух. вещ-ва	Фенологическая фаза	САА, мг ДГК в 1 г сух. вещ-ва
Отрастание побегов начало	31,2 <sup>a</sup>	Цветение начало	84,5 <sup>d</sup>
конец	56,4 <sup>b</sup>	конец	74,5 <sup>c</sup>
Бутонизация	76,4 <sup>c</sup>	Плодоношение	44,2 <sup>a</sup>

Данные мониторинга показали, что САА сырья возрастает в течение фенофазы отрастания побегов, достигает наибольшего значения к началу цветения растения и снижается к фазе плодоношения. Варьирование этого показателя биологической активности сырья в течение периода вегетации приближается к 200%.

Сравнение САА некоторых ферментированных продуктов переработки кипрея, поступающих в торговую сеть, представлено в таблице 3. Как следует из этих данных, варьирование данного показателя, которое достигает 200%, существенно превышает таковое для исходного сырья (табл. 1), что может быть обусловлено различиями в технологии его сбора и переработки, в частности, степенью ферментативного окисления антиоксидантных соединений. Следует отметить, что производители названных продуктов не информируют потребителей о количественном содержании в них БАВ, которые обуславливают важнейшие их потребительские свойства.

Сравнение данных таблиц 1 и 3 подтверждает сделанный ранее вывод о том, что ферментативное окисление ведёт к существенному снижению показателя САА растительного сырья [11].

Таблица 3. Суммарная антиоксидантная активность некоторых ферментированных продуктов переработки кипрея узколистного, поступающих в торговую сеть  
Table 3. The total antioxidant activity of some fermented products of processing of blooming sally, entering the trading network

Наименование продукта	САА, мг ДГК в 1 г сух. вещ-ва	Наименование продукта	САА, мг ДГК в 1 г сух. вещ-ва
Вятский иван-чай	11,0 <sup>a</sup>	Иван-чай гранулированный	21,2 <sup>c</sup>
Майский иван-чай	12,4 <sup>a</sup>	Иван-чай узколистный	25,0 <sup>d</sup>
Иван-чай монастырский	15,2 <sup>b</sup>	Иван-чай таёжный	33,2 <sup>e</sup>

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать заключение о том, что суммарная антиоксидантная активность исследованных пищевых продуктов, как один из ключевых показателей биологической активности, существенно варьирует, что служит ограничением для их научно обоснованного нормирования в целях эффективного и безопасного потребления.

Вышеизложенное определяет целесообразность стандартизации как исходного сырья кипрея узколистного, так и продуктов его переработки, лежащей в основе ранее разработанного способа получения некоторых пищевых продуктов [5, 6], который реализуется в следующей последовательности.

1. Анализ исходного сырья кипрея узколистного на САА с использованием названного выше метода.

2. Получение водного экстракта сырья, имеющего стандартный уровень САА 750 мг ДГК в 100 г.

3. Приготовление на основе полученного водного экстракта целевых пищевых продуктов переработки, САА которых варьирует от 40 до 120 мг ДГК в 100 г.

4. Расчет адекватной и предельно допустимой норм потребления соответствующих продуктов в соответствии с научными рекомендациями [1], таблица 4.

Таблица 4. Характеристика пищевых продуктов переработки кипрея узколистного, стандартизированные по суммарной антиоксидантной активности  
Table 4. Characteristics of food products of processing blooming sally, standardized by total antioxidant activity

Наименование продукта	САА, мг ДГК в 100 г продукта	Рекомендованная норма суточного потребления продукта, г		Дегустационная оценка продукта, в баллах по 5-балльной шкале		
		адекватная	предельно допустимая	вкус	аромат	цвет
Напиток	40	63	252	4,7	4,3	4,3
Желе	60	42	168	4,4	4,2	4,6
Мармелад	100	25	100	4,5	4,3	4,7
Сироп	125	20	80	4,8	4,7	4,6

В целях выявления предпочтений потребителей нами была проведена дегустационная оценка названных продуктов переработки сырья кипрея узколистного, полученных с использованием описанного способа. Результаты оценки с привлечением более 1 000

респондентов представлены в таблице 4. Названные выше продукты экспонировались в 2018 – 2019 гг. на следующих выставках национального и международного уровней экспонентом Малое инновационное предприятие ФГБОУ ВО СПбГАУ «Ананта», где получили положительную оценку экспертов:

1. Международная агропромышленная выставка-ярмарка «Агрорусь», Санкт-Петербург, 2018 г. (Золотая медаль в номинации «Достижения в области инноваций в АПК»).

2. Российская агропромышленная выставка «Золотая Осень», Москва, 2018 г. (Золотая медаль за разработку «Технология культивирования иван-чая и комплекс инновационных натуральных продуктов его переработки»).

3. Международная выставка продуктов питания, напитков и сырья для их производства «Продэкспо», Москва, 2019 г. (Золотая и Серебряная медали в номинациях «Инновация в составе продукта», «Инновация в технологии»).

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Суммарная антиоксидантная активность сырья кипрея узколистного, собранного в фазу цветения, из различных мест ареала существенно варьирует, что может быть обусловлено как почвенно-климатическими факторами, так и генетической неоднородностью популяций растения.

2. Антиоксидантная активность сырья, собранного на разных фенологических фазах растения, существенно варьирует, достигая наибольшего значения к бутонизации – началу цветения, после чего достоверно снижается.

3. Разнообразие технологий сбора и переработки сырья кипрея узколистного обуславливает существенное варьирование антиоксидантной активности исследованных пищевых продуктов, что затрудняет нормирование их эффективного и безопасного потребления.

4. Существенное варьирование антиоксидантной активности как исходного сырья, так и продуктов его переработки, установленное проведенными исследованиями, определяет необходимость их стандартизации по этому показателю, который определяет ценность кипрея узколистного как лекарственного растения.

5. Предложен способ получения пищевых продуктов на основе кипрея узколистного, стандартизированных по уровню антиоксидантной активности, что позволяет устанавливать адекватные и предельно допустимые нормы их потребления в соответствии с научными рекомендациями.

#### Список источников литературы

1. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Российской Федерации. – М., 2004. – 18 с.
2. Заворохина Н.В., Чугунова О.В., Фозилова В.В. Чайные напитки антиоксидантной направленности на основе кипрея узколистного // Пиво и напитки. – 2013. – № 1. – С. 18-24.
3. Бабенко А., Турмагамбетова А.С., Алексюк М.С., Зайцева И.А., Соколова Н.С., Богоявленский А.П., Березин В.Э. Противовирусная активность *Chamerion angustifolium* или *Epilobium angustifolium* // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 6. – С. 81-82.
4. Барнаулов О.Д. Детоксикационная фитотерапия, или противоядные свойства лекарственных растений. – СПб.: Политехника, 2007. – 409 с.
5. Полежаева И.В., Полежаева Н.И. Изучение экстрактивных веществ *Chamerion angustifolium* (L.) Holub. // Химия растительного сырья. – 2005. – № 1. – С. 25-29.
6. Тамм Е. Л. О противовоспалительном действии спиртовых экстрактов кипрея узколистного.: 4-й Междунар. конф. по мед. ботанике. — Киев, 1997. — С. 489-490.
7. Kosalec I., Kopjar N., Kremer D. Antimicrobial activity of willowherb (*Epilobium angustifolium* L.) leaves and flowers. // Curr. Drug Targets. – 2013. – No 14. – Pp. 986-991.
8. Kiss A.K., Bazylko A., Filipek A., Granica S., Jaszewska E., Kiarszys U., Kosmider A., Piwowski J. Oenothera B's contribution to the anti-inflammatory and antioxidant activity of *Epilobium* sp. // Phytomedicine. – 2011. – No 18. – Pp. 557-560.

9. Патент: Способ приготовления сиропа на основе кипрея узколистного (иван-чая): пат. 2545551 Рос. Федерация. № 2013139116/13 / Шапиро Я.С.; заявл. 21.08.2013; опубл. 27.02.2015, Бюл. № 6, 5 с.
10. Патент: Способ приготовления желе на основе кипрея узколистного (иван-чая): пат. 2670532 Рос. Федерация. 2017136019/17 / Шапиро Я.С.; заявл. 10.10.2017; опубл. 23.10.2018, Бюл. № 30, 5 с.
11. Найда Н.М., Шапиро Я.С. Исследование биоморфологических особенностей и антиоксидантной активности лекарственных растений в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 34. – С. 7-15.

### References

1. *Rational nutrition. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: Methodological recommendations* (2004), Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being of the Russian Federation, Moscow, Russia.
2. Zavorokhina, N.V., Chugunova, O.V. and Fozilova, V.V. (2013), "Tea drinks of antioxidant orientation based on blooming sally", *Beer and drinks*, no. 1, pp. 18-24.
3. Babenko, A., Turmagambetova, A.S., Aleksyuk, M.S., Zaitseva, I.A., Sokolova, N.S., Bogoyavlensky, A.P. and Berezin, V.E. (2014), "Antiviral activity of *Chamerion angustifolium* or *Epilobium angustifolium*", *International Journal of Applied and Fundamental Research*, no. 6, pp. 81-82.
4. Barnaulov, O.D. (2007), "Detoxification phytotherapy, or the antidote properties of medicinal plants", *Polytechnica*, St. Petersburg, Russia.
5. Polezhaeva, I.V. and Polezhaeva, N.I. (2005), "The study of extractive substances *Chamerion angustifolium* (L.) Holub", *Chemistry of vegetable raw materials*, no. 1, pp. 25-29.
6. Tamm, E.L. (1997), "About the anti-inflammatory effect of alcohol extracts of blooming sally", *4th International conf. on med. botany*, pp. 489-490.
7. Kosalec, I., Kopjar, N. and Kremer, D. (2013), "Antimicrobial activity of willowherb (*Epilobium angustifolium* L.) leaves and flowers", *Curr. Drug Targets*, no. 14, pp. 986-991.
8. Kiss, A.K., Bazylo, A., Filipek, A., Granica, S., Jaszewska, E., Kiarszys, U., Kosmider, A. and Piwowarski, J. (2011), *Oenothera B's contribution to the anti-inflammatory and antioxidant activity of Epilobium sp.*, *Phytomedicine*, no. 18, pp. 557-560.
9. Shapiro, Y.S. (2015), "Method for production of syrup based on blooming sally (rosebay willowherb)", Federal Service for Intellectual Property of the Russian Federation, Moscow, RU, Pat. № 2545551.
10. Shapiro, Y.S. (2018), "Method for production of jelly based on blooming sally (rosebay willowherb)", Federal Service for Intellectual Property of the Russian Federation, Moscow, RU, Pat. № 26705321.
11. Nayda, N.M. and Shapiro, Y.S. (2014), "Investigation of biomorphological features and antioxidant activity of medicinal plants in the Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 34, pp. 7-15.

### Сведения об авторах

**Шапиро Яков Семенович** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7830-7036.

**Сергеева Ольга Вячеславовна** – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5729-8570.

**Радишевский Дмитрий Юрьевич** – ассистент кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 4208-3689, Scopus Author ID: 57302990300.

### Information about authors

**Yakov S. Shapiro** – Ph. D. in biological sciences, associate professor of the department of Plant Protection and Quarantine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2888-0642.



**Olga V. Sergeeva** – Ph. D. in biological sciences, senior lecturer, department of Plant Protection and Quarantine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5729-8570.

**Dmitriy Yu. Radishevskiy** – assistant of the department of Plant Protection and Quarantine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 4208-3689, Scopus Author ID: 57302990300.

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

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

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

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

*Статья поступила в редакцию 04.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 25.05.2022 г.; принята к публикации 08.06.2022 г.*

*The article was submitted 04.04.2022; approved after reviewing 25.05.2022; accepted after publication 08.06.2022.*

Научная статья

УДК 58:633.8

doi:10/24412/2078-1318-2022-2-16-28

## ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕЗА *POLEMONIUM CAERULEUM* В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**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.** *Polemonium caeruleum* L. – синюха голубая (семейство Синюховые – *Polemoniaceae*) широко применяется в качестве лекарственного растения. Она распространена в Европейской части России, Западной и Восточной Сибири. Однако в последнее время ее распространение стало сокращаться, а в некоторых регионах РФ она попала в Красную книгу. Сырьем у синюхи голубой служат корневища с корнями, они содержат тритерпеновые пентациклические сапонины группы β-амирина, органические кислоты, флавоноиды, кумарины, смолы, жирное масло и др.

Цель исследования – изучить особенности онтогенеза и сырьевую продуктивность синюхи голубой в условиях культуры в Ленинградской области.

Опыты проводили в коллекционном питомнике лекарственных и эфирно-масличных растений Санкт-Петербургского государственного аграрного университета 2016-2021 гг. Объектом исследований был образец синюхи голубой из питомника лекарственных растений Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии.

Исследования показали, что особи синюхи голубой внутри популяции различались по темпам роста, развития и морфометрическим показателям. В онтогенезе растения проходили все последовательно сменяющиеся периоды и основные возрастные состояния. В генеративный период (первое цветение) нормально развивающиеся особи синюхи вступали на второй год жизни, единичные – в первый. Длительность состояния: молодые генеративные

растения – 1-2 года; средневозрастные генеративные растения – 4-5 лет. Качество и подлинность сырья было подтверждено морфологическими и микроскопическими исследованиями, а также соответствием требованиям нормативных документов. Результаты изучения синюхи голубой в условиях культуры в Ленинградской области полностью подтверждают перспективность ее возделывания.

**Ключевые слова:** синюха голубая, онтогенез, возрастное состояние, фенологические фазы, корневища, корни

**Цитирование.** Найда Н.М. Особенности онтогенеза *Polemonium caeruleum* в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 16-28 doi: 10/24412/2078-1318-2022-2-16-28.

## THE ONTOGENESIS FEATURES OF *POLEMONIUM CAERULEUM* IN THE LENINGRAD REGION

Nadezhda M. Naida

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; nayda.nad@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3909-4353>

**Abstract.** *Polemonium caeruleum* L. from the family *Polemoniaceae* is widely used as a medicinal plant. It is widespread in the European part of Russia, Western and Eastern Siberia. However, recently its distribution has begun to decline, and in some regions of the Russian Federation it has been included in the Red Book. Rhizomes with roots serve as raw materials, they contain triterpene pentacyclic saponins of the  $\beta$ -amyrin group, flavonoids, organic acids, fatty oil, resins, starch, etc.

The purpose of the study is to study the features of growth, development, ontogenesis and raw material productivity of Jacob's-ladder or Greek valerian under the cultivation conditions in The Leningrad region. The experiments were carried out in the collection nursery of medicinal and essential oil plants of St. Petersburg State Agrarian University during 2016-2021. The object of research was a sample of Greek valerian from the nursery of medicinal plants of the St. Petersburg State Chemical and Pharmaceutical Academy.

Studies have shown that individuals of the Greek valerian differed within the population in growth rates, development and morphometric indicators. In the ontogenesis of the plant, all subsequent periods and the main age conditions were passing consistently. Normally developing individuals of the cyanosis entered the generative period (the first flowering) in second year of life, singular ones - in the first. The duration of the condition is young generative plants – 1-2 years; middle-aged generative plants - 4-5 years. The quality and authenticity of the raw materials was confirmed by morphological and microscopic studies, as well as compliance with the requirements of normative documents. The study results of Greek valerian under the conditions of growing in the Leningrad region fully confirm the prospects of its cultivation.

**Keywords:** Greek valerian, ontogenesis, age state, phenological phases, rhizomes, roots

**Citation.** Naida, N.M. (2022), “The ontogenesis features of *Polemonium caeruleum* in Leningrad region”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 16-28, (In Russ.) doi: 10/24412/2078-1318-2022-2-16-28.

**Введение.** Род синюха *Polemonium* L. из семейства Синюховых *Polemoniaceae* насчитывает до 40 видов, из них в России и сопредельных государствах встречается 14 видов (Флора СССР, 1953). Но в качестве лекарственного растения используется только синюха

голубая *Polemonium caeruleum* L., она распространена в Европейской части России, Западной и Восточной Сибири. Синюха голубая любит сырые места, плодородные почвы, переносит затенение. Растет в зарослях кустарников по долинам и берегам рек, в лесных и пойменных лугах [1]. Однако в последнее время ее распространение стало сокращаться, а в некоторых регионах РФ она попала в Красную книгу [2, 3].

Синюха голубая – травянистый короткочерневищный многолетник высотой 35-120 см. Толстое корневище формирует желтоватые придаточные корни. Вегетативные побеги – укороченные розеточные, генеративные – полурозеточные. Стебли прямостоячие, полые, неясно ребристые, в нижней части – голые, в верхней – опушены железистыми волосками, мало ветвистые или ветвятся вверху. Листорасположение очередное, листья непарноперистые, голые, нижние – на длинных черешках, верхние сидячие. Соцветие – метелка, оси соцветия короткие железистоволосистые. Цветки пятичленные, обоеполые. Чашечка колокольчатая голая или мало опушенная, с ланцетными лопастями. Венчик голубой, спайнолепестный, длиннее чашечки. Тычинок – 5, гинецей из 3 плодолистиков. Плод – трехгнездная многосемянная синкарпная, шаровидная коробочка (Флора СССР, 1953).

Активно изучается химический состав и применение синюхи голубой. Сырьем у синюхи служат корневища с корнями (*Rhizomata cum radicibus Polemonii*), они содержат тритерпеновые пентациклические сапонины группы  $\beta$ -амирина, флавоноиды, кумарины, органические кислоты, жирное масло, смолы, крахмал и др. [4-8]. Однако проведенное сравнительное изучение химического состава корневищ с корнями и травы синюхи голубой доказало перспективность использования не только подземной части растения, но и травы как источника тритерпеновых сапонинов [5-8]. Синюха обладает отхаркивающим, гипотензивным действием, применяется при болезнях сердечно-сосудистой системы, инфекциях, заболеваниях дыхательной системы, а в сочетании с сушеницей топяной рекомендуется для лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Благодаря наличию в корневище с корнями большого количества сапонинов синюха обладает седативным действием и является заменителем импортной сенеги – *Poligola senega* L. Сапонины регулируют водно-солевой баланс, оказывают адаптогенное и противовоспалительное действие на организм, сдерживают развитие атеросклероза. По седативной активности синюха превосходит валериану лекарственную в 8-10 раз. Отвары и настои из корневища и корней синюхи стимулируют функцию коры надпочечников, регулируют липидный обмен [4-14].

Кроме того, исследователи уделяют внимание и технологии возделывания синюхи голубой в культуре [1, 15, 16].

Таким образом, синюха голубая – важное и перспективное для возделывания лекарственное растение. Учитывая недостаточную изученность его в условиях культуры в Ленинградской области, а также перспективу безотходного использования этого растения, исследование особенностей роста, развития и продуктивности является актуальным.

**Цель исследования** – изучить особенности онтогенеза и сырьевую продуктивность синюхи голубой в условиях культуры в Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Опыты проводили в коллекционном питомнике лекарственных и эфирно-масличных растений Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в 2016–2021 гг. Объектом исследований был образец синюхи голубой из питомника лекарственных растений Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии (п. Лемболово) в рамках договора о научном сотрудничестве.

Почва коллекционного питомника СПбГАУ – дерново-подзолистая среднесуглинистая, высококультуренная.

При выращивании синюхи голубой использовали рекомендации ВИЛАР [1]. Обработка почвы включала осеннюю вспашку с внесением удобрений из расчета  $R_{45}K_{45}$  действующего вещества, весной проводили культивацию, при посеве в рядки вносили суперфосфат из расчета  $1 \text{ г/м}^2$ . В первый год подкормку проводили азотными удобрениями в дозе  $3 \text{ г/м}^2$ . На

второй год подкормку делали рано весной в дозе  $\text{NPK}_{30}$ . Норма высева семян  $1,5 \text{ г/м}^2$ . Сев проходил в 3-й декаде мая, когда почва прогревалась до  $10\text{-}12^\circ\text{C}$ , повторность делянок – 3-кратная, ширина между рядками – 45 см, между растениями – 30 см, глубина заделки семян – 1-2 см. Уход за растениями заключался в ручной прополке (3-4 прополки) и 4-5 рыхлений междурядий. На второй год вегетации бороновали рано весной, рыхлили междурядья и пропалывали вручную. Уборку на сырье проводили в 2017 и 2018 гг. На тех участках, где намечалась уборка на сырье, скашивали побеги в фазу начала цветения на высоте 20 см. Уборка была проведена в сентябре, выкопанные корневища промывали и закладывали на сушку на стеллажах. Уборку на семена проводили в августе-сентябре при побурении коробочек на делянках на 2 и 3 годы жизни растений.

Рост и развитие растений определяются факторами окружающей среды: температурой, влагой, освещением и почвенными условиями. Показателем темпа развития растений является их переход к цветению, а показателем темпа роста – скорость нарастания массы растения. Поэтому был проведен анализ погодных условий в годы изучения синюхи голубой.

Климат Ленинградской области – умеренно холодный, переходный от континентального к океаническому, зима – относительно мягкая, а лето – умеренно теплое. Длительность периода вегетации с активными температурами выше  $+5^\circ\text{C}$  составляет 190-197 дней, с температурой выше  $+10^\circ\text{C}$  – 135-160 дней. Однако в последнее время отмечается очень неустойчивая и переменчивая погода на фоне всеобщего потепления.

За годы наблюдений наиболее теплыми и благоприятными для роста и развития растений по всем показателям оказались вегетационные периоды 2016, 2018, 2020 гг. Они характеризовались высокими суммами активных температур и наибольшим числом дней с температурой воздуха  $\geq 10^\circ\text{C}$ . Прохладным был 2017 г. В целом показатели среднемесячных температур воздуха и суммы осадков превышали в отдельные месяцы или были близки к средним многолетним значениям (рис. 1, 2, табл.1). Июнь и июль 2021 г. оказались очень жаркими и засушливыми, среднемесячная температура воздуха была значительно выше нормы, а сумма осадков ниже нормативных значений.

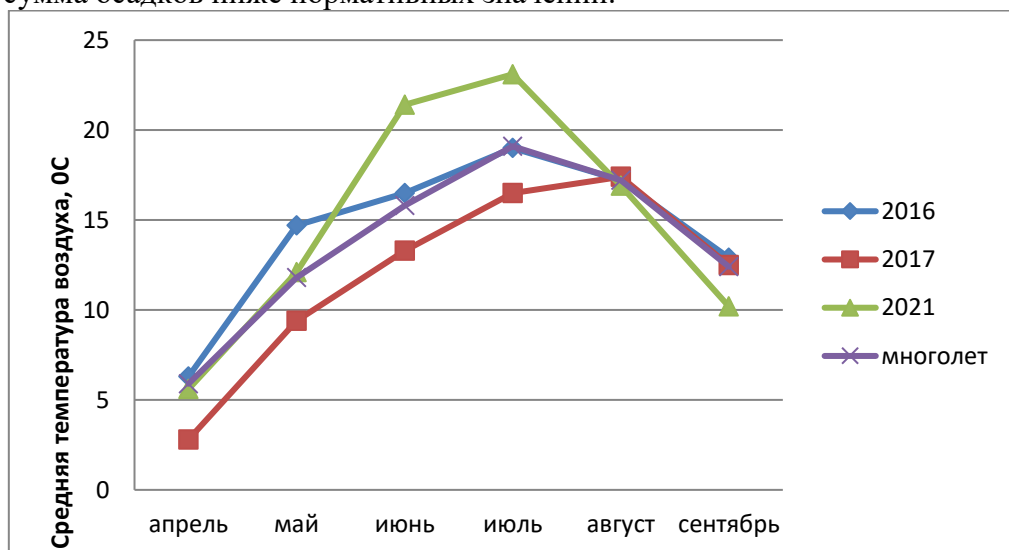


Рисунок 1. Среднемесячная и средняя многолетняя температура воздуха по Пушкинскому району, °C  
Figure 1. Average monthly and average long-term air temperature in the Pushkin district, °C

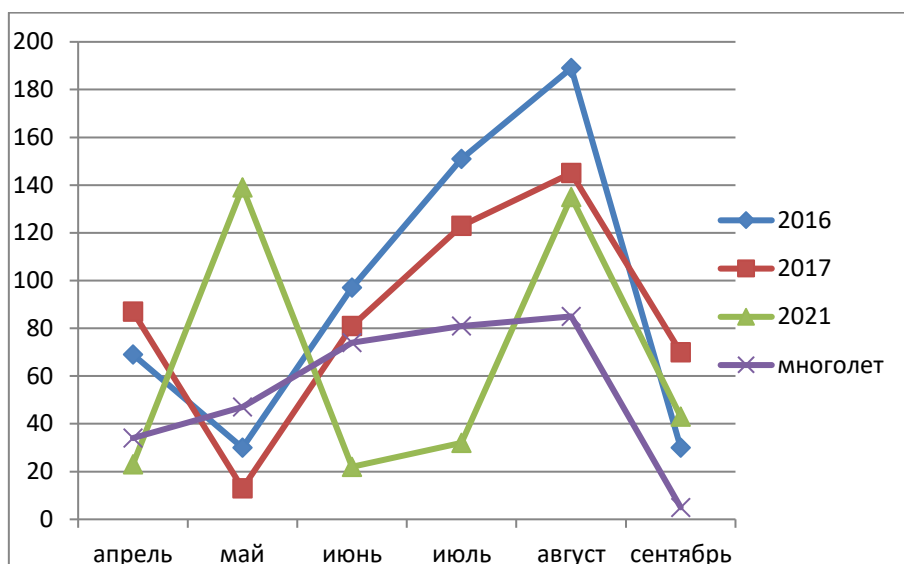


Рисунок 2. Среднемесячная и средняя многолетняя сумма осадков по Пушкинскому району, мм

Figure 1. Average monthly and average long-term precipitation in the Pushkin district, mm

Таблица 1. Метеоданные по Пушкинскому району в годы исследований  
Table. 1. Meteorological data on the Pushkin district during the years of research

Год	Устойчивый переход через 0°	Устойчивый переход через 5°	Устойчивый переход через 10°	Устойчивый переход через 15°	Сумма активных температур, °С	Число дней с температурой ≥ 10°С	Сумма эффективных температур, °С
2016	04.03 02.11	05.04 17.10	26.04 04.10	15.06 13.09	2494,4	161	1584
2017	- -	10.05 15.10	15.05 28.09	09.07 02.09	1992,7	136	950,5
2018	-	-	02.05 01.10	12.05 22.09	2643,1	151	2397,1
2019	09.02 05.11	16.02 28.10	10.05 02.10	29.05 06.09	2312,9	145	1682,9
2020	-	-	-	-	2384,9	149	-
2021	-	-	-	-	2461,5	140	-

Морфологию и анатомию корневища и корня изучали на живом и фиксированном (в 70% этиловом спирте) материале. Срезы делали от руки, готовили временные препараты по общепринятым методикам. Изучение препаратов проводили с помощью микроскопа МИКМЕД-2 и цифровой телевизионной камеры USB-2.0.

Качество сырья определяли в независимом центре по проведению испытаний лекарственного сырья и БАД ООО «ЭкспертБио». (НД ФС.2.5.0039.15; протокол испытаний № 4762/4589 – л от 01.12.2017).

**Результаты исследований.** Посев синюхи голубой проводили 20.05.2016 г., всходы появились через 10-12 дней. Растения в это время были высотой 1-2 см с двумя семядольными листьями яйцевидной формы. Первые настоящие листья имели по 3-4 листочка в сложном листе, позже формировались 7-листочковые и 9-листочковые сложные листья. В первый год

жизни растения формировали вегетативный укороченный розеточный побег высотой 20-30 см. Так как всходы были довольно растянуты, то и формирование розетки листьев у растений в агроценозе продолжалось до конца вегетационного периода. Начало отрастания на следующий год и в дальнейшем отмечали рано. В теплые годы розетка листьев формировалась к середине 2-й декады апреля, в прохладные – в 3-й декаде апреля (табл.2).

Таблица 2. **Фенологические фазы развития растений синюхи голубой в 2016–2021 гг.**  
Table2. **Phenological phases of development of blue blueberry plants 2016-2021**

Год наблюдений	Посев	Всходы/ начало отрастания	Бутонизация	Начало цветения	Конец цветения	Плодоношение
2016	20.05	02.06	-	-	-	-
2017	-	28.04	18.06	28.06	15.08	с 15.07
2018	-	10.04	08.06	17.06	10.08	с 10.07
2019	-	15.04	10.06	20.06	12.08	с 12.07
2020	-	17.04	12.06	21.06	12.08	с 11.07
2021	-	20.04	10.06	20.06	10.08	с 10.07

Бутонизация проходила в 1-2 декаде июня, цветение начиналось обычно через 8-10 дней после бутонизации, оно растянуто на 40-50 дней. Первые завязавшиеся плоды отмечали через 12-14 дней от начала цветения, далее цветение и плодоношение проходило одновременно. Завершалось плодоношение во 2-3 декаде сентября.

Изучение морфометрических и биологических показателей было проведено с целью оценки интенсивности роста и развития растений в онтогенезе, а также динамики роста побегов, корневищ и корней. Гетерогенность популяции проявляется обычно в разнообразии жизненности растений, темпах роста и развития, биоморфологии и др. Однако это разнообразие расширяет адаптационные возможности и устойчивость растений. Кроме того, показатели, характерные для определенного возрастного состояния, меняются как во времени (погодичная изменчивость), так и в разных почвенно-климатических условиях и при разном хозяйственном использовании агроценоза.

В условиях нашего опыта анализ морфометрических характеристик растений синюхи голубой показал, что особенно большой разброс показателей и разная интенсивность роста растений были в первые 3 года их жизни. Начиная с 4-го года показатели стали выравниваться (табл. 3).

Таблица 3. **Морфометрический анализ растений синюхи голубой в 2016-2021 гг.**  
Table 3. **Morphometric analysis of blue blueberry plants in 2016-2021**

Год наблюдения	Средняя высота растения, см	Среднее число полурозеточных генеративных побегов на 1 растении, шт.	Среднее число сложных листьев на 1 побеге, шт.	Среднее число листочков сложного листа, шт.	Средняя ширина листочка, см	Средняя длина листочка, см
2016	21,5	0,9	8,1	11,5	1,2	3,2
2017	61,7	2,1	10,4	14,7	1,6	4,1
2018	104,6	5,4	13,5	15,7	1,6	4,5
2019	105,3	6,3	12,7	15,2	1,7	4,8
2020	103,4	6,7	13,6	14,8	1,6	4,9
2021	95,7	6,1	13,3	14,4	1,6	4,7

Приведем выявленные нами наиболее общие качественные признаки возрастных состояний онтогенеза, характерные для большинства особей синюхи голубой. В условиях культуры в онтогенезе синюхи голубой было выделено 3 периода и 6 возрастных состояний.

*Латентный период.* Возрастное состояние семя (se). Семена у синюхи голубой темно-коричневые или почти черные, изогнуто продолговатые узкокрылатые. Длина семени – от 2,5 до 3,1 мм, ширина – 0,5-0,9 мм, масса 1000 семян – от 1,31 до 1,56 г (рис. 3).



Рисунок 3. Семена синюхи голубой: 1 – под лупой (x 8); 2 – под лупой (x 28)

Figure 3. **Blue blueberry seeds:** 1 – under a magnifying glass (x 8); 2 – under a magnifying glass (x 28)

*Прегенеративный период.* Состояние проростки (р). Всходы появились на 10-12 день после посева. В состоянии проростка растения имели короткий побег с двумя семядолями яйцевидной формы, высота растений составляла от 0,3 до 2 см. Через 10-15 дней проростки сформировали 1-3 тройчатосложных листа. Эпикотиль не развит. Гипокотиль хорошо выражен, на нем формируется 1-2 придаточных корешка. Корневая система смешанного типа состоит из главного корня, нескольких боковых и придаточных корней. Длительность этого состояния 10-30 дней (рис.4).

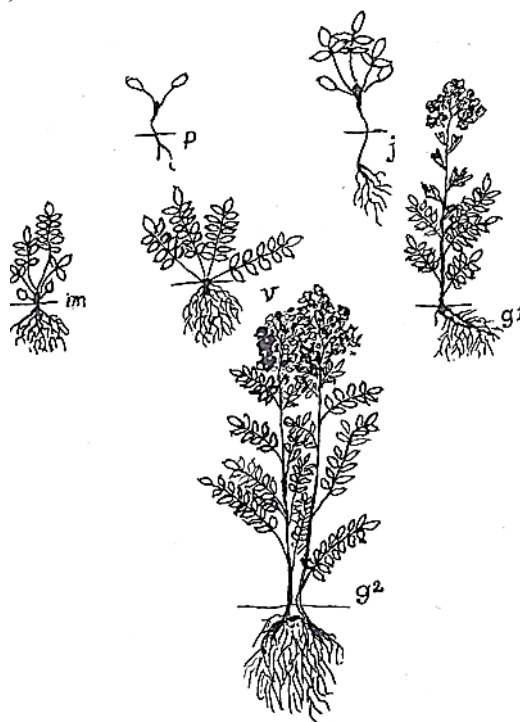


Рисунок 4. Онтогенез синюхи голубой: p – возрастное состояние проростки; j – ювенильные растения; im – имматурное возрастное состояние; v – виргинильное возрастное состояние; g1 – состояние молодого генеративного растения; g2 – средневозрастные генеративные растения

Figure 4. **Ontogenesis of blue blueberry:** p – the age state of the seedlings; j – juvenile plants; im – immature age state; v – virginal age state; g1 – the state of a young generative plant; g2 – middle-aged generative plants

Ювенильные растения (j). Растения в этом возрастном состоянии имели один розеточный побег с 2-5 ассимилирующими листьями. Высота растений 2,0-9 см. Листья непарноперистосложные с числом листочков от 3 до 5. Утолщается и частично втягивается в почву укороченный стебель розеточного побега, на котором хорошо видны листовые рубцы от семядольных листьев. Главный корень отмирает. На корневище увеличивается количество шнуровидных придаточных корней. Продолжительность состояния 15-30 дней.

Имматурное состояние (im). Особи синюхи в этом возрастном состоянии были представлены одним розеточным побегом высотой 11-26 см, имели 3-6 непарноперистых листьев, число листочков сложного листа – от 9 до 15, молодых придаточных корней – 10-15. Продолжительность состояния 15-30 дней.

Виргинильное состояние (v). Высота растений составляла от 10 до 35 см. У растения был один розеточный побег с 5-15 взрослыми непарноперистыми сложными листьями. Корневище утолщалось, на нем заметны следы засохших листьев, корневая система представлена 2-10 придаточными корнями. Виргинильное состояние отмечалось в конце вегетационного периода. Длительность 20-45 дней. В этом возрастном состоянии растения зимовали.

*Генеративный период.* Возрастное состояние молодое генеративное растение (g1) наступило в третьей декаде июня 2017 года (см. табл. 2). Растения имели один генеративный полурозеточный побег высотой 40-90 см и 1-2 розеточных побега. Розеточные и нижние стеблевые непарноперистые листья длинночерешковые, верхние – сидячие. Длина листьев – от 10 до 20 см, число листочков – от 15 до 17. Причем последняя пара иногда срастается с непарным листочком. В это время отмечается отмирание нескольких нижних листьев. На этой стадии корневище продолжает утолщаться, число придаточных корней составляет 12-40 шт. Семенная продуктивность была в среднем 230 семян на одном генеративном побеге. Длительность состояния 1-2 года.

Средневозрастные генеративные растения (g2) синюхи голубой формировали от 2 до 6 полурозеточных побегов, высота которых достигала 100 см и более, розеточных побегов – от 1 до 3. Семенная продуктивность составляла в среднем 260 семян на 1 генеративный побег. В этом возрастном состоянии находились особи агроценоза до конца вегетационного периода 2021 г. Длительность состояния 4-5 лет.

Следует отметить высокую вариабельность скорости индивидуального развития растений в первые 3 года жизни. Эти различия в скорости развития растений можно охарактеризовать следующим образом: 1 группа – нормально развивающиеся растения (большинство растений агроценоза, их темпы развития были описаны выше); 2 группа – ускоренно развивающиеся растения (2 растения в агроценозе); 3 группа – медленно развивающиеся растения (12 растений). Два растения из ускоренно развивающейся группы все возрастные состояния прегенеративного периода преодолели в первый год жизни, в августе зацвели и перешли в генеративное состояние. Большая часть растений 3 группы на второй год жизни находилась в виргинильном состоянии. И только некоторые растения этой группы зацвели в конце вегетационного периода 2-го года. Начиная с 3-го года жизни растений вариабельность темпов развития была сглажена, наблюдалось дружное цветение, и особи проявляли в основном морфологическую изменчивость. За время изучения синюхи голубой период старого генеративного растения не отмечался ни у одной особи.

Сырьем у синюхи голубой являются корневища с корнями. Сбор сырья производили на второй год жизни растений в третьей декаде сентября в 2017 и 2018 гг. (табл. 4).



Таблица 4. Сырьевая продуктивность синюхи голубой  
Table 4. Raw material productivity of blue blueberry

Год	Средняя сырьевая продуктивность (сырая), г/растение	Средняя сырьевая продуктивность (сухая), г/растение	Урожайность сырья (сырая), т/га	Урожайность сухого сырья, т/га	Выход сухого сырья, %
2017	44,5	11,4	1,44	0,370	25,6
2018	50,1	12,8	1,63	0,417	25,6

Сравнительный анализ результатов, полученных нами и из литературных данных, показал, что в условиях Ленинградской области урожайность синюхи голубой высокая и соответствует урожайности в промышленных посевах в Центральной части РФ.

Растительное лекарственное сырье считается полноценным в том случае, если оно подлинно и соответствует действующим нормативным документам. Проведенный анализ показал, что выращенное в Ленинградской области сырье высокого качества и соответствует требованию (табл. 5).

Таблица 5. Результаты лабораторных испытаний сырья синюхи голубой  
Table 5. Results of laboratory tests of raw materials of blue blueberry

Наименование показателей качества по нормативному документу	Требования к качеству по нормативному документу	Результаты испытаний
Влажность, %	Не более 14	7
Экстрактивные вещества, экстрагент-вода, %	Не менее 20	27
Зола общая, %	Не более 13	6,2
Зола, не растворимая в хлористоводородной кислоте, %	Не более 7	3,4
Органическая примесь, %	Не более 1	0,2
Минеральная примесь, %	Не более 2	0,9

Морфологические и микроскопические исследования сырья необходимы для его диагностики, установления подлинности и качества.

Изучение морфологии сырья показало, что корневище синюхи голубой горизонтальное, слегка изогнуто, с многочисленными придаточными корнями, длина корневищ – 2,0-5,3 см, толщина – 0,4-1,8 см (рис. 5). Поверхность корневищ морщинистая, излом зернистый. Цвет корневищ с поверхности серовато-желтый, на изломе желтовато-белый. По морфологической природе корневище синюхи представляет собой видоизмененный подземный побег, где накапливаются продукты вторичного метаболизма. Оно имеет верхушечную и пазушные почки, узлы различимы по листовым рубцам. С поверхности корневище покрыто 1-2 слоями пробки. Первичная кора состоит из тонкостенных клеток, расположенных в 6-7 слоев, межклетники крупные. Хорошо заметна эндодерма, глубже располагается вторичная кора с элементами флоэмы и кольцо камбия. В центральном цилиндре – ксилемная часть, а в центре корневища – паренхима сердцевины (рис. 6 А, Б). В некоторых местах хорошо просматриваются проводящие пучки (рис. 6 В).

Корни тонкие длинные – 10-40 см, толщиной – 1-3,5 мм, образуются со всех сторон корневища. С поверхности они шероховатые, цилиндрические, узловатые, ломкие. В зависимости от толщины корни имеют разное строение. На поверхности корня располагается пробка в 1-2 слоя. Далее лежит 2-3 слоя клеток первичной коры с утолщенными стенками. Эндодерма хорошо выражена и содержит жирное масло.

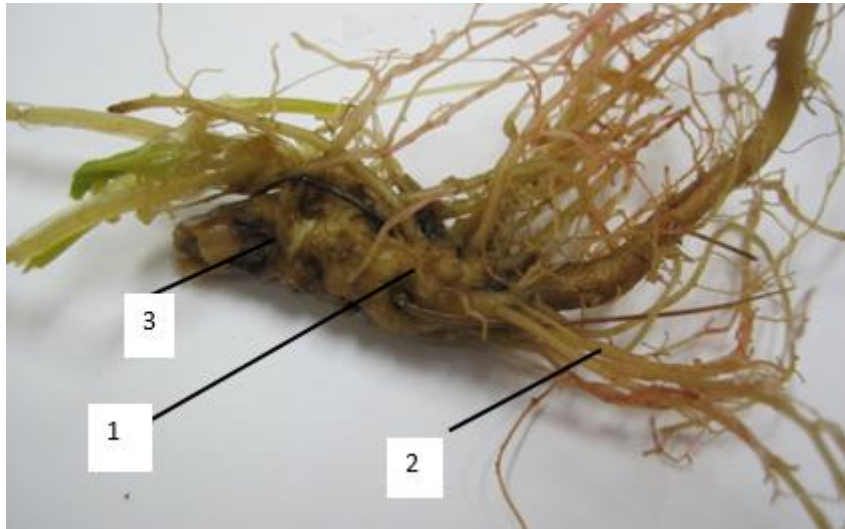


Рисунок 5. Синюха голубая: корневище с придаточными корнями: 1 – корневище; 2 – придаточные корни; 3 – остатки стебля

Figure 5. Blue blueberry: rhizome with adventitious roots: 1 – rhizome; 2 – adventitious roots; 3 – the remains of the stem

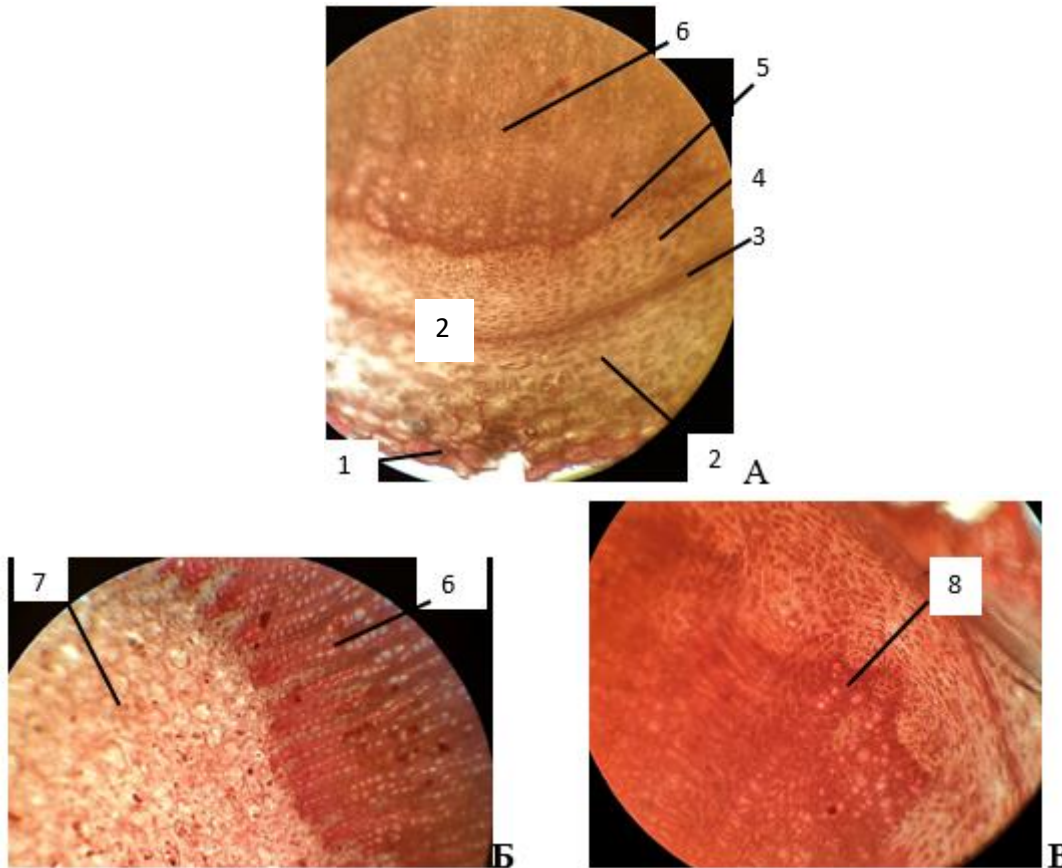


Рисунок 6. Синюха голубая: поперечный срез корневища; А: 1 – пробка; 2 – первичная кора; 3 – эндодерма; 4 – вторичная кора с элементами флоэмы; 5 – камбий; 6 – ксилема;

Б: 7 – паренхима сердцевины; В: 8 – проводящий пучок

Figure 6. Blue blueberry: a cross section of the rhizome: А: 1 – cork; 2 – primary cortex; 3 – endoderm; 4 – secondary cortex with phloem elements; 5 – cambium; 6 – xylem; В: 7 – parenchyma of the core;

С: 8 – conducting bundle

Во вторичной коре клетки уплощенные и более мелкие. Здесь встречается лубяная паренхима, ситовидные трубки и волокна. Камбий хорошо просматривается. В ксилемной части сосуды разного размера (рис. 7).

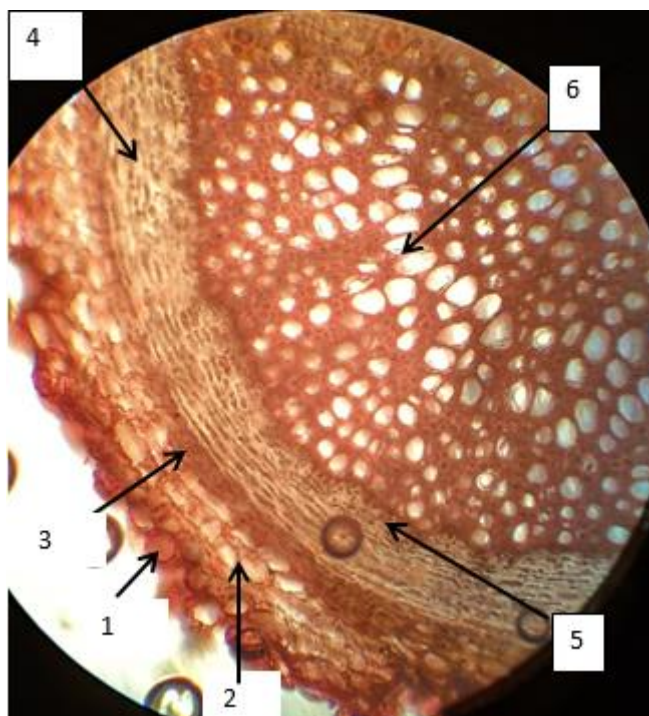


Рисунок 7. Синюха голубая: строение корня: 1 – перидерма; 2 – первичная кора; 3 – эндодерма; 4 – вторичная кора с элементами флоэмы; 5 – камбий; 6 – ксилемная часть

Figure 7. Blue blueberry: the root structures: 1 – periderm; 2 – primary bark; 3 – endoderm; 4 – secondary bark with phloem elements; 5 – cambium; 6 – xylem part

**Выводы.** Исследования показали, что особи синюхи голубой в агроценозе различались по темпам роста, развития и морфометрическим показателям. В онтогенезе растения проходили все периоды и возрастные состояния. В генеративный период (первое цветение) нормально развивающиеся особи синюхи вступали на второй год жизни, единичные – в первый. Длительность состояния молодые генеративные растения – 1-2 года; средневозрастные генеративные растения – 4-5 лет. Качество и подлинность сырья было подтверждено морфологическими и микроскопическими исследованиями, а также соответствием требованиям нормативных документов. Результаты изучения синюхи голубой в условиях Ленинградской области говорят о перспективности ее возделывании.

#### Список источников литературы

1. Атлас лекарственных растений России / Под общей ред. В.А. Быкова. – М., 2006. – С. 345.
2. Мальцева А.А., Камаева Г.М., Барабаш Г.И. Структура и фитохимический анализ синюхи голубой // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2011. – №2. – С. 99-100.
3. Ильина В.Н. Особенности популяционной структуры синюхи голубой (*Polemonium caeruleum* L., *Polemoniaceae*) в Самарской области // Перспективы лекарственного растениеводства: сборник научных трудов конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Алексея Ивановича Шретера (1-2 ноября 2018, ВИЛАР, Москва). – М.: ВИЛАР, 2018. – С. 117-120.
4. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений: Учебное пособие/под ред Г.П. Яковлева. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб: Спецлит, 2015. – 759 с.
5. Мальцева А.А. Исследование комплекса биологически активных веществ растения *Polemonium coeruleum* L.: автореф. дис... канд. фарм. наук.–М., 2011. – 25 с.
6. Щербинина Е.Ф. Фармакогностическое изучение синюхи голубой флоры Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. – Пятигорск, 1990. – 24 с.
7. Самылина И.А., Сорокина А.А. Атлас лекарственных растений и сырья: Учебное пособие по фармакогнозии.–Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 318 с.

8. Глушко Т.В., Ермолинская Т.М., Сугакова А.В. Разработка методик идентификации и количественного анализа лекарственных средств на основе синюхи голубой // Труды БГУ. – 2010. – Т. 5, № 2. – С. 63-68.
9. Хишова О.М., Щербинин И.Ю., Дубашинская Н.В. Изучение седативной активности капсул сухого экстракта корневищ с корнями синюхи голубой // Вестник фармации. – 2010. – № 4. – С. 59–64.
10. Ким В.Э., Правдюк М.Ф., Коновалов Д.А. Хромато-масс-спектрометрическое исследование фитоэкстракта на основе травы пустырника, корней шлемника байкальского, корневищ с корнями синюхи голубой // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 1. – С. 129-131.
11. Гудкова А.А., Шестакова Г.Ю., Сливкин А.И., Чистякова А.С., Агафонов В. А., Чавро П.В. Изучение углеводного состава синюхи голубой (*Polemonium caeruleum* L.) // Химия растительного сырья. – 2021.– № 3. – С. 107-114. URL: <http://journal.asu.ru/cw/article/view/8795>. (дата обращения: 22.04.2022).
12. Шестакова Г.Ю., Гудкова А.А., Чистякова А.С., Агафонов В.А. Органические кислоты синюхи голубой// Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – № 1 (138). – С. 85-91. URL: <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2021-138-85-91>. (дата обращения: 22.04.2022).
13. Stecka L. Identification of *Polemonium saponosides* / L. Stecka // Acta Pol. Pharm. 1968. - Vol. 25, № 4. - P. 463-469.
14. Tandon R. Chemical Examination of *Polemonium coeruleum* Linn. / R. Tandon, G.K., Jain, N.M. Khanna // Indian J. Chem. 1981. - Vol. 20. -P. 46-49.
15. Абрамова Л.М., Каримова О.А., Лебедева М.В. Опыт выращивания *Polemonium caeruleum* L. в лесостепной зоне Башкортостана // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 9. – С. 100-103.
16. Кухарева Л.В., Гиль Т.В., Гончарова Л.В., Кот А.А., Титок В.В. Синюха голубая - *Polemonium caeruleum* L.// Технологические аспекты возделывания в условиях Беларуси: сборник трудов международной научной конференции «Перспективы лекарственного растениеводства». – 1 -2 ноября 2018, ВИЛАР, Москва. – М.: ВИЛАР, 2018. – С. 184-187.

### References

1. Bykova, V.A. (ed.) (2006), *Atlas lekarstvennyh rastenij Rossii*, Moscow, P. 345.
2. Mal'ceva, A.A., Kamaeva, G.M. and Barabash, G.I. (2011), “Struktura i fitohimicheskij analiz sinyuhi goluboj”, *Vestnik VGU, seriya: Geografiya, Geoekologiya*, no. 2, pp. 99-100.
3. P'ina, V.N. (2018), “Osobennosti populyacionnoj struktury sinyuhi goluboj (*Polemonium caeruleum* L., *Polemoniaceae*) v Samarskoj oblasti”, «Perspektivy lekarstvennogo rastenievdeniya»: sbornik nauchnyh trudov konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora Alekseya Ivanovicha Shretera, 1-2 noyabrya 2018, VILAR, Moscow, pp. 117-120.
4. Yakovleva G.P. (ed.) (2015), *Bol'shoj enciklopedicheskij slovar' lekarstvennyh rastenij: 3-e izd., ispr. i dop.*, Spec.lit, Saint Petersburg, P. 759.
5. Mal'ceva, A.A., (2011), “Issledovanie kompleksa biologicheski aktivnyh veshchestv rasteniya *Polemonium coeruleum* L.”, Abstract of Candidate of Medical Sciences dissertation, Moscow P. 25.
6. Shcherbinina, E.F. (1990), “Farmakognosticheskoe izuchenie sinyuhi goluboj flory Zapadnoj Sibiri” Abstract of Candidate of pharmaceutical Sciences dissertation, Pyatigorsk, P. 24.
7. Samylina, I.A. and Sorokina, A.A. (2008), “Atlas lekarstvennyh rastenij i syr'ya. Uchebnoe posobie po farmakognozii”, *Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK*, P. 318.
8. Glushko, T.V., Ermolinskaya, T.M. and Sugakova, A.V. (2010), “Razrabotka metodik identifikacii i kolichestvennogo analiza lekarstvennyh sredstv na osnove sinyuhi goluboj”, *Trudy BGU*, Vol. 5, no 2, pp. 63-68.
9. Hishova, O.M., Shcherbinin, I.YU. and Dubashinskaya, N.V. (2010), “Izuchenie sedativnoj aktivnosti kapsul suhogo ekstrakta kornevishch s korniyami sinyuhi goluboj”, *Vestnik farmacii*, no. 4, pp. 59-64.
10. Kim, V.E., Pravdyuk, M.F. and Konvalov, D.A. (2015), “Hromato-mass-spektrometricheskoe issledovanie fitoekstrakta na osnove travy pustyrnika, kornej shlemnika bajkal'skogo, kornevishch s korniyami sinyuhi goluboj”, *Vestnik VGU, Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*, no. 1, pp. 129-131.

11. Gudkova, A.A., Shestakova, G.YU., Slivkin, A.I., Chistyakova, A.S., Agafonov, V.A. and Chavro P.V. (2021), "Izuchenie uglevodnogo sostava sinyuhi goluboj (*Polemonium caeruleum* L.), *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, no. 3, pp. 107-114. available at: URL: <http://journal.asu.ru/cw/article/view/8795>. (Accessed: 22.04.2022).
12. Shestakova G.YU., Gudkova A.A., Chistyakova A.S., Agafonov V.A. Organicheskie kisloty sinyuhi goluboj // *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. – 2021. – № 1 (138). – S. 85-91. URL: <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2021-138-85-91>. (Data obrashcheniya 22.04.2022).
13. Stecka L. Identification of *Polemonium saponosides* / L. Stecka // *Acta Pol. Pharm.* 1968. - Vol. 25, № 4. - P. 463-469.
14. Tandon R. Chemical Examination of *Polemonium coeruleum* Linn. / R. Tandon, G.K., Jain, N.M. Khanna // *Indian J. Chem.* 1981. - Vol. 20. -P. 46-49.
15. Abramova L.M., Karimova O.A., Lebedeva M.V. Opyt vyrashchivaniya *Polemonium caeruleum* L. v lesostepnoj zone Bashkortastana // *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2009. – № 9. – S. 100-103.
16. Kuhareva L.V., Gil' T.V., Goncharova L.V., Kot A.A., Titok V.V. Sinyuha golubaya - *Polemonium caeruleum* L. // *Tekhnologicheskie aspekty vozdeleyvaniya v usloviyah Belarusi: sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Perspektivy lekarstvennogo rastenievedeniya»*. – 1-2 noyabrya 2018, VILAR, Moskva. – M.: VILAR. – 2018. – S. 184-187.

#### Сведения об авторе

**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 grassland management, 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 research paper were 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 declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 06.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 24.05.2022 г.; принята к публикации 01.06.2022 г.*

*The article was submitted 06.04.2022; approved after reviewing 24.05.2022; accepted after publication 01.06.2022.*



Научная статья  
УДК 58:633.38  
doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-29-39

## СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОРОБЕЙНИКА КРАСНОКОРНЕВОГО *LITHOSPERMUM ERYTHORHIZON*

Виктория Александровна Опалихина

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; opalihinaviktoria95@gmail.com;  
<https://orcid.org/0000-0001-7679-559X>

**Реферат.** Воробейник краснокорневой (*Lithospermum erythrorhizon*) – многолетнее травянистое растение семейства Бурачниковых с сетчатым волокнистым, тёмно-красным корнем, прямым опушенным волокнистым стеблем высотой 50–100 см, многочисленными продолговато-ланцетными листьями, желтовато-белыми цветами. Плод – ценобий, состоящий из беловатых эремов. В природе данный вид воробейника произрастает на Дальнем Востоке, в Китае, Корее, Японии. Это растение содержит фенольные кислоты, шиконин и другие ценные вещества и поэтому широко применяется в народной, научной и традиционной медицине для лечения многих болезней, также в косметической и пищевой промышленности. В 2019–2021 гг. проводилась оценка семенной продуктивности воробейника краснокорневого. Объектом исследования был образец *Lithospermum erythrorhizon*, семена которого были получены в 2004 г. из питомника лекарственных, ароматических и технических растений Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН. Были изучены фазы развития и семенная продуктивность. Наблюдения за ростом и развитием, фенологические наблюдения за воробейником проводились по принятым методикам для интродуцентов и лекарственных растений. Семенную продуктивность определяли по методикам Т.А. Работнова, И.В. Вайнагия и Р.Е. Левиной. В 2021 г. фаза бутонизации отмечена 03.06, начало цветения – 08.06, массовое цветение – 11.06, начало плодоношения – 18 июня, массовое плодоношение – 02.07, побеление части эремов замечено 21.07, первые эремы созрели 28.07. Цветение было растянутым, продолжалось до сентября. Коэффициент семенной продуктивности составил в 2019 г. 44,7, в 2020 г. – 45,1, в 2021 г. – 40,5 г. Масса 1000 эремов составила 11,1 г в 2019 г., 13 г – в 2020 г. и 6,9 г – в 2021 г. Урожайность семян в 2019 г. составила 0,08, в 2020-м – 0,6, в 2021-м – 0,02 т/ га. Семенная продуктивность воробейника краснокорневого зависит от возраста и от погодных условий, что требует дальнейшего изучения.

**Ключевые слова:** воробейник краснокорневой, фенологические фазы, онтогенез, потенциальная семенная продуктивность, реальная семенная продуктивность, коэффициент семенной продуктивности

**Цитирование:** Опалихина В.А. Семенная продуктивность воробейника краснокорневого *Lithospermum erythrorhizon* // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 29-39 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-29-39.

## SEED PRODUCTIVITY OF RED-ROOTED GROMWELL *LITHOSPERMUM ERYTHORHIZON*

Victorya A. Opalikhina

Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg,  
196601, Russia; opalihinaviktoria95@gmail.com;  
<https://orcid.org/0000-0001-7679-559X>

**Abstract.** Red-rooted gromwell is perennial plant from Boranaceae family, which have reticulated fibrous dark red roots, erect, pubescent fibrous stem 50-100 cm height, numerous oblong-lanceolate leaves, yellowish-white flowers. The fruit is a coenobium consisting of whitish eremes. This gromwell species grows in Far East, China, Korea, and Japan. This plant contains phenolic acids, shikonin and other valuable substances and therefore it is widely used in folk, scientific and traditional medicine for the treatment of many diseases, as well as in cosmetic and food industries. In 2019-2021 seed productivity of red-rooted gromwell was being rated. The object of the study was a sample of *Lithospermum erythrorhizon*, the seeds of which were obtained in 2004 from the nursery of medicinal, aromatic, and industrial plants of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. Development phases and seed productivity were studied. Observations of gromwell growth and development, phenological observations were carried out under accepted methodic for introduced and medicinal plants. Seed productivity was determined under methodic of T.A. Rabotnov, I.V.Vainagiy and R.E.Levina. In 2021, the budding phase was noted on 03.06, the beginning of flowering - 08.06, mass flowering - 11.06, the beginning of fruiting - June 18, mass fruiting on 02.07, whitening of some of the eremes was noticed on 21.07, the first eremes ripened on 28.07. Flowering was long-term, lasted until September. The seed productivity index was 44.7 in 2019 and 45.1 in 2020, 40.5 in 2021. The weight of 1000 eremes came to 11.1 gr in 2019, 13 gr in 2020 and 6.9 gr in 2021. Seed yield reached 0.08 t/ha in 2019, 0.6 in 2020, 0.02 in 2021. Seed productivity of red-rooted gromwell depends on plant age and weather condition, and this is the subject of further research.

**Keywords:** *red-rooted gromwell, phenological phases, ontogenesis, potential seed productivity, actual seed productivity, coefficient of seed productivity*

**Citation:** Opalikhina, V.A. (2022), “Seed productivity of red-rooted gromwell *Lithospermum erythrorhizon*”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol.67, no. 2, pp. 29-39, (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-29-39.

**Введение.** Воробейник краснокорневой *Lithospermum erythrorhizon* – многолетнее травянистое растение семейства Бурачниковых Boraginaceae. Данное растение имеет сетчатый волокнистый, тёмно-красный красящий корень; прямой опушенный волокнистый стебель, достигающий высоты 50–100 см; многочисленные опушенные продолговато-ланцетные листья. Его желтовато-белые мелкие цветы собраны в кисти (завитки), окружены прямыми, довольно рыхлыми прицветными листьями. Плод – ценобий, состоящий из 4 беловатых, достигающих длины 3-х мм орешковидных долей – эремов. В природе воробейник краснокорневой произрастает на Дальнем Востоке, в Японии, Китае и Корее.

Эремы очень твердые, перикарпий содержит соли кальция и кремний. Снаружи он покрыт кутикулой, наружный эпидермис перикарпия составлен минерализованными клетками с волнистыми боковыми стенками. Наружные стенки клеток утолщены значительно сильнее внутренних. Это, наряду с другими эндогенными и экзогенными факторами, обуславливает комбинированный покой, что затрудняет размножение воробейника семенами.

Так как семя не освобождается от перикарпия, слова «семена» и «эремы» используют как синонимы.

В траве, корнях и плодах воробейника краснокорневого содержатся углеводы, циклитолы и их производные, фенолкарбоновые кислоты (литоспермовая, кофейная), фенольные кислоты, монотерпеноиды и их предшественники, алкалоиды, флавоноиды, эфирные масла, нафтохиноны, в том числе шиконин. Благодаря своим антибактериальным, противовирусным, кровоочистительным, антиоксидантным, жаропонижающим, сахароснижающим, противовоспалительным, нефропротекторным, кардиопротекторным, антисептическим, противоопухолевым свойствам данное растение широко применяется в народной, научной и традиционной медицинах для лечения инфекционных, онкологических заболеваний, панкреатита, стоматологических заболеваний, диабета, кожных болезней, для

заживления ран, ожогов и обморожений. Благодаря своим красящим и антимикробным свойствам шиконин также применяется в косметической промышленности и перспективен в пищевой [1-9].

Для введения в культуру воробейника краснокорневого необходимо изучить особенности его семенного размножения.

**Целью исследования** является оценка семенной продуктивности воробейника краснокорневого в условиях культуры на Северо-Западе Российской Федерации.

*В задачи исследования входит:* изучение фенологических фаз развития, особенностей плодоношения и семенной продуктивности воробейника краснокорневого.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследования был образец воробейника краснокорневого *Lithospermum erythrorhizon* Sieb. et Zucc., семена которого были получены в 2004 г. из питомника лекарственных, ароматических и технических растений Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН. Данное исследование – продолжение интродукционного изучения воробейника, которое проводится в питомнике лекарственных и эфиромасличных растений на малом опытном поле СПбГАУ с 2004 г.

Участок имеет почвы дерново-карбонатные среднесуглинистые, пахотный слой достигает 24 см, содержание гумуса – 4,3%.

Наблюдения за ростом и развитием, фенологические наблюдения за воробейником проводились по принятым для интродуцентов и лекарственных трав методикам.

Уход заключался в поливе, прополке, рыхлении и подкормке.

Сбор генеративных побегов проводился в сентябре после созревания 50% эремов. После сушки побегов и дозревания семена обмолачивались вручную и очищались от примесей с помощью сита.

Семенную продуктивность определяли по методикам Т.А. Работнова, И.В. Вайнагия и Р.Е. Левиной.

**Результаты исследований.** Начало отрастания (рис.1) отмечается в середине апреля – начале мая, к июню растения достигают высоты 50–90 см.



Рисунок 1. Весеннее отрастание воробейника краснокорневого  
Figure 1. Spring growth of red-rooted gromwell

Фаза бутонизации у воробейника краснокорневого в зависимости от погодных условий отмечается в начале – середине июня, через 7–10 дней наступает цветение (рис. 2).





Рисунок 2. Цветение воробейника краснокорневого  
Figure 2. Flowering of red-rooted gromwell

Период цветения (рис.1) длится 35–40 дней, опылителями являются шмели, пчёлы, муравьи и трипсы.

Цветение нередко бывает более растянутым, продолжаясь до сентября, поэтому на растении бывают одновременно бутоны, цветы и плоды разных стадий развития (рис. 3).



Рисунок 3. Растянутость цветения воробейника краснокорневого  
Figure 3. Prolonged flowering of red-rooted gromwell

Начало плодоношения отмечается в середине июля; от начала цветения до появления первых плодов проходит 35 дней. В среднем созревание плодов длится 22–30 дней. Плоды в процессе созревания меняют свою окраску, становясь из зелёных сначала коричневыми и чёрными, а затем белыми (рис. 4) [10-13].



1



2



3



4

Рисунок 4. Созревание плодов воробейника краснокорневого:

1. зелёные эремы; 2. светлоричневые эремы; 3. чёрные эремы; 4. белые эремы

Figure 4. **Fruit ripening in red-rooted gromwell:**

1. green nutlets; 2. light brown nutlets; 3. black nutlets; 4. white nutlets

Фенофазы воробейника краснокорневого показаны в таблице 1.

Таблица 1. Фенофазы воробейника краснокорневого

Table 1. Phenophases of red-rooted gromwell

Фенофаза	Среднее	2021 г.
Весеннее отрастание	17 апреля – 10 мая	Начало мая
Бутонизация	Первая – вторая декада июня	Первая декада июня
Начало цветения	Вторая – третья декада июня	08.06
Массовое цветение	2 декада июля	11.06-21.06
Плодоношение	2 декада июля – 2 декада сентября	14.06 -21.09

На семенную продуктивность и наступление сроков фенологических фаз оказывают большое влияние погодные условия.

По сравнению с естественным ареалом воробейника Ленинградская область характеризуется более прохладными условиями вегетационного периода (табл. 2, 3).

Таблица 2. Климатические условия в естественном ареале воробейника краснокорневого (Владивосток)

Table 2. Climatic conditions of native range of red-rooted gromwell (Vladivostok)

Месяц	t, среднемесячная, °С	Средний минимум, °С	Средний максимум, °С	t, абс. min, °С	t, абс. max, °С	Сумма осадков, мм.
Январь	-12,3	-15,3	-8,0	-31,4	5,0	9
Февраль	-8,5	-11,6	-4,1	-28,9	9,9	13
Март	-1,8	-4,8	2,2	-21,3	15,2	23
Апрель	5,1	2,0	9,9	-8,1	24,1	49
Май	9,8	6,7	14,8	-0,8	29,5	74
Июнь	13,6	11,2	17,8	3,7	31,8	116
Июль	17,6	15,8	21,2	8,8	33,6	139
Август	19,8	17,7	23,3	10,1	32,6	159
Сентябрь	16,0	13,2	19,8	2,2	30,0	139
Октябрь	8,9	6,0	13,0	-9,7	23,4	65
Ноябрь	-0,9	-3,8	3,1	-20,0	17,5	26
Декабрь	-9,0	-11,9	-5,2	-28,1	9,4	14
Год	4,9	2,1	9,0	-31,4	33,6	826

Таблица 3. Климатические условия Санкт-Петербурга

Table 3. Climatic conditions of Saint-Petersburg

Месяц	t, среднемесячная, °С	Средний минимум, °С	Средний максимум, °С	t, абс. min, °С	t, абс. max, °С	Сумма осадков, мм.
Январь	-6,1	-7,9	-2,3	-35,9	8,6	37
Февраль	-6	-7,7	-1,4	-35,2	10,2	30
Март	-1,4	-2,9	4,1	-29,9	14,9	34
Апрель	6	1,6	9,2	-21,8	25,3	41
Май	11,9	7,1	16,1	-6,6	30,9	45,5
Июнь	15,8	11,9	20,5	0,1	36,1	82
Июль	19,2	14,0	22,0	4,9	36,2	79,8
Август	17,5	13,0	20,6	1,3	37,1	84,7
Сентябрь	12,6	8,0	14,6	-3,1	30,4	55,3
Октябрь	6,1	3,7	8,5	-12,9	21,0	64,8
Ноябрь	-0,1	-2,1	1,8	-22,2	12,3	55
Декабрь	-3,9	-5,5	-0,7	-34,4	10,9	50
Год	5,0	1,8	8,3	-35,9	37,1	630

Климат Ленинградской области умеренный, переходный от океанического к континентальному, зима относительно мягкая, лето – умеренно теплое, характерная особенность – непостоянство погоды.

Перепады температуры воздуха, обусловленные сменой воздушных масс, могут значительно превышать амплитуду суточных колебаний и нередко достигают  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  и более.

Погодные условия вегетационных периодов 2019–2021 гг. отображены в таблице 4.

График температуры воздуха в течение вегетационных периодов 2019–2021 гг. показан на рисунке 5, суммы осадков – на рисунке 6.

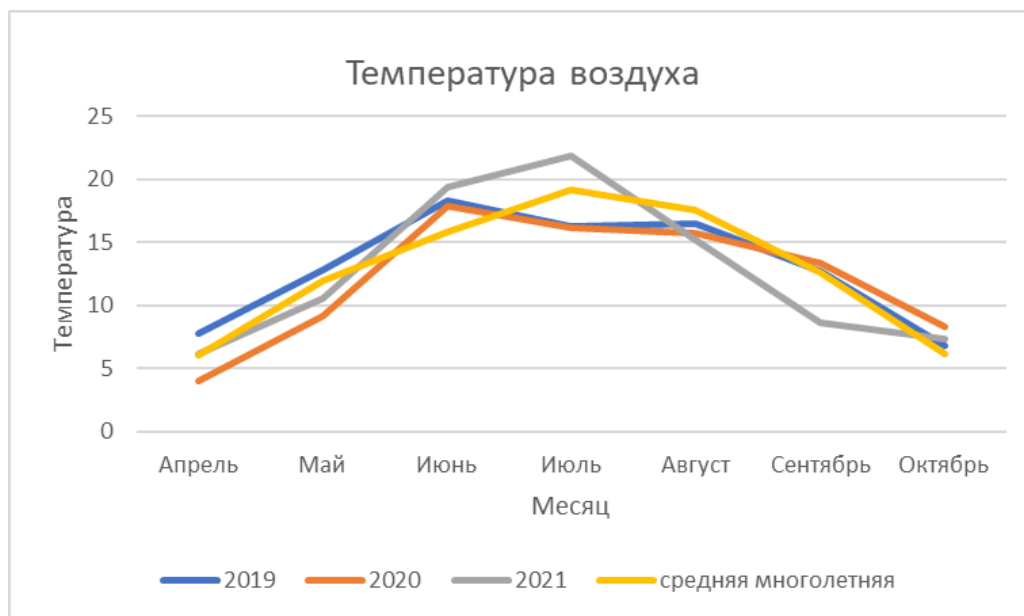


Рисунок 5. Температура воздуха в течение вегетационных периодов 2019–2021 гг.  
Figure 5. Air temperature during 2019-2021 vegetation seasons



Рисунок 6. Сумма осадков за вегетационные периоды 2019–2021 гг.  
Figure 6. Precipitation during vegetation seasons 2019-2021

Таблица 4. Температура и сумма осадков за вегетационные периоды  
Table 4. Temperature and precipitation during vegetation seasons

Месяц / Год	Количество осадков за месяц, м.м.	Среднее	Отклонение от среднего многолетнего	Средняя t месяца	t, max	t, min	Средняя многолетняя температура	Отклонение от средней многолетней
04 2019	17,6	41	-23,4	7,7	24,4	-2,5	6	1,7
2020	41,0		0	3,94	19,0	-5,0		-2,06
2021	40,2		-0,8	6	19,2	-0,7		0,15
05 2019	77,3	45,5	31,8	12,8	27,5	1,0	11,9	1,8
2020	61,3		15,8	9,2	22,9	-2		-2,7
2021	139		93,5	11,9	29,7	-1,7		-1,33
06 2019	70,1	82	-11,9	18,3	32,1	5,0	15,8	2,5
2020	66,8		-15,2	17,9	30,6	2,5		2,1
2021	10,9		-71,1	19,4	36,1	3,9		3,6
07 2019	66,0	79,8	-13,8	16,2	31,0	4,6	19,2	-3
2020	90,6		10,8	16,1	27,0	7,2		-3,1
2021	21,8		-58,1	21,8	36,2	7,6		2,6
08 2019	29,2	84,7	-55,5	16,5	25,5	3,5	17,5	-1
2020	97,2		12,5	15,7	26,0	5,5		-1,8
2021	166,3		81,6	15,2	26,4	6,2		-2,3
09 2019	55,3	55,3	0,1	12,7	27,1	0,9	12,6	0,1
2020	34,7		-20,6	13,3	23,6	7,0		0,7
2021	44,1		-11,2	8,6	22,7	-0,6		-4
10 2019	111,6	64,8	0,7	6,8	14,5	-4,9	6,1	0,7
2020	57,1		-7,7	8,32	20,0	-3		2,22
2021	56,9		-7,9	7,32	15,2	-3		1,22

2019 год в целом характеризовался слабозасушливыми условиями, за исключением более прохладного июля температура в целом соответствовала климатической норме.

Устойчивый переход среднесуточной температуры через 0°C в 2019 г. отмечен 15.03, зимний не отмечался, через 5°C – 15.04 и 28.10, через 10°C – 10.05, 17.09, через 15°C – 04.06, 14.09.

2020 год характеризовался температурными перепадами в апреле, холодным маем с неустойчивым увлажнением, засушливым июнем и влажным августом.

Устойчивый переход температуры через 0°C отмечен в 2020 г. 01.04, зимний – 04.01.21, через 5°C – 01.05 и 20.11, через 10°C – 23.05, 09.11, через 15°C – 07.06, 06.10.

В мае и августе 2021 температура была ниже средних многолетних значений, июнь и июль были жаркими, в мае и августе количество осадков было избыточным, апрель, июнь, июль характеризовались засушливыми условиями.

Устойчивый переход среднесуточной температуры через 0°C в 2021 г. отмечен 22.03, через 5°C – 09.04, через 10°C – 10.05, 14.09, через 15°C – 04.06, 20.09.

В 2021 г. фаза бутонизации отмечена 03.06, начало цветения – 08.06, массовое цветение – 11.06, начало плодоношения – 18 июня, массовое плодоношение – 02 июля, побеление части эремов замечено 21.07, первые эремы созрели 28.07. При этом на отдельных побегах цветение продолжалось до середины сентября.



Для расчёта урожайности семян необходимо знать потенциальную и реальную семенную продуктивность.

Потенциальной семенной продуктивностью (ПСП) называют максимально возможное количество семян, которое способно производить растение за определенный промежуток времени при условии, что все заложённые в цветках семязачатки смогут сформировать зрелые семена. Реальная семенная продуктивность (РСП) — это число семян, образовавшихся на особь или генеративный побег.

Потенциальная семенная продуктивность генеративного побега и особи рассчитываются исходя из среднего значения ПСП цветка, среднего значения цветков в соцветии и среднего числа соцветий на растении.

Реальная семенная продуктивность рассчитывается по числу зрелых неповрежденных семян.

Она ниже потенциальной, так как из 3–4 семязачатков ценобиума развивается всего 1-2. Кроме того, поздние цветы нередко не оплодотворяются или их семена не вызревают.

Для более полной характеристики репродуктивного процесса растений применяют коэффициент семенной продуктивности, равный отношению реальной к потенциальной и выраженный в процентах.

Биоморфологические показатели и семенная продуктивность воробейника краснокорневого за 2019 – 2021 гг. показаны в таблице 5.

Таблица 5. Биоморфологические показатели и семенная продуктивность воробейника краснокорневого в 2019–2021 гг.

Table 5. Biomorphological features and seed productivity of red-rooted gromwell in 2019-2021

Морфологические показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Число завитков 1-го порядка на растении, шт.	11,25	21,75	10,33
Число завитков 2-го порядка на растении, шт.	4,13	11,25	3,28
Среднее число цветков в завитках 1-го порядка, шт.	58,25	178,6	55,05
Среднее число цветков в завитках 2-го порядка, шт.	11	51,3	9,94
Среднее число эремов в завитках 1-го порядка, шт.	104,9	321,5	91,1
Среднее число эремов в завитках 2-го порядка, шт.	19,8	92,3	17,7
Среднее число эремов на 1 растении, шт.	1262	8031	1000
Масса 1000 эремов, г	11,1	13	6,9
Семенная продуктивность 1 растения, г	14	104,4	6,9
Коэффициент семенной продуктивности, %	44,7	45,1	40,5
Урожайность семян, т/га	0,08	0,6	0,02

Как видно из данных таблицы 5, масса 1000 эремов составила 11,1 г. в 2019 г. 13 г – в 2020 г. и 6,9 г – в 2021 г., коэффициент семенной продуктивности составил в 2019 г. 44,7, в 2020 г. – 45,1 и в 2021 г. – 40,5. Урожайность семян составила 0,08 т/га в 2019 г., 0,6 т/га – в 2020 г. и 0,02 т/га – в 2021 г.

**Выводы.** Изучение семенной продуктивности воробейника краснокорневого показало, что масса 1000 эремов составила 11,1 г в 2019-м, 13 г – в 2020-м и 6,9 г – в 2021-м, коэффициент семенной продуктивности составил в 2019-м 44,7 в 2020-м – 45,1 и в 2021-м – 40,5. Урожайность семян составила 0,08 т/га в 2019 г., 0,6 т/га – в 2020 г. и 0,02 т/га в 2021г. Наивысшими данные показатели были в 2020 г., что можно объяснить благоприятными

погодными условиями. В 2021 г. жаркое лето обусловило раннее наступление фенофаз, при этом усилив неравномерность роста и развития растений. Семенная продуктивность воробейника краснокорневого зависит от многих факторов, в том числе от возраста и погодных условий, но данный вопрос требует дальнейшего изучения.

### Список источников литературы

1. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений: Учебное пособие/ Под ред. Г. П. Яковлева. -3-е изд., исп. и доп. – СПб: СпецЛит, 2015.– 759 с.
2. Куренов И.П. Энциклопедия лекарственных растений. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. Мартин, 2010. – 384 с.
3. У. Вэй Синь. Справочник красоты. Современная косметология традиционной китайской медицины. – М.: Олма, 2011.
4. Seo, Y.C, Kim, J.S, Kim, Y.O. (2013) “Immune Activity of Lithospermum erythrorhizon Extracted by Extreme Low Temperature Extraction Process”, *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, Volume 21 Issue 2, pp. 105-111.
5. Chang, MJ., Huang, GJ., Ho, YL., Lin, IH., Huang, SS., Chang, TN., Chang, HY., Chang., YS. (2008) “Study on the Antioxidant Activities of Crude Extracts from the Roots of *Arnebia euchroma* and *Lithospermum erythrorhizon*. Zhonghua”, *Taiwan Journal of Medicine*, Vol. 13, September, pp. 113-120.
6. Choi, S. B., Bae, GS, Jo, IJ, Seo, SH, Kim, DG, Shin, JY, Hong, SH, Choi, BM, Park, SH, Song,HJ, Park, SJ. (2015) “Protective Effects of *Lithospermum erythrorhizon* Against Cerulein-Induced Acute Pancreatitis”, *Pancreas*.Vol.44, January, pp. 31–40.
7. Fu, Z., Wang, L., Zhang, W., Wang, J. (2019) “Cytotoxic activity of lithospermum erythrorhizon root extract against childhood acute leukemia cells via regulation of PI3K/AKT/mTOR pathway”, *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, Vol. 18, Issue 11, pp. 2379-2384.
8. Bae, J.H., Hyun, J. (2004) “Antimicrobial Effect of *Lithospermum erythrorhizon* Extracts on the Food-borne Pathogens”, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 36, No. 5, pp. 823-827.
9. Клабукова Д.Л., Машенцева Н.Г., Будаева В.А. Применение природного нафтохинона в продуктах питания животного происхождения // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – №2. – С. 62-63.
10. Найда Н.М. Репродуктивная стратегия некоторых видов семейства Бурачниковые// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2007. – № 6. – С.18-20.
11. Найда Н.М., Комаров А.А., Катенин Е.А. Морфология цветка и структура системы репродуктивных побегов двух видов воробейника// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2008. – № 10. – С.27-29.
12. Найда Н.М. Антэкологический анализ видов бурачниковых в условиях Северо-Западного региона России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 12. – С.15-20.
13. Найда Н.М., Опалихина В.А. Морфобиологические особенности воробейника краснокорневого в условиях Ленинградской области//Вестник Студенческого научного общества / СПбГАУ. – 2018.– Т. 9, №1. – С. 63-64.

### References

1. Yakovleva, G.P. (ed.) (2015), *Bol'shoj enciklopedicheskiy slovar' lekarstvennyh rastenij: Uchebnoe posobie* [Big Encyclopedic Dictionary of Medicinal Plants: Textbook], SpecLit, SPb, P. 759.
2. Kurenov, I.P. (2010), *Enciklopediya lekarstvennyh rastenij* [Encyclopedia of Medicinal Plants], Martin, Moscow, P. 384.
3. U. Vej Sin'. (2011), *Spravochnik krasoty. Sovremennaya kosmetologiya tradicionnoj kitajskoj mediciny* [Beauty Handbook. Modern cosmetology of traditional Chinese medicine], Olma, Moscow.
4. Seo, Y.C, Kim, J.S and Kim, Y.O. (2013), “Immune Activity of *Lithospermum erythrorhizon* Extracted by Extreme Low Temperature Extraction Process”, *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, Vol. 21, issue 2, pp. 105-111.

5. Chang, M.J., Huang, G.J., Ho, Y.L., Lin, I.H., Huang, S.S., Chang, T.N., Chang, H.Y. and Chang, Y.S. (2008), "Study on the Antioxidant Activities of Crude Extracts from the Roots of *Arnebia euchroma* and *Lithospermum erythrorhizon*. *Zhonghua*", *Taiwan Journal of Medicine*, Vol. 13, September, pp. 113-120.
6. Choi, S.B., Bae, G.S., Jo, I.J., Seo, S.H., Kim, D.G., Shin, J.Y., Hong, S.H., Choi, B.M., Park, S.H., Song, H.J., Park, S.J. (2015), "Protective Effects of *Lithospermum erythrorhizon* Against Cerulein-Induced Acute Pancreatitis", *Pancreas*. Vol.44, January, pp.31-40.
7. Fu, Z., Wang, L., Zhang, W. and Wang, J. (2019), "Cytotoxic activity of *lithospermum erythrorhizon* root extract against childhood acute leukemia cells via regulation of PI3K/AKT/mTOR pathway", *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, Vol. 18, issue 11, pp. 2379-2384.
8. Bae, J.H. and Hyun, J. (2004), "Antimicrobial Effect of *Lithospermum erythrorhizon* Extracts on the Food-borne Pathogens", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 36, no. 5, pp. 823-827.
9. Klabukova, D.L, Mashenceva and N.G, Budaeva, V.A. (2018), "The use of natural naphthoquinone in foods of animal origin" *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*, no.2, pp. 62-63.
10. Najda, N.M. (2007), "Reproductive strategy of some species of Borage family", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no.6, pp.18-20.
11. Najda, N.M., Komarov, A.A. and Katenin, E.A (2008), "Flower Morphology and Structure of the Reproductive Shoot System of Two Gromwell Species", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 10, pp. 27-29.
12. Najda, N.M. (2009), "Antecological analysis of borage species in the conditions of the North-West region of Russia", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogouniversiteta*, no. 12, pp. 15-20.
13. Najda, N.M., Opalikhina, V.A. (2018), "Morphobiological features of the red-rooted sparrow in the conditions of the Leningrad region", *Vestnik Studencheskogo nauchnogo obshchestva*, Vol. 9, no.1, pp. 63-64.

#### Сведения об авторе

**Виктория Александровна Опалихина** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

#### Information about author

**Victorya A. Opalikhina** – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

*Статья поступила в редакцию 01.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 26.05.2022 г.; принята к публикации 02.06.2022 г.*

*The article was submitted 01.04.2022; approved after reviewing 26.05.2022; accepted after publication 02.06.2022.*



Научная статья

УДК 633.2.031

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-40-47

**ПОБЕГООБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ БОБОВО-  
ЗЛАКОВЫХ И ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ С УЧАСТИЕМ ФЕСТУЛОЛИУМА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ  
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****Татьяна Валерьевна Степанова<sup>1</sup>, Иван Александрович Филиппов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия;  
zimtv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9520-9549>

<sup>2</sup> Центр физической культуры, спорта и здоровья «Царское село», ул. Ленинградская, д. 83,  
Литера Б, Пушкин, Санкт-Петербург, 196605, Россия; [fiva88@inbox.ru](mailto:fiva88@inbox.ru)

**Реферат.** В условиях Ленинградской области проведены исследования гибрида овсяницы и райграса – фестулолиума в одновидовом посеве и в бинарных травосмесях с бобовыми видами – люцерной изменчивой, клевером луговым, клевером гибридным и лядвенцем рогатым в 2014-2017 гг. при интенсивном использовании травостоя. В результате оценки побегообразовательной способности видов выявили, что максимальное количество побегов фестулолиума отмечали в первый год пользования травостоями. В последующие годы происходило снижение его побегообразования как в одновидовом посеве, так и в травосмесях, что определяется биологическими особенностями вида. Процентное содержание фестулолиума как в одновидовом посеве (90,9 – 96,6%), так и в бинарных смесях (65,4 – 77,9%) было высоким в течение первого года использования. В последующие годы отмечали снижение участия фестулолиума в урожае, при этом в бинарных смесях увеличивалось содержание сеяных бобовых видов. При изучении взаимодействия бобовых видов и фестулолиума в бинарных смесях выявили, что в первый год использования наибольшее участие фестулолиума в урожае отмечали в вариантах с лядвенцем рогатым и люцерной изменчивой, на второй и третий год использования – в травостоях с клеверами луговым и гибридным. В условиях Ленинградской области при интенсивном использовании травостоев одновидовые посевы фестулолиума обеспечили минимальную урожайность сухой массы при трехкратном использовании травостоев. Вследствие благоприятного воздействия бобового компонента в травосмесях в течение трех лет наблюдали увеличение урожайности по сравнению с одновидовым посевом. Максимальную урожайность обеспечил двухкомпонентный травостой с клевером луговым – 12,5 и 13,8 т/га. Клевер гибридный обеспечил наименьшую прибавку урожая по сравнению с другими бобовыми видами. Применение азотных удобрений на одновидовом посеве фестулолиума и введение в травосмесь люцерны изменчивой и лядвенца рогатого достоверно повышает урожайность сухой массы на 23, 20 и 24% соответственно.

**Ключевые слова:** *фестулолиум, травосмеси, продуктивность, люцерна, клевер луговой, клевер гибридный, ляденец рогатый*

**Цитирование.** Степанова Т.В., Филиппов И.А. Побегообразовательная способность и урожайность бобово-злаковых и злаковых травостоев с участием фестулолиума в зависимости от азотного питания в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(67). – С. 40-47. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-40-47.

**SHOOT-FORMING ABILITYTY AND YIELD OF LEGUME-GRASS AND GRASS STANDS WITH FESTULOLIUM DEPENDING ON THE APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZER IN THE LENINGRAD REGION****Tatyana V. Stepanova<sup>1</sup>, Ivan A. Filippov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; zimtv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9520-9549><sup>2</sup>Center for Physical Culture, Sports and Health "Tsarskoye Selo" Leningradskaya st., 83, Letter B, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, fiva88@inbox.ru

**Abstract.** On the experimental field of St. Petersburg State Agrarian University in 2014-2017 the productivity of pure stands and binary legume-grass mixtures with of festulolium was assessed. As a result of shoot-forming capacity varieties assessment, it was revealed that the maximum number of festulolium shoots was noted in the first year of using. In subsequent years, there was a decrease in its shoot formation, which is determined by the biological characteristics of the species. The percentage of festulolium in both pure grass stands (90,9 – 96,6%) and in binary mixtures (65,4–77,9%) were high during the first year of using. In subsequent years, a decrease in the festulolium content in the yield was noted. At the same time, the content of sown legume species in binary mixtures increased. Under the conditions of the Leningrad region, with intensive use of grass stands, single-varietal sowing of festulolium provided the minimum dry mass yield. Cultivation of festulolium mixed with legumes contributed to an increase in yield. The maximum yield was provided by a two-component grass stand with red clover - 12.5 and 13.8 t/ha. The use of nitrogen fertilizers on the pure stand of festulolium and the introduction of alfalfa and bird's-foot trefoil into the grass mixture significantly increases the dry mass yield by 23, 20 and 24%, respectively.

**Keywords:** *festulolium, grass mixtures, productivity, alfalfa, red clover, alsike clover, bird's-foot trefoil*

**Citation.** Stepanova, T.V. and Filippov, I.A. (2022), "Shoot-forming abilityty and yield of legume-grass and grass stands with festulolium depending on the application of nitrogen fertilizer in the Leningrad region" *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 40-47, (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-40-47.

**Введение.** В Ленинградской области приоритетное направление сельского хозяйства – молочное животноводство. Экономическую эффективность животноводства определяет обеспечение достаточным количеством сбалансированных качественных кормов. Многолетние травы являются основным источником получения кормов. При этом в последние годы наблюдается интенсивное многоукосное использование травостоев для заготовки сенажа и силоса. На Северо-Западе РФ, а также в северной Европе традиционными, широко распространенными злаковыми видами на сенокосах являются ежа сборная, тимофеевка луговая, овсяница луговая, из бобовых – клевер луговой [1, 2]. Однако они не в полной мере отвечают требованиям интенсификации производства: недостаточно высокое содержание углеводов, экстенсивный темп отрастания после скашивания [3, 4]. В связи с этим необходимо подбирать виды, способные давать качественный корм, высокие урожаи и при этом устойчивые и адаптированные к местным условиям. В последние годы многие передовые хозяйства включают в травосмеси новый гибрид злаковых видов овсяницы и райграса – фестулолиум, который отличается повышенным содержанием сахаров, высокой урожайностью, хорошей отавностью, при этом отличается высокой зимостойкостью. Для получения наиболее сбалансированного по протеину корма необходимо выращивать его в травосмесях с бобовыми видами [5, 6, 7, 8]. Наряду с клевером луговым все большее распространение получают такие нетрадиционные для Ленинградской области виды, как люцерна и лядвенец. Подбор видового состава травостоев, при котором не происходило бы угнетения видов, снижения продуктивности травостоев и качества урожая, является актуальным. По мнению многих ученых, фестулолиум хорошо реагирует на внесение азотных удобрений в дозе N120 [9]. В отечественной литературе недостаточно изучен вопрос совместного возделывания фестулолиума с бобовым компонентом и применения азотных удобрений. Введение в травосмесь бобовых видов позволяет обеспечить фестулолиум азотом, фиксируемым бобовыми видами, и уменьшить дозу минерального азота.

**Цель исследования** – оценка продуктивности одновидового посева фестулолиума и его бинарных смесей с бобовыми видами в зависимости от азотного питания в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Изучение формирования одновидового злакового и бобово-злаковых травостоев с участием фестулолиума при интенсивном сенокосном использовании проводили в двухфакторном опыте: Фактор А – состав бобово-злаковых травостоев в 5 градациях:

1. Фестулолиум, сорт ВИК 90 (100% – 18 кг/га).
2. Фестулолиум, сорт ВИК 90 (50% – 9 кг/га) + клевер луговой, сорт Дымковский (50% – 6 кг/га).
3. Фестулолиум, сорт ВИК 90 (50% – 9 кг/га) + лядвенец рогатый, сорт Солнышко (50% – 5 кг/га).
4. Фестулолиум, сорт ВИК 90 (50% – 9 кг/га) + люцерна изменчивая, сорт Вега 87 (50% – 9 кг/га).
5. Фестулолиум, сорт ВИК 90 (50% – 9 кг/га) + клевер гибридный, сорт Лужанин (50% – 5 кг/га).

Фактор В – 1. Без применения азотных удобрений, фон – Р60К90 (контроль); 2. Внесение азотных удобрений, N60+ фон.

Посев проведен 12 августа 2014 г. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность – 4-кратная, размещение вариантов в опыте – рендомизированное. Использование травостоя – трехукосное. Удобрения вносили перед посевом в дозе Р60К90, а также весной и осенью после последнего укоса в дозе Р30К45. Азотные удобрения вносили весной в дозе N30 и после первого укоса N30 по схеме.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, содержание подвижного фосфора 141 мг/кг, подвижного калия – 118 мг/кг, рН – 6,8, содержание гумуса – 2,36%.

Метеорологические условия в годы проведения исследований в 2015-2017 гг. характеризовались хорошей теплообеспеченностью, температура воздуха превышала среднемноголетние показатели. Обеспеченность влагой различалась по годам. В 2015 г. только в июле выпало достаточное количество осадков, в остальные месяцы отмечали недостаток влаги. 2016 г. характеризовался как влажный, только в мае наблюдали недостаточное количество осадков, в остальные месяцы количество выпавших осадков превышало среднемноголетние показатели. В 2017 г. сумма осадков была близка к среднемноголетним.

Учеты и наблюдения проводили по методикам проведения исследований с многолетними травами ВНИИК, статистическую обработку данных – по Доспехову Б.А. [10, 11].

**Результаты исследований.** Плотность травостоев определяется биологическими особенностями растений, режимом использования и обеспеченностью ресурсами среды. С возрастом травостоев отмечали снижение побегообразования сеяных видов. В течение вегетационного периода происходит увеличение плотности травостоев от первого укоса к третьему.

Наибольшее количество побегов фестулолиума в одновидовых посевах отмечено в 2015 г. – 2850 – 4885 шт./ м<sup>2</sup>, однако уже в 2016 г. происходит резкое снижение побегообразования в 2,2 раза без азотных удобрений и в 3,0 раза – при внесении азотных удобрений (табл. 1). Существенное снижение побегообразовательной способности при двух фонах минерального питания обусловлено неблагоприятными весенними погодными условиями. Такая же тенденция наблюдалась в бинарных травосмесях, где наибольшая плотность травостоев отмечена в вариантах с люцерной изменчивой – 3330 и 3010 шт./ м<sup>2</sup>, а в 2016 г. наблюдали снижение плотности травостоев в 1,6 – 3,1 раза. С возрастом травостоев побегообразовательная способность лядвенца рогатого и люцерны изменчивой

увеличивалась, клевера лугового и клевера гибридного – снижалась, что объясняется биологическими особенностями видов.

В первый и второй годы пользования травостоями в травосмесях с клевером луговым и люцерной изменчивой отмечено на фоне применения азота уменьшение количества побегов на единице площади на 320-750 и 140-320 шт./ м<sup>2</sup>. Но при этом масса одного побега была выше по сравнению с контролем на 0,22-0,51 и на 0,15-0,48 г. На третий год пользования травостоями такую тенденцию отмечали только в травостоях с клевером луговым и клевером гибридным.

Таблица 1. Побегообразовательная способность фестулолиума и бобовых видов в зависимости от азотного питания, шт./м<sup>2</sup>

Table 1. Shoot-forming ability of festulolium and legume species depending on nitrogen nutrition, pcs/m<sup>2</sup>

Вариант	2015 г.			2016 г.			2017		
	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос
Без внесения азотных удобрений									
1. Фестулолиум	3355	3685	3495	1505	1465	1615	510	575	810
2. Фестулолиум +К. луговой	2725	3220	3955	1105	1755	2690	1675	2025	2485
3. Фестулолиум +Л.рогатый	3070	4220	3710	1335	2000	2635	1730	1940	2530
4. Фестулолиум +Л.изменчивая	3330	3440	4365	1220	1910	2700	1295	1560	2015
5. Фестулолиум +К.гибридный	2725	3365	3835	1250	2015	2185	1300	1665	1805
Внесение азотных удобрений N60									
1. Фестулолиум	2850	4330	4885	910	2110	2270	560	645	1445
2. Фестулолиум +К. луговой	2160	2470	3375	765	1435	2365	1295	1590	2360
3. Фестулолиум +Л.рогатый	2950	4010	3910	1840	2985	3770	2215	2455	2645
4. Фестулолиум +Л.изменчивая	3010	3300	4205	1305	1625	2035	1990	2195	2495
5. Фестулолиум +К.гибридный	2865	3710	4445	1510	2540	2855	1125	1235	1605

Изучение динамики видового состава травостоев позволяет выявить конкурентоспособность видов, их продуктивное долголетие. Содержание сеяных видов было высоким в течение всего периода исследования. Это говорит об их высокой конкурентоспособности при краткосрочном использовании.

Максимальное содержание фестулолиума в урожае отмечали в первый год использования травостоев. Как в одновидовом посеве, так и в бинарных смесях его участие в травостое было высоким – 90,9 – 96,6% и 65,4 – 77,9% соответственно. С возрастом отмечается снижение участия фестулолиума: до 57,8% – без внесения азотных удобрений и 78,2% – при внесении N60 в одновидовом посеве и до 16,8–44,0% – без внесения азотных удобрений и до 19,0–29,7% – при внесении азотных удобрений в бинарных смесях в 3 укосе 2017 г.

Содержание злакового вида снижалось от первого укоса к третьему в течение всех трех лет исследований, а бобовых видов увеличивалось.

При изучении взаимодействия бобовых видов и фестулолиума в бинарных смесях выявили, что в первый год использования наибольшее участие фестулолиума в урожае отмечали в вариантах с лядвенцем рогатым и люцерной изменчивой, однако ко второму и третьему годам использования его количество возросло в травостоях с клеверами луговым и гибридным. Это связано с тем, что люцерна изменчивая и ляденец рогатый являются среднелетними видами и максимального развития достигают на 2-3 годы пользования, поэтому в начальный период фестулолиум занимает доминирующее положение. В то время как клевера луговой и гибридный относятся к малолетним видам и максимальное их участие отмечается в первый год пользования. В связи с тем, что фестулолиум имеет такой же ритм развития, конкуренция между данными видами возрастает. Применение азотных удобрений привело к снижению содержания бобовых видов в травостоях.

Таблица 2. Содержание фестулолиума в травостое одновидовых посевов и бинарных смесей, %

Table 2. The content of festulolium in the herbage of pure stand and binary mixtures, %

Год Вариант	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос
Без азотных удобрений									
1. Фестулолиум	90,9	90,7	96,6	83,4	78,7	75,6	78,2	60,0	57,8
2. Фестулолиум +К. луговой	67,1	47,1	51,9	53,4	50,5	48,2	49,2	41,2	39,8
3. Фестулолиум +Л.рогатый	67,5	41,1	57,2	45,0	44,3	43,7	41,9	42,9	41,4
4. Фестулолиум +Л.изменчивая	77,9	41,2	61,5	46,5	47,3	48,0	45,4	39,6	44,0
5. Фестулолиум +К.гибридный	67,7	52,2	54,0	55,3	54,6	59,3	53,1	42,1	16,8
Внесение азотных удобрений									
1. Фестулолиум	94,6	97,4	94,7	81,0	74,2	70,8	83,6	81,1	78,2
2. Фестулолиум +К. луговой	73,8	74,2	64,7	53,1	32,8	41,8	36,7	27,4	27,7
3. Фестулолиум +Л.рогатый	74,4	76,6	68,3	63,1	37,7	35,0	33,8	30,5	29,7
4. Фестулолиум +Л.изменчивая	79,1	65,4	77,4	52,0	26,3	34,4	25,3	20,8	19,7
5. Фестулолиум +К.гибридный	76,4	76,4	67,2	59,4	38,0	39,3	36,4	23,5	29,3

Одновидовой посев фестулолиума обеспечил наименьшую урожайность сухой массы из изучаемых травостоев как без внесения азотных удобрений, так и при внесении N60. Увеличение урожайности в бинарных смесях связано с тем, что в травосмесях растения более полно используют ресурсы среды. Максимальную урожайность сухой массы получили в двухкомпонентных травостоях с клевером луговым – 12,5 т/га без применения азотных удобрений и 13,8 т/га – при внесении N60. Бинарные смеси с клевером гибридным оказались наименее урожайными. Применение азотных удобрений оказали положительное влияние на формирование травостоев, что привело к увеличению урожайности.

Таблица 3. Урожайность сухой массы одновидовых посевов и бинарных травостоев с участием фестулолиума, т/га

Table 3. Dry mass yield of pure grassstand and binary grass mixture with the festuloium, t/ha

Варианты	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем за три года
Без внесения азотных удобрений				
1.Фестулолиум	6,6	9,2	6,7	7,5
2.Фестулолиум + клевер луговой	12,5	12,1	13,0	12,5
3.Фестулолиум + лядвенец рогатый	8,8	12,4	9,7	10,3
4.Фестулолиум + люцерна изменчивая	8,7	9,8	9,8	9,4
5. Фестулолиум + клевер гибридный	9,9	9,8	8,6	9,4
Внесение азотных удобрений				
1.Фестулолиум	13,5	7,2	8,7	9,8
2.Фестулолиум + клевер луговой	14,8	12,9	13,7	13,8
3.Фестулолиум + лядвенец рогатый	14,0	11,0	13,5	12,8
4.Фестулолиум + люцерна изменчивая	13,9	10,6	12,7	12,4
5.Фестулолиум + клевер гибридный	13,4	9,7	7,9	10,3
НСР <sub>0.5</sub> для фактора А (состав при посеве)	1,2	0,9	1,3	
НСР <sub>0.5</sub> для фактора В (применение азота) и взаимодействия факторов АВ	2,3	1,1	1,9	

**Выводы.** Максимальную побегообразовательную способность фестулолиума отмечали в первый год пользования травостоем. Неблагоприятные погодные условия (пониженная температура воздуха и дефицит влаги) привели к существенному снижению количества побегов в 1,6 – 3,1 раза. Содержание сеяных видов оставалось высоким в течение трех лет пользования травостоями.

Введение в травосмесь бобового компонента достоверно повышало урожайность сухой массы от 1,9 до 5 т/га в контроле и от 2,6 до 4 т/га (НСР<sub>0.5</sub> для фактора А – 1,1 т/га). Исключением являлся вариант, где использовался компонент клевер гибридный на фоне полного внесения минеральных удобрений.

Применение азотных удобрений на одновидовом посеве фестулолиума и введение в травосмесь люцерны изменчивой и лядвенца рогатого достоверно повышает урожайность сухой массы на 23, 20 и 24% соответственно.

#### Список источников литературы

1. Шмелева Н.В. Параметры соотношения компонентов в бобово-злаковых травостоях с использованием нетрадиционных кормовых культур в Верхневолжье // Владимирский земледелец. – 2020. – № 2(92). – С. 43-47. – DOI 10.24411/2225-2584-2020-10118.
2. Rognli O.A., Pecetti L., Kovi M.R. and Annicchiarico P. What European grassland farming will need from grass and legume breeding in the near future Grassland Science in Europe. – 2020. Vol. 25 – Meeting the future demands for grassland production (Helsinki, Finland) pp.3-14
3. Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Урожайность и качество корма бобово-фестулолиумных травосмесей на серых лесных почвах Калужской области // Растениеводство и луговодство: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием (Москва, 18–19 октября 2020 года). – Москва: ЭЙПиСиПублишинг, 2020. – С. 605-608.
4. Лозовой А.А., Донских Н.А. Динамика содержания питательных веществ злаковых травостоев в зависимости от срока первого скашивания в условиях Ленинградской области // Известия

- Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1 (58) – С. 9-14. – DOI 10.24411/2078-1318-2020-12009.
5. Grygierzec B, Szewczyk W, Luty L and Musiał K 2020 Density and competitiveness of selected ryegrass species and Festulolium in mixtures with Trifolium repens under N and S fertilisation 2020 Grassland Science in Europe, Vol. 25 – Meeting the future demands for grassland production ( Helsinki, Finland ) pp.79-81
  6. Коновалова Н.Ю., Вахрушева В.В., Коновалова С.С. Урожайность и питательность бобово-злаковых агрофитоценозов с включением фестулолиума // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 1(45). – С. 9-15.
  7. Østrem L, Novoa-Garrido M and Larsen A 2013 Festulolium – an interesting forage grass for high-latitude regions? Grassland Science in Europe, Vol. 18 – Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation (Akureyri, Iceland) pp. 270-273
  8. Sosnowski J, Winiewska-Kadajan B and Jankowski K 2013 The botanical composition of grass-legume mixtures supplied with a biopreparation and varied rates of nitrogen fertilization Grassland Science in Europe, Vol. 18 – Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation (Akureyri, Iceland) pp. 171-173
  9. Клыга Е.Р., Васько П.П. Формирование высокопродуктивных бинарных агрофитоценозов на основе люцерны и фестулолиума // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – № 55. – С. 157-165.
  10. Sidlauskaitė G. and Kadziulienė Z. 2020 The influence of different grass-legume mixtures on the productivity of first-year spring cutting Grassland Science in Europe, Vol. 25 – Meeting the future demands for grassland production ( Helsinki, Finland ) pp. 135-137
  11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
  12. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – Москва: ВНИИК им. В.Р. Вильямса, 1983 – 197 с.

### References

1. Shmeleva, N.V. (2020), Parametry sootnosheniya komponentov v bobovo-zlakovykh travostoyakh s ispol'zovaniem netraditsionnykh kormovykh kul'tur v Verhnevolzh'e [Parameters of the ratio of components in legume-cereal grass stands using non-traditional fodder crops in the Upper Volga region], *Vladimirskiy zemledeletets*, no. 2 (92), pp. 43-47. – DOI 10.24411/2225-2584-2020-10118. (In Russ.).
2. Rognli, O.A., Pecetti, L., Kovi, M.R. and Annicchiarico, P. (2020), What European grassland farming will need from grass and legume breeding in the near future, *Grassland Science in Europe*. Vol. 25 – Meeting the future demands for grassland production (Helsinki, Finland) pp.3-14.
3. Lukashov, V.N. and Isakov, A.N. (2020), “Urozhainost' i kachestvo korma bobovo-festulolimnykh travosmesei na serykh lesnykh pochvah Kaluzhskoy oblasti” [Productivity and quality of forage of legume-festulolium grass mixtures on gray forest soils of the Kaluga region], *Rasteniyevodstvo i lugovodstvo: sbornik statey Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem (Moskva, 18–19 oktyabrya 2020 goda)*, Moscow: APC Publishing, pp. 605-608. (In Russ.).
4. Lozovoi, A.A. and Donskikh, N.A. (2020), “Dinamika sodержaniya pitatel'nykh veshchestv zlakovykh travostoyev v zavisimosti ot sroka pervogo skashivaniya v usloviyakh Leningradskoy oblasti”, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. no 1 (58), pp. 9-14, doi: 10.24411/2078-1318-2020-12009 (In Russ.).
5. Grygierzec, B., Szewczyk, W., Luty, L. and Musiał, K. (2020), Density and competitiveness of selected ryegrass species and Festulolium in mixtures with Trifolium repens under N and S fertilization, *Grassland Science in Europe*, vol. 25, Meeting the future demands for grassland production ( Helsinki, Finland ), pp.79-81.
6. Konovalova, N.Yu., Vakhrusheva V.V. and Konovalova S.S. (2019), “Urozhainost' i pitatel'nost' bobovo-zlakovykh agrofitotsenozov s vklyucheniym festuloliuma”, *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, no. 1 (45), pp. 9-15 (In Russ.).
7. Østrem, L., Novoa-Garrido, M. and Larsen, A. (2013), “Festulolium – an interesting forage grass for high-latitude region”, *Grassland Science in Europe*, Vol. 18, Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation (Akureyri, Iceland), pp. 270-273.

8. Sosnowski, J., Winiewska-Kadajan, B. and Jankowski, K. (2013), The botanical composition of grass-legume mixtures supplied with a biopreparation and varied rates of nitrogen fertilization. *Grassland Science in Europe*, Vol. 18, Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation (Akureyri, Iceland), pp. 171-173.
9. Klyga, Ye. R. and Vas'ko, P.P. (2019), "Formirovaniye vysokoproduktivnykh binarnykh agrofytotsenozov na osnove lyutserny i festuloliuma", *Zemledeliye i selektsiya v Belarusi*, no. 55, pp. 157-165 (In Russ.).
10. Sidlauskaitė, G. and Kadziulienė, Z. (2020), "The influence of different grass-legume mixtures on the productivity of first-year spring cutting", *Grassland Science in Europe*, Vol. 25, Meeting the future demands for grassland production (Helsinki, Finland), pp. 135-137.
11. Dospikhov, B.A. (2011), *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)], Moscow: ID Alliance, p 352. (In Russ.).
12. *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami* (1983), [Guidelines for conducting field experiments with fodder crops], Moscow, VNIK im. V.R. Williams, 197 p. (In Russ.).

### Сведения об авторах

**Степанова Татьяна Валерьевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1623-1321, Scopus Author ID: 57301893300,

**Филиппов Иван Александрович** – соискатель, инструктор по спорту, Центр физической культуры, спорта и здоровья «Царское село».

### Information about the authors

**Tatyana V. Stepanova** – candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Grassland Farming, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", spin-код: 1623-1321, orcid 0000-0002-9520-9549, Scopus Author ID: 57301893300.

**Ivan A. Filippov** – applicant, Sports Instructor, Center for Physical Culture, Sports and Health "Tsarskoye Selo"

**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 05.05.2022 г.; одобрена после рецензирования 02.06.2022 г.; принята к публикации 09.06.2022 г.*

*The article was submitted 05.05.2022; approved after reviewing 02.06.2022; accepted after publication 09.06.2022.*



Научная статья

УДК 635. 92:631.524.85

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-48-58

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗИМОСТОЙКОСТИ И ДЕКОРАТИВНОСТИ  
РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ РОЗ В РОЗАРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА  
ПЕТРА ВЕЛИКОГО****Наталья Анатольевна Адрицкая<sup>1</sup>, Алла Исаковна Капелян<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; natali.adritska@mail.ru;  
<http://orcid.org/0000-00023-3252-2340>

<sup>2</sup>Федеральное государственное учреждение науки, Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук (БИН РАН), улица проф. Попова, д.2, Санкт-Петербург, 197022, Россия; allakapelian@bk.ru. <http://orcid.org/0000-0002-3356-342X>

**Реферат.** В статье представлены данные по оценке зимостойкости и декоративности 37 коллекционных сортов роз в условиях Санкт-Петербурга. Исследования проведены в 2016-2018 и 2020 годах в розарии Ботанического сада Петра Великого БИН РАН. Объектами исследований являлись 10 сортов чайно-гибридных роз, 15 сортов роз флорибунда и 12 сортов плетистых ремонтантных роз. Оценку зимостойкости проводили по методике Лапина П.И. и Сиднеевой С.В., по 7-балльной шкале, а оценку декоративности – по методике Былова В.Н. по 5-балльной шкале. Установлено, что в условиях суровой зимы (2016, 2020 гг.) сорта чайно-гибридных роз, получившие при оценке зимостойкости 4 – 5 баллов, имели наибольшие повреждения. Сорта роз группы флорибунда и плетистые ремонтантные розы Кордеса имели средний балл зимостойкости (2 – 3) из-за повреждений однолетних побегов. В условиях благоприятной перезимовки (2017-2018 годы) все изучаемые сорта роз обладали хорошей зимостойкостью и оценивались в 1-2 балла. Наибольшую стабильность проявления декоративных признаков показали сорта чайно-гибридных роз: Augusta Luise – 4,6 и Dame de Coeur – 4,5 балла. Обильное и продолжительное цветение характерно для большинства сортов роз флорибунда и плетистых ремонтантных роз. Высокие баллы при оценке декоративных достоинств роз флорибунда были у сортов Golden Border – 4,7 и Lavaglut – 4,5. Исключительно декоративными являются сорта плетистых роз Sympathie, Hamburger Phoenix, Rosarium Uetersen и Laguna, получивших наиболее высокую оценку – 4,8 балла.

**Ключевые слова:** роза, чайно-гибридные, флорибунда, плетистые, сорта, зимостойкость, декоративность

**Цитирование.** Адрицкая Н.А., Капелян А.И. Сравнительная оценка зимостойкости и декоративности различных сортов роз в розарии Ботанического сада Петра Великого // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(67). – С. 48-58 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-48-58.

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF WINTER HARDINESS AND DECORATIVE  
PROPERTIES OF VARIOUS VARIETIES OF ROSES IN THE ROSE GARDEN  
OF THE BOTANICAL GARDEN OF PETER THE GREAT****Natalia A. Adritskaya<sup>1</sup>, Alla I. Kapelyan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoyeshosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; natali.adritska@mail.ru; <http://orcid.org/0000-00023-3252-2340>

<sup>2</sup>Federal State Institution of Science Botanical Garden of Peter the Great, Komarov Botanical Institute RAS, Professora Popova st., 2, Saint-Petersburg, 197022, Russia. allakapelian@bk.ru.  
<http://orcid.org/0000-0002-3356-342X>

**Abstract.** The article presents data on the assessment of winter hardiness and decorativeness of 37 collectible varieties of roses under the conditions of St. Petersburg. The research was carried out in 2016-2018 and 2020 in the rose garden of the Peter the Great Botanical Garden of the BIN RAS. The objects of research were 10 varieties of tea-hybrid roses, 15 varieties of floribunda roses and 12 varieties of climbing Cordes remontant roses. The assessment of winter hardiness was carried out according to the method of Lapin P.I. and Sidneeva S.V., on a 7-score scale, and the assessment of decorativeness according to the method of Bylov V.N. on a 5-score scale. It was found that in the conditions of severe winter (2016, 2020), varieties of hybrid tea roses, which received 4-5 scores when assessing winter hardiness, had the greatest damage. Varieties of roses of the floribunda group and climbing Cordes roses had an average winter hardiness score of 2 - 3 due to damage to annual shoots. Under conditions of favorable overwintering (2017-2018), all the studied varieties of roses had good winter hardiness and were estimated at 1-2 scores. The varieties of tea-hybrid roses showed the greatest stability of the manifestation of decorative traits: Augusta Luise - 4.6 and Dame de Coeur - 4.5 scores. Abundant and long-lasting flowering is characteristic of most varieties of floribunda roses and climbing Cordese remontant roses. The Golden Border varieties - 4.7 and Lavaglut – 4.5 had high scores when assessing the decorative advantages of floribunda roses. Exceptionally decorative varieties are the ones of climbing roses Sympathie, Hamburger Phoenix, Rosarium Uetersen and Laguna, which received the highest rating – 4.8 scores.

**Keywords:** *rose, hybrid tea, floribunda, climbing, varieties, winter hardiness, decorative*

**Citation.** Adritskaya N.A., Kapelyan A.I., (2022), “Comparative assessment of winter hardiness and decorative properties of various varieties of roses in the rose garden of Peter the Great”, *Izvestiya of the Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp.48-58, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-48-58.

**Введение.** С глубокой древности и до нашего времени роза считается самым прекрасным цветком. Она сопровождает человека во время религиозных обрядов и светских торжеств, дарит радость и утешает в печали, скрашивает часы одиночества, является символом любви и идеалом красоты.

Самые первые сведения об этом цветке встречаются в древнеиндийском эпосе, однако родиной розы считается Персия. Первые письменные данные относятся к Древней Греции, где роза была посвящена богу любви Эросу и богине красоты Афродите. В Древнем Риме были хорошо известны приемы их выращивания посевом семян, черенкованием и прививками. Наиболее широкое распространение культура роз получила во Франции, которая в середине XVIII века стала родоначальницей новых сортов и разновидностей роз [1]. В России розы появились в садах императора Михаила Федоровича, а разводить их в большом количестве стали при Петре I. Большое распространение цветы получили только в XX веке, когда в России появились первые питомники, которые стали заниматься ее промышленным выращиванием [2]. Розы культивировались в Ботаническом саду еще в бытность его Аптекарским, а потом Медицинским огородом как лекарственные и декоративные растения, начиная с первой половины XVIII века в течение всей истории Санкт-Петербургского Ботанического сада. Через его коллекции прошли сотни видов, разновидностей, форм и сортов роз [3]. Современная коллекция садовых роз стала создаваться с 1950 года профессором Сааковым С.Г. в виде розария для определения ассортимента современных садовых роз, возможных для выращивания в открытом грунте в условиях Северо-Западного региона. Наиболее популярными и привлекательными являлись чайно-гибридные и флорибунда розы, которые составили основу коллекции. На базе этой коллекции проводились исследования по изучению

влияния различных факторов на зимостойкость, рост, развитие и цветение. В настоящее время розарий является одним из родовых коллекционных комплексов Ботанического сада БИН РАН, назначение которых – сохранение генофонда старых культиваров, поиск растений с разными эколого-морфологическими характеристиками, выявление возможностей культивирования разнообразных садовых форм в условиях Санкт-Петербурга. Коллекция роз насчитывает 303 таксона. Из них чайно-гибридных роз (Hybrid Tea) 68 сортов, роз группы флорибунда (Floribunda) 54 сорта, группа грандифлора (Grandiflora) 3 сорта, миниатюрных и полиантовых роз ( Miniature and Polyantha) 22 сорта, полуплетистых роз ( Shrub) 44 сорта, плетистых роз ( Rambler, Climbing and Kordeii ) 32 сорта, старинных садовых роз ( Old Garden Roses) 33 сорта, а также дикорастущих видов роз и их современных гибридов (Wild roses and their hybrids ) 34 таксона [4].

**Цель исследования** – сравнительная оценка зимостойкости и декоративности сортов чайно-гибридных роз, роз группы флорибунда и современных садовых плетистых ремонтантных роз в условиях Санкт-Петербурга. Для решения поставленной цели в задачи исследований входило: изучение зимостойкости роз, проведение фенологических наблюдений, изучение особенностей цветения (продолжительность и интенсивность) и визуальная оценка декоративности у различных сортов роз.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводили в 2016-2018 и 2020 годах в розарии Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге.

Объекты исследования: 10 сортов чайно-гибридных роз, 15 сортов роз флорибунда и 12 сортов плетистых ремонтантных роз: 6 сортов роз группы Кордеса и 6 сортов плетистых крупноцветковых роз селекции Кордес и сыновья (W. Korde & Sons) (табл.1).

Таблица 1. Характеристика коллекционных сортов роз в исследовании  
Table 1. Characteristics of collectible sorts of roses in the research

Сорт	Происхождение	Высота, м	Ширина, м
<i>Чайно-гибридные розы</i>			
Климентина	СССР, 1955	0,86	0,65
Medallion	Германия, 1973	0,89	0,62
Augusta Luise	Германия, 1999	0,86	0,80
Beauty Star	Великобритания, 1990	0,82	0,58
Jalilah	Нидерланды, 2006	0,81	0,87
For you with love	Великобритания, 2004	0,74	0,53
Parole	Германия, 2001	1,04	0,76
Yankee Doodle	Германия, 1965	1,02	0,79
Helen Hayes	США, 1965	0,73	0,22
Dame de Coeur	Дания, 1958	0,64	0,80
<i>Розы флорибунда</i>			
Golden Slippers	США, 1961	0.6	0.5
Schneewittchen	Kordes Германия, 1958	1.0-1.5	1.0
Nina Weibull	Poulsen Дания, 1961	0.6-0.75	0.5
Andalusien	Kordes Германия, 1976	0.6-0.7	0.5
Apricot Nectar	США, 1965	0.6-1.2	0.6-0.9
Ama	Kordes Германия, 1955	0.6	0.5

Окончание таблицы 1.

Kirsten Poulsen	Дания, 1924	0.8-1.0	0.5
Nordia	Дания, 1967	0.8-0.9	0.5
Bella Rosa	Kordes Германия, 1981	0.6-0.7	0.5
Lilli Marleen	Kordes Германия, 1959	0.6-0.8	0.7
Lovely Rokoko	Christian Evers Германия, 2014	0.7-1.0	0.5
Golden Border	Verschuren Нидерланды, 1993	0.5-0.7	0.7
Red Leonardo Da Vinci	Meilland Франция, 2003	0.7-1.0	0.7
Charles Aznavour	Meilland Франция, 1988	0.7-0.8	0.7
Lavaglut	Kordes Германия, 1978	0.6-0.75	0.75
<i>Плетистые розы Кордеса</i>			
Sympathie	Германия, 1964	3-4	2
Hamburger Phoenix	Германия, 1954	2,5-3	2
Leverkusen	Германия, 1954	2-2,2	2
Dortmund	Германия, 1955	2,5	1,5
Morgengruss	Германия, 1962	2-2,2	1,5
Illusion	Германия, 1961	1,8-2	1,85
<i>Плетистые крупноцветковые розы</i>			
Laguna	Германия, 1994	2-2,5	1
Gruss an Heidelberg	Германия, 1959	1,5-1,8	1
Ramira	Германия, 1988	2-2,5	2
Rosarium Uetersen	Германия, 1977	1,8-2	2
Antike	Германия, 1988	1,8-2	1
Harlekin	Германия, 1986	1,8-2	1

Чайно-гибридные розы (Hybrid Tea) – это одна из самых популярных групп современных садовых роз, выращиваемых в мире. Чайно-гибридные розы оказали большое влияние на формирование последующего ассортимента: все длительно и повторно цветущие сорта, начиная с ремонтантных и заканчивая лучшими современными розами, связаны своим происхождением в той или иной степени с чайными [5]. Роза флорибунда (Floribunda) появилась в 1924 году от скрещивания полиантовой и чайно-гибридной розы. Цветение у многих сортов обильное и непрерывное в течение всего сезона [6]. Гибриды Кордеса (Hybrid Kordesii) – замечательная группа современных садовых плетистых роз, получила статус самостоятельной группы как зимостойкие, выносливые и устойчивые к болезням розы, связанные своим происхождением с розой морщинистой. Плетистые крупноцветковые розы (Large-flowered Climber – Climbing) имеют крепкие плетевидные побеги и крупные махровые цветки, собранные в соцветия [7, 8].

При выполнении экспериментальной работы проводили фенологические наблюдения, согласно методике для ботанических садов по фенологическим наблюдениям за повторно цветущими розами [9]. Отмечали набухание и начало распускания почек, рост побегов, бутонизацию, цветение, его интенсивность и продолжительность. Оценку зимостойкости изучаемых сортов роз проводили по методике Лапина П.И. и Сиднеевой С.В. по 7-балльной шкале: 1. Повреждений нет (растение не обмерзает); 2. Обмерзает не более половины длины однолетних побегов; 3. Обмерзают однолетние побеги полностью; 4. Обмерзают двулетние

побеги и более старые части растений; 5. Обмерзает крона до уровня снежного покрова; 6. Обмерзает вся надземная часть; 7. Растение вымерзает полностью.

Оценку декоративности проводили по методике Былова В.Н. по 5- балльной шкале [10]. Каждый сорт оценивался по следующим характеристикам: размер, окраска и махровость цветка, размер соцветий, аромат, интенсивность цветения.

**Результаты исследований.** Почвы участка розария – дерново-подзолистые, среднесуглинистые. Климат Санкт-Петербурга имеет черты морского и континентального климата, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом. Температурные условия перезимовки роз в 2016 и 2020 году были суровые: после теплого и малоснежного декабря 2015 года в январе средняя месячная температура на 3 – 4°С была ниже средней многолетней, отмечали продолжительные сильные морозы до -20 – -25°С. В феврале наблюдали продолжительные оттепели, чередующиеся морозной погодой. Растения выращивали без укрытия в зимний период. Оценка зимостойкости чайно-гибридных роз показала, что в условиях суровой зимы растения плохо перезимовали и имели наибольшие повреждения. Больше всех от морозов пострадали сорта Dame de Coeur, Medallion, Yankee Doodle, Jalitah, имеющие наименьший балл зимостойкости – 4 – 5. У сортов роз из групп флорибунда и плетистые ремонтантные розы Кордеса наблюдали обмерзание однолетних побегов, оценка зимостойкости 2 – 3 балла. Лучше других перезимовали сорта Apricot Nectar и Vilia, получившие при оценке 1 – 2 балла. Таким образом, во всех группах роз отсутствуют сорта, не способные к перезимовке [11].

Самой перспективной для гибридизации зимостойких сортов является роза морщинистая (*Rosa rugosa*), обладающая высокой зимостойкостью, декоративностью и устойчивостью к заболеваниям [12].

В 2017 – 2018 годах зимние месяцы были теплее средних многолетних, что благоприятно сказалось на перезимовке роз. Все сорта изучаемых групп роз оказались зимостойкими и имели высокие баллы 1-2.

Наблюдения за фенологическими фазами сезонного развития растений роз проводили в сортовом разрезе по группам. Нами установлено, что набухание и распускание почек у чайно-гибридных роз приходится на вторую половину 1 декады мая и началось практически у всех сортов одновременно, за исключением For You With Love, Yankee Doodle, Dame de Coeur. Дата набухания и начала распускания почек у этих сортов была позднее на 3, 7 и 8 дней, соответственно. Датой роста побегов у большинства изучаемых сортов является середина мая. Бутонизация наступает через 33 – 40 дней от начала распускания почек в зависимости от сорта. Период массового цветения совпадает с 1 декадой июля и длится около 10-15 дней. Более раннее цветение отмечали у сорта Augusta Luise в конце июня, а позднее – у сорта Климентина (конец июля). Продолжительность цветения колеблется в пределах от 8 до 18 дней, в то время как продолжительность повторного цветения – от 12 до 26 дней. Повторное цветение большинства сортов чайно-гибридных роз значительно слабее первого, начинается в начале сентября и продолжается до начала осенних заморозков и зависит от погодных условий и сортовых особенностей. Декоративные качества оценивали визуально, данные представлены в таблице 2.

В группе чайно-гибридных роз преобладали сорта с крупными цветками до 10-15 см, густомахровые (60-80 лепестков) с овальными по форме бутонами. Окраска цветков разнообразная, с преобладанием оранжево-красных и розовато-желтых оттенков. Наиболее привлекательными по окраске были сорта Dame de Coeur с бархатистыми цветками вишневого цвета и Augusta Luise, переливающимися оттенков с преобладанием розового и персикового цвета. Сорта Beauty Star, Parole и Климентина имели цветки в небольших кистях и по размеру соцветия получили 3 балла. Сорта Parole, Климентина, Medallion, Yankee Doodle по интенсивности цветения оценили в 3 балла, а остальные сорта отличались более интенсивным и относительно продолжительным цветением. Большинство сортов чайно-гибридных роз обладают душистым ароматом с фруктовым оттенком. Таким образом, наиболее высокую

оценку декоративности получили сорта Dame de Coeur – 4,5 балла и Augusta Luise – 4,6 балла (рис.1, 2).

Таблица 2. Оценка декоративности чайно-гибридных роз  
Table 2 Evaluation of decorative of tea-hybrid roses

Сорт	Размер цветка, балл	Окраска, балл	Махровость, балл	Размер соцветий, балл	Интенсивность цветения, балл	Аромат, балл	Общая оценка декоративности, балл
Климентина	4	4	4	3	2	4	3,5
Medallion	5	4	4	4	3	3	3,8
Augusta Luise	5	5	5	4	4	5	4,6
Beauty Star	4	5	4	3	4	5	4,2
Jalilah	4	4	4	3	3	3	3,5
For you with love	4	5	4	4	4	5	4,3
Parole	5	4	4	3	3	5	4,0
Yankee Doodle	4	4	5	3	3	5	4,0
Helen Hayes	4	5	4	4	4	5	4,3
Dame de Coeur	5	5	5	4	4	4	4,5



Рисунок 1. Сорт **Augusta Luise**  
Figure 1 Sort **Augusta Luise**



Рисунок 2. Сорт **Dame de Coeur**  
Figure 2 Sort **Dame de Coeur**

В группе флорибунда набухание и распускание почек у большинства сортов начиналось в 3 декаде апреля. Наиболее раннее отмечали у сорта Ama, а позднее – у сорта Nordia, которое практически совпадало с началом роста побегов. Позднее рост побегов начался у сортов Bella Rosa и Nina Weibull. Появление первых бутонов наступает через 55-60 дней после распускания почек. Цветение большинства сортов началось в третьей декаде июня – первой декаде июля, а у сорта Charles Aznavour – в середине июня. Продолжительность первой волны цветения составила 25-33 дня. Менее продолжительным было цветение у сортов Apricot Nectar и Lilli Marlen – 18-19 дней. Повторное цветение наблюдали у большинства изучаемых сортов, которое начиналось в августе. У сортов Nina Weibull и Ama его фиксировали в начале августа, а у сортов Golden Slippers, Schneewittchen, Bella Rosa, Golden Border на 2 недели позднее. Продолжительность второй волны цветения составила 56 – 75 дней, а у сортов Bella Rosa и Ama – 35 дней. У большинства изучаемых сортов наблюдалось непрерывное цветение до заморозков и прекратилось обрезкой до одревесневшей древесины в середине октября. Оценка декоративности сортов роз группы флорибунда приведена в таблице 3.

Таблица 3. Оценка декоративности роз флорибунда  
Table 3. Evaluation of decorative of floribunda roses

Сорт	Размер цветка, балл	Окраска, балл	Махровость, балл	Размер соцветий, балл	Интенсивность цветения, балл	Аромат, балл	Общая оценка декоративности, балл
Golden Slippers	4	5	3	3	5	4	4,0
Schneewittchen	4	5	4	4	5	3	4,2
Nina Weibull	4	5	4	4	5	3	4,2
Andalusien	3	4	4	3	5	3	3,7
Apricot Nectar	5	5	2	4	4	5	4,2
Ama	4	4	4	4	4	3	3,8
Kirsten Poulsen	3	4	2	4	5	4	3,7
Nordia	4	4	4	4	4	3	3,8
Bella Rosa	4	5	3	3	5	3	3,8
Lilli Marleen	4	5	3	3	5	3	3,8
Lovely Rokoko	4	5	4	4	4	2	3,8
Golden Border	4	5	5	5	5	4	4,7
Red Leonardo Da Vinci	5	4	5	3	4	4	4,2
Charles Aznavour	5	5	4	4	3	3	4,0
Lavaglut	4	5	5	5	5	3	4,5

Наиболее крупные цветки были у сортов Apricot Nectar, Red Leonardo Da Vinci и Charles Aznavour – 10–12 см. У большинства изучаемых сортов роз флорибунда размер цветка составлял 7 – 9 см. Мелкие цветки были у сортов Kirsten Poulsen и Andalusien – 5-6 см. Распространенная окраска цветков красная, с различными оттенками у сортов Nina Weibull, Andalusien, Ama, Kirsten Poulsen, Red Leonardo Da Vinci и Lavaglut. Белая окраска у сортов Schneewittchen, Lovely Rokoko и Charles Aznavour. Абрикосовая у сорта Apricot Nectar. Желтая окраска характерна для сорта Golden Border и розовая – для сорта Bella Rosa. Наибольшее количество цветков в период массового цветения отмечали у сорта Golden Border – одновременно до 84 цветков и у сорта Lavaglut – до 54 цветков на кусте. Обильноцветущими были также сорта Bella Rosa и Schneewittchen. Большинство сортов данной группы отличались непрерывным продолжительным цветением. Менее продолжительным было цветение у сорта Charles Aznavour. Большинство изучаемых сортов обладают махровыми цветками. Простые цветки имели сорта Kirsten Poulsen и Apricot Nectar, а Golden Slippers и Lilli Marleen – полумахровые.

У некоторых сортов роз присутствовал слабый аромат – 2 - 3 балла. Наибольшим ароматом обладали сорта Golden Border, Red Leonardo Da Vinci, Kirsten Poulsen и Apricot Nectar, которые набрали 4 и 5 баллов. Таким образом, наивысшую оценку декоративности получили сорта Golden Border – 4,7 и сорт Lavaglut – 4,5 балла (рис.3, 4).





Рисунок 3. Сорт Golden Border  
Figure 3 Sort Golden Border



Рисунок 4. Сорт Lavaglut  
Figure 4. Sort Lavaglut

Фенологические наблюдения в группе плетистых ремонтантных роз показали, что набухание почек и их распускание началось у изучаемых сортов одновременно – в конце 1 декады мая, а рост побегов у растений отмечали через 5-6 дней. Позднее всего начался рост побегов у сорта Harlequin – в начале июня. Появление бутонов у плетистых роз наступает через 46-50 дней после распускания почек. Прохладное лето и избыточное увлажнение 2017 года сдвинули сроки начала цветения на 3 декаду июля. Средняя продолжительность цветения 25 – 30 дней. Оно является наиболее обильным и декоративным, когда одновременно расцветает большое количество цветов у сортов Sympathie, Hamburger Phoenix, Rosarium Uetersen. Второе цветение менее декоративно, начиналось в начале сентября и продолжалось 15 – 22 дня в зависимости от сорта. Следует отметить, что у сортов Ramira и Laguna отмечали непрерывное цветение, которое продолжалось 44 – 46 дней. У сорта Antike цветение было поздним, началось в сентябре и продолжалось 3 недели, без повторного цветения. Оценка декоративности плетистых ремонтантных роз приведена в таблице 4.

Диаметр цветка у изучаемых сортов был от 6 до 14 см. Наиболее мелкие цветки были у сорта Leverkusen. По окраске все сорта получили высокие баллы.

Таблица 4. Оценка декоративности плетистых ремонтантных роз  
Table 4. Evaluation of decorative climbing remontant roses

Сорт	Размер цветка, балл	Окраска, балл	Махровость, балл	Размер соцветий, балл	Интенсивность цветения, балл	Аромат, балл	Общая оценка декоративности, балл
<i>Плетистые розы Кордеса</i>							
Sympathie	5	5	5	4	5	5	4,8
Hamburger Phoenix	4	5	5	5	5	5	4,8
Leverkusen	3	4	5	4	5	4	4,2
Dortmund	5	5	2	4	4	4	4,0
Morgengruss	4	5	5	3	5	5	4,5
Illusion	4	5	3	4	4	4	4,0
<i>Плетистые крупноцветковые розы</i>							
Laguna	5	5	5	4	5	5	4,8
Gruss an Heidelberg	5	5	4	4	5	4	4,5
Ramira	5	5	4	4	5	5	4,7
Rosarium Uetersen	5	5	5	4	5	5	4,8
Antike	5	4	5	4	2	4	4,0
Harlequin	4	5	5	4	4	4	4,3



Количество цветков в соцветии составило от 3 до 10 и было наименьшим у сорта Morgengruss, а наибольшим – у Hamburger Phoenix. Окраска цветков – от бледно-розовых у сорта Harlequin до малиново-розовых у Laguna. Бархатисто-красная окраска выделяла сорта Sympathie, Hamburger Phoenix, Rosarium Uetersen. Все сорта плетистых роз обладают махровыми цветками, кроме сортов Dortmund и Illusion., а также обильным интенсивным цветением, за исключением сорта Antike. В ходе наблюдения у изучаемых сортов роз аромат присутствовал, отличался только сильной и умеренной интенсивностью.

Таким образом, наивысшая оценка декоративности была получена у сортов Sympathie, Hamburger Phoenix, Rosarium Uetersen и Laguna – 4,8 балла (рис.5, 6).



Рисунок 5. Сорт **Hamburger Phoenix**  
Figure 5. Sort **Hamburger Phoenix**



Рисунок 6. Сорт **Rosarium Uetersen**  
Figure 6. Sort **Rosarium Uetersen**

#### **Выводы:**

1. В условиях суровой зимы сорта чайно-гибридных роз, получившие при оценке зимостойкости 4 – 5 баллов, имели наибольшие повреждения. Сорта роз группы флорибунда и плетистые ремонтантные розы имели средний балл зимостойкости (2 – 3) из-за повреждений однолетних побегов. В условиях благоприятной перезимовки все изучаемые сорта роз обладали хорошей зимостойкостью и оценивались в 1 – 2 балла.
2. Наибольшую стабильность проявления декоративных признаков показали сорта чайно-гибридных роз: Augusta Luise – 4,6 и Dame de Coeur – 4,5 балла.
3. Обильное и продолжительное цветение характерно для большинства сортов роз флорибунда и плетистых ремонтантных роз Кордеса.
4. Высокие баллы при оценке декоративных достоинств роз флорибунда были у сортов Golden Border – 4,7 и Lavaglut – 4,5.
5. Исключительно декоративными являются сорта плетистых роз Sympathie, Hamburger Phoenix, Rosarium Uetersen и Laguna, получивших наиболее высокую оценку – 4,8 балла.

Считаем, что все изучаемые сорта роз могут использоваться в городском озеленении для создания гармоничных ландшафтных композиций в групповых и одиночных посадках. Плетистые розы занимают ведущее место при вертикальном озеленении и хорошо сочетаются с малыми архитектурными формами.

#### **Список источников литературы**

1. Wylie A.P., The history of Garden Roses // Journal of the Royal Horticultural Science, vol. 80: 1955. – pp. 1-2.
2. Сааков С.Г. Происхождение садовых роз и направление работ в селекции их. – М.: Наука, 1965. – 278с.
3. Сааков С.Г., Риекста Д.А. Розы. – Рига: Зинатне, 1973. – 360с.
4. Капелян А.И. Коллекция роз в ботаническом саду БИН РАН // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: Материалы VI международной конференции (20-26 июня 2016.) – Санкт-Петербург, 2016. – С . 138-140.

5. Клименко З.К. Секреты выращивания роз. – М.: Фитон+, 2002. – 155 с.
6. Boronkay G., Jámbor-Benczúr E., Máthé Á. Color stability of the flowers of some rose varieties measured in CIEDE2000 // *Horticultural Science (Prague)*, no. 36 (2):2009. – pp. 61–68.
7. Хессайон Д.Г. Все о розах. – М.: Кладезь-букс, 2008. – 141 с.
8. Бумбеева Л.И. Плетистые розы. – М.: Издательский дом МСП, 2008. – 64 с.
9. Бойко Р.В., Щербакова О.Ф., Рубцова Е.Л., Чижанькова В.И. Методические рекомендации по фенологическим наблюдениям за повторно цветущими розами. – Киев. 2015. – 52с.
10. Былов В.Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений // *Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений*. – М., 1978. – С. 7-32.
11. Адрицкая Н.А., Щетинин Д.С. Зимостойкость различных групп роз в розарии Ботанического сада // *Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: сб. научн. тр. СПбГАУ*. – СПб., 2017. – С. 131-132.
12. Бумбеева Л.И. Современные зимостойкие сорта роз и их происхождение // *Цветоводство: история, теория, практика: Материалы международной научной конференции (24-26 мая 2016 г.)* – Минск, 2016. – С. 53-56.

### References

1. Wylie, A.P. (1955), “The history of Garden Roses”, *Journal of the Royal Horticultural Science*, vol. 80, pp. 1-2.
2. Saakov, S.G. (1965), *Proiskhozhdenie sadovikh roz i napravlenie rabot v seleksii ikh* [The origin of garden roses and the direction of work in their breeding], Nauka, Moscow, Russia, 278 p.
3. Saakov, S.G. and Rieksta, D.A (1973), *Rosy* [Roses], Zinatne, Riga, Latvia, 360 p.
4. Kapelyan, A.I. (2016), *Kolleksiya roz v botanicheskom sadu BIN RAN, Biologicheskoe raznoobrazie, Introduktsiya rasteniy* [Collection of roses in the botanical garden of the BIN RAS, Biological diversity. Introduction of plants], 6th International Conference Saint-Petersburg, Russia, 20-26 June 2016, pp. 138-140.
5. Klimenko, Z.K. (2002), *Sekrety vyrascivaniya roz* [Secrets of growing roses], Fiton, Moscow, Russia, 155 p.
6. Boronkay, G., Jámbor-Benczúr E., and Máthé Á. (2009), “Color stability of the flowers of some rose varieties measured in CIEDE2000”, *Horticultural Science*, Prague, no. 36(2), pp. 61–68.
7. Hessayon, D.G (2008), *Vse o rozakh* [All about roses], Kladez-books, Moscow, Russia, 141 p.
8. Bumbeeva, L.I., (2008), *Pletistye rozy* [Climbing roses], Publishing house MSP, Moscow, Russia, p.64.
9. Boyko, R.V., Shcherbakova, O.F., Rubtsova, E.L. and Chizhankova, V.I. (2015), *Metodicheskie rekomendatsii po fenologicheskim nablyudeniyam za povtorno tsvetuscimi rozami* [Methodological recommendations on phenological observations of repeatedly blooming roses], Kiev, Ukraine, 52 p.
10. Bylov, V.N., (1978), “Introduction and selection of floral and ornamental plants”, *Osnovy sravnitel'noy sortootsenki dekorativnich rasteniy* [Fundamentals of comparative variety evaluation of ornamental plants], Moscow, Russia, pp. 7-32.
11. Adritskaya, N.A. and Shchetinin, D.S. (2017), “Winter hardiness of various groups of roses in the rose garden of the Botanical Garden”, *Rol' molodikh uchenich v rishenii aktual'nykh zadach APK* [The role of young scientists in solving urgent problems of the agroindustrial complex], collection of scientific tr. SPbGAU, Saint-Petersburg, Russia, , pp. 131-132.
12. Bumbeeva, L.I. (2016), *Sovremennye zimostoykie sorta roz i ikh proiskhozhdenie* [Modern winter-hardy varieties of roses and their origin]. Materials of the international scientific conference. Floriculture: history, theory, practice. 24-26 May, Minsk, Belarus, pp. 53-56.

### Сведения об авторах

**Адрицкая Наталья Анатольевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры плодоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spn-код: 6947-0877.

**Капелян Алла Исаковна** – ведущий агроном, научный куратор коллекции роз Ботанического сада Петра Великого, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, spn-код: 7265-1987.

**Information about the authors**

**Natalya A. Adritskaya** – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of Vegetable Growing and Ornamental Gardening department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6947-0877.

**Alla I. Kapelyan** – leading agronomist and scientific curator of the collection of roses of the Botanical Garden of Peter the Great, Komarov Botanical Institute RAS. spin-code: 7265-1987.

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. 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 05.05.2022 г.; одобрена после рецензирования 25.05.2022 г.; принята к публикации 06.06.2022 г.*

*The article was submitted 05.05.2022; approved after reviewing 25.05.2022; accepted after publication 06.06.2022.*

Научная статья

УДК 635.21:632.76

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-58-66

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ ТАРЗЕК, ВГ И U46-КОМБИ ФЛЮИД 6, ВР В ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ**

**Али Абдулла Султан Аль-Малики<sup>1,3</sup>, Виктор Иванович Долженко<sup>2,3</sup>,  
Татьяна Васильевна Долженко<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Министерство сельского хозяйства, Департамент защиты растений, Абу-Грейб, Багдад, Ирак, 10081; ali77.2013@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0003-1789-4218>

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Россия; vid@icZR.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4700-0377>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

<sup>4</sup>Инновационный центр защиты растений, ул. Пушкинская, д. 20, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; dolzhenkotv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4139-2664>

**Реферат.** В обеспечении продовольственной безопасности любой страны главная роль принадлежит производству зерновых культур. Особый вред этим культурам наносят сорные растения. Для подавления сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур используют гербициды. Исходя из экономических и экологических особенностей, важно грамотно применять эти современные средства защиты растений. Был проведен полевой эксперимент по изучению биологической эффективности послевсходовых гербицидов при различных нормах применения на пшенице озимой в сезоне 2020-2021 годов в Ираке. Добиться получения высоких урожаев озимой пшеницы даже в благоприятных для ее возделывания регионах невозможно без проведения защитных мероприятий против сорных

растений. На опытном участке встречались сорные растения из двух групп – двудольные: *Beta vulgaris*, *Malva pravi flora*, *Silybum marianum*, *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium murale*, *Daucus carota* и однодольные: *Lolium rigidum*, *Lolium temulentum*. Две обработки гербицидами включали послевсходовое применение Тарзек (31,95%), водорастворимые гранулы (ВГ) с адьювантом для борьбы как с двудольными, так и с некоторыми однодольными сорными растениями. Другим гербицидом был U46-Комби флюид 6, водный раствор (ВР) только для борьбы с двудольными сорняками. Опрыскивание проводили в трех нормах применения. Основываясь на полевом исследовательском эксперименте, можно резюмировать результаты, согласно которым применение обоих гербицидов привело к снижению количества сорняков. Применение нового гербицида Тарзек, ВГ (0,08, 0,09 и 0,1 кг/га) позволило снизить засоренность посевов пшеницы озимой однолетними злаковыми сорными растениями и некоторыми двудольными сорняками на 88,5%. Использование U46-Комби флюид 6, ВР (0,9; 1,0 и 1,25 л/га) сократило количество однолетних двудольных сорняков на 85,3%. Применение указанных гербицидов не оказывало фитотоксического действия на посевы пшеницы озимой.

**Ключевые слова:** пшеница озимая, гербициды, сорные растения, биологическая эффективность

**Цитирование.** Али А.С. Аль-Малики, Долженко В.И., Долженко Т.В. Биологическая эффективность гербицидов Тарзек, ВГ и U46-Комби флюид 6, ВР в посевах пшеницы озимой // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(67). – С. 58-66 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-58-66.

## BIOLOGICAL EFFICACY OF TARZEK 31.95%, WG AND U 46 COMBI FLUID 6 SL HERBICIDE IN WINTER WHEAT

Ali A. S. AL-Maliki<sup>1,3</sup>, Victor I. Dolzhenko<sup>2,3</sup>, Tatiana V. Dolzhenko<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Ministry of Agriculture, Department of Plant Protection, Abu Ghraib, Baghdad, Iraq; 10081, ali77.2013@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0003-1789-4218>

<sup>2</sup>All Russia Research Institute for Plant Protection, Podbelskogo highway, 3, Pushkin, St. Petersburg, Russia, 196608; vid@icZR.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4700-0377>

<sup>3</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; dolzhenkotv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4139-2664>

<sup>4</sup>Innovation Plant Protection Center, st. Pushkinskaya, 20, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; Dolzhenkotv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4139-2664>

**Abstract.** In ensuring the food security of any country, the main role belongs to the production of grain crops. Weeds do special harm to these crops. Herbicides are used to suppress weed vegetation in agricultural crops. Based on economic and environmental characteristics, it is essential to correctly apply these modern plant protection products. A field experiment was conducted to study the biological effectiveness of post-emergence herbicides under various application rates on winter wheat in the 2020-21 season. It is impossible to achieve high yields of winter wheat even in regions favorable for its cultivation without carrying out protective measures against weeds. On an experimental plot there were weeds from two groups dicots: *Beta vulgaris*, *Malva pravi flora*, *Silybum marianum*, *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium murale*, *Daucus carota* and monocotyledons: *Lolium rigidum*, *Lolium temulentum*. Two herbicide treatments were used included postemergence applications Tarzek (31.95 %) water-soluble granules (WG) with an adjuvant for the control of both dicotyledonous and some monocotyledonous weeds. Another herbicide was U46-Combi fluid 6, a Soluble liquid (SL) only for the control of dicotyledonous weeds. Spraying was carried out in three application standards. Based on a field research experiment, it is possible to summarize the results

according to which the use of both herbicides led to a decrease in the weed number. The use of a new herbicide Tarzek, WG (0.08, 0.09 and 0.1 kg/ha) allowed to reduce the contamination of winter wheat crops with annual cereal weeds and some dicotyledonous weeds by 88.5%. The use of U46-Combi fluid 6, SL (0.9; 1.0 and 1.25 l/ha) reduced the number of annual dicotyledonous weeds by 85.3%. The use of these herbicides did not have a phytotoxic effect on winter wheat crops.

**Keywords:** winter wheat, herbicides, weeds, biological efficiency

**Citation.** AL-Maliki, A.A.S. Dolzhenko, V.I. and. Dolzhenko, T.V. (2022), “Biological efficacy of Tarzek 31.95% WG and U 46 Combi fluid 6 SL herbicide in winter wheat”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no 2, pp. 58-66, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-58-66.

**Введение.** В глобальном масштабе пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.) является наиболее важной зерновой культурой для производства продуктов питания и корма для скота, занимая второе место после риса с точки зрения занимаемой площади и объемов производства. Потребление пшеницы постоянно увеличивается из-за роста населения при ограниченных посевных площадях. Поэтому увеличение производства пшеницы на научной основе является национальной целью многих стран и играет решающую роль в обеспечении их продовольственной безопасности [1]. Есть несколько факторов, которые влияют на производство пшеницы и приводят к низкой урожайности. Это вредители, возбудители болезней, использование семян низкого качества, низкая норма высева, сорные растения и т.д. Одним из важнейших факторов, негативно влияющих на урожайность пшеницы и наносящих хозяйственный ущерб, является засоренность посевов сорными растениями. Конкуренция сорняков с культурными растениями является одним из наиболее важных ограничений в растениеводстве, поскольку они конкурируют за влагу, питательные вещества, свет и пространство [2]. Потери урожая от сорняков значительно выше, чем от совместного действия насекомых-вредителей и болезней растений [3].

Для решения этой проблемы фермеры широко используют гербициды [4]. Не все виды сорняков могут быть уничтожены с помощью одного гербицида, и дальнейшее использование одного типа гербицидов может приводить к развитию резистентности (устойчивости организмов к пестицидам). Для борьбы как с однодольными, так и двудольными сорняками применяется широкий спектр гербицидов. Необходимо правильно выбрать препарат из числа рекомендованных для применения на данной культуре, сопоставить его спектр действия с доминирующими видами сорняков в посевах этой культуры, установить срок, способ и норму внесения. Кроме того, в связи с растущей заботой об окружающей среде и здоровье населения крайне важно использовать гербициды, которые обладают низкой токсичностью [5].

В целях борьбы с бесконтрольным использованием химических средств защиты растений в Ираке был создан Национальный комитет по регистрации и аккредитации пестицидов с целью предоставления фермерам возможности использовать зарегистрированные безопасные препараты.

По данным Национального комитета по регистрации и аккредитации пестицидов Министерства сельского хозяйства Ирака, существует несколько гербицидов, разрешенных для применения в целях борьбы с сорняками в посевах пшеницы озимой. В таблице 1 приведены гербициды и их действующие вещества, одобренные для применения на озимой пшенице в Ираке [6].

Таблица 1. Гербициды и их действующие вещества, разрешенные для применения на пшенице озимой в Ираке [6]  
Table 1. Herbicides and their active ingredients approved for use on winter wheat in Iraq

№	Торговое название	Действующее вещество	Вредный объект	Норма применения препарата (л/га, кг/га)
1	Паллас 45, МД	Пироксулам 45 г/л	Однолетние злаковые и некоторые двудольные сорняки	0,45-0,5
2	Траксос, КЭ	Пиноксаден 25 г/л+ клодинафоп-пропаргил 25 г/л	Однолетние злаковые сорняки	1
3	Атлантис, 12,6 ВГ	мезосульфурон-метил 10 г + йодосульфурон-метил-натрий 2 г + мефенпир 30 г/кг	Однолетние злаковые и некоторые двудольные сорняки	0,3- 0,33
4	Топик, КЭ	Клодинафоп-пропаргил 80 + антидот клоквинтосет-мексил 20 г/л	Однолетние злаковые сорняки	1
5	Гранстар, 75% ВДГ	Трибенурон-метил 750 г/кг	Однолетние двудольные сорные растения	0,02
6	Аксиал, КЭ	Пиноксаден 25 + антидот клоквинтосет-мексил 11,5 г/л	Однолетние злаковые (виды щетинника, просо куриное, просо сорнополевое, овсюг, метлица полевая, лисохвост и др.) сорняки	0,7-1,3
7	Пума Супер 7.5, ЭМВ	Феноксапроп-П-этил 69 + антидот мефенпир-диэтил 75 г/л	Однолетние злаковые сорняки	1
8	Шевалье 15, ВГ	Йодосульфурон-метил-натрия 30 г + мезосульфурон-метил 15 г + антидот мефенпир-диэтил 90 г/кг	Однолетние и некоторые многолетние двудольные и некоторые однолетние злаковые сорные растения (овсюг, мятлик, лисохвост, метлица)	0,3-0,32
9	Сорти 3.6, ВДГ	Йодосульфурон-метил-натрия 6 + мезосульфурон-метил 30 + антидот мефенпир-диэтил 90 г/кг	Однолетние и некоторые многолетние двудольные и некоторые однолетние злаковые сорные растения (овсюг, мятлик, лисохвост, метлица)	0,4
10	U46-Комбифлюид 6, ВР	2,4-Д + дикамба (диметиламинные соли) 120 г/л	Однолетние двудольные, включая устойчивые к 2,4-Д и МЦПА виды, и некоторые многолетние двудольные сорняки	0,75-1,5
11	Тарзек, ВГ	Пироксулам 250 г/л+ галауксифен метил 69,5 г/л	Однолетние злаковые и некоторые двудольные сорняки	0,75-0,9
12	Атлантис, МД	Мезосульфурон-метил 10 + йодосульфурон-метил-натрий 2 + дифлюфеникан + мефенпир-диэтил 30 г/л	Однолетние злаковые и некоторые двудольные сорняки	1,2
13	Линтур, ВДГ	Дикамба (натриевая соль) 659 г/кг + триасульфурон 41 г/кг	Однолетние и некоторые многолетние двудольные сорняки	0,12-0,18

Гербициды, ингибирующие ацетолактатсинтазу (ALS), широко используются благодаря их высокой эффективности, низкой токсичности для млекопитающих и низким нормам применения [7]. Тарзек, ВГ – это инновационный гербицид для борьбы с однолетними злаковыми и некоторыми двудольными сорняками в посевах пшеницы [8]. Этот тип гербицидов содержит два активных ингредиента: галауксифен-метил (6,95%) и пироксулам (25%). По эффективности галауксифен-метил превосходит все известные ауксиноподобные гербициды и приближается к наиболее эффективным современным гербицидам из класса ингибиторов ацетолактатсинтазы (ALS). Тарзек, ВГ представляет собой системный гербицид, подвижный во флоэме и ксилеме, который легко проникает через листья. Не обладает фитотоксичностью для культуры [9].

У.У. Morderer (2018) [10] отметил, что галауксифен-метил представляет собой новую группу химических веществ – арилпиколинов, которые обладают таким же механизмом действия и принадлежат к группе синтетических ауксинов. Применение смеси галауксифен-метила с другими гербицидами, ингибирующими ALS, более эффективно для борьбы с однолетними двудольными и злаковыми сорняками в посевах пшеницы.

U46-Комби флюид 6, ВР – один из гербицидов, зарегистрированных для борьбы с широколиственными сорняками на пшенице. Синтетические ауксиновые гербициды, такие как 2,4-Д и МСРА, используются уже много лет и эффективно подавляют широколиственные сорняки на пшеничных полях. Они часто применяются в комбинации с гербицидами – ингибиторами ALS для борьбы с двудольными сорняками [11].

**Целью нашего исследования** являлась оценка биологической эффективности новой комбинации гербицидов галауксифен-метил и пироксулам для борьбы как с однодольными, так и с двудольными сорными растениями.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводили на сельскохозяйственной ферме в Ираке – Абу-Грейб в 2020–2021 гг. Послевсходовые обработки пшеницы осуществляли гербицидами Тарзек, ВГ и U46-Комби флюид 6, ВР в разных нормах. Размещение опытных делянок рендомизированное, площадь каждой делянки составляла 20 м<sup>2</sup> (4 м × 5 м). Почва глинистая, содержание органического вещества – 0,85%; pH – 7,8. Пшеница озимая, сорт Iba 99, норма высева – 120 кг/га. Технология выращивания культуры – традиционная для региона. Обработку гербицидами проводили по вегетирующим злаковым сорнякам (фаза от 2-х листьев до начала кущения) и в фазу 6-8 листьев двудольных сорных растений. Фаза развития пшеницы озимой – от 4-х листьев до стадии 2-го междоузлия. Использовали ранцевый опрыскиватель Mataba-16L. Характеристики гербицидов приведены в таблице 2. Схема опыта представлена в таблице 3.

Таблица 2. **Характеристика действующих веществ гербицидов**  
Table 2. **Characteristics of active substances of herbicides**

Торговое наименование гербицида	Действующее вещество	Химическое название
Тарзек, ВГ	Галауксифен-метил 6,95% + Пироксулам 25%	2-pyridinecarboxylic acid, 4-amino-3-chloro-6-(4-chloro-2-fluoro-3-methoxyphenyl)-, methyl ester + N-(5,7-dimethoxy [1,2,4] triazolo[1,5-a]pyrimidin-2-yl)-2-methoxy-4-(trifluoromethyl) pyridine-3-sulfonamide
U46-Комби флюид 6, ВР	2,4-Д 30% + МЦПА 30%	2,4-dichlorophenoxyacetic acid + 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid

Таблица 3. Схема опыта  
Table 3. Scheme of experience

Торговое наименование гербицида	Вариант опыта (норма применения препарата (л/га, кг/га))
Тарзек, ВГ	0,08 + 0,75 Серфер (адьювант)
	0,09 + 0,75 Серфер (адьювант)
	0,1 + 0,75 Серфер (адьювант)
U46-Комби флюид 6, ВР	0,9
	1,0
	1,25

Идентифицированные сорные растения подсчитывали через 30, 60 и 90 дней после обработки гербицидами путем срезания сорняков с учетных делянок, а затем помещали в перфорированном бумажном пакете в сушильный шкаф при температуре 70°C до получения стабильного веса. Учетную рамку размером 50 × 50 см использовали для оценки численности сорняков. Биологическую эффективность действия гербицидов рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E} = (K - B)/K * 100,$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность действия гербицида, %;

K – количество сорных растений в контроле, экз./м<sup>2</sup>

B – количество сорных растений в варианте с гербицидом, экз./м<sup>2</sup>.

Данные, полученные в экспериментах, были подвергнуты статистической обработке с помощью gene stat, сравнение вариантов проводили по показателю НСР<sub>05</sub>.

**Результаты исследований.** Перед закладкой опыта были определены виды сорных растений на делянках. На опытном участке встречались сорные растения из двух групп – двудольные: *Beta vulgaris*, *Malva pravi flora*, *Silybum marianum*, *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium murale*, *Daucus carota* и однодольные: *Lolium rigidum*, *Lolium temulentum*. Высокая эффективность комбинированного препарата Тарзек, ВГ была отмечена для обеих групп сорных растений, а препарата U46-Комби флюид 6, ВР – только для двудольных.

Результаты исследований показали, что существенных различий в эффективности различных норм применения одного препарата не было (таблица 4). Следует отметить, что самая высокая эффективность препарата Тарзек, ВГ была при максимальной норме 0,1 кг/га (90,5%, 89,4% и 88,5% по суткам учетов соответственно).

Наибольшее сокращение количества двудольных сорных растений было достигнуто гербицидом U46-Комби флюид 6, ВР при максимальной норме применения 1,25 л/га. Биологическая эффективность препарата составила 86,8%, 85,9% и 85,3% по суткам учетов соответственно.



Таблица 4. Биологическая эффективность гербицидов в борьбе с сорными растениями на пшенице озимой (Ирак, 2020-2021 гг.)

Table 4. Biological effectiveness of herbicides in weed control on winter wheat (Iraq, 2020-2021)

Вариант опыта	Количество сорняков (экз./м <sup>2</sup> ) по суткам учетов после обработки			Биологическая эффективность, %		
	30	60	90	30	60	90
Тарзек, ВГ + Серфер (адьювант) 0,08 кг/га + 0,75 л/га	12,7	14,8	20,6	87,2	86,7	83,0
Тарзек, ВГ+ Серфер (адьювант) 0.09 кг/га + 0,75 л/га	10,0	13,3	17,7	89,9	88,0	85,5
Тарзек, ВГ+ Серфер (адьювант) 0,1 кг/га + 0,75 л/га	9,3	11,7	14,0	90,5	89,4	88,5
U46-Комби флюид 6, ВР 0,9 л/га	15,0	17,3	20,0	84,8	84,3	83,7
U46-Комби флюид 6, ВР 1,0 л/га	14,3	16,6	19,1	85,5	85,0	84,6
U46-Комби флюид 6, ВР 1,25 л/га	13,0	15,3	18,0	86,8	85,9	85,3
Контроль	98,7	110,0	122,3	0	0	0
НСР <sub>05</sub>	3,35	11,51	7,42	0	0	0

**Выводы.** Экологически и экономически целесообразно применение новых гербицидов с низким содержанием действующих веществ, низкой нормой применения и высокой биологической эффективностью. Можно сделать вывод, что применением обоих гербицидов Тарзек, ВГ и U46-Комби флюид 6, ВР позволило надежно и эффективно защитить посевы пшеницы озимой от сорной растительности.

#### Список источников литературы

1. FAO and WHO (2019), "Pesticide residues in food 2018- Report 2018- Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues", *FAO Plant Production and Protection Paper*, no. 234, Rome, 668 pp.
2. Varshney, S. (2012), "Effects of herbicide applications in wheat fields: Is phytohormones application a remedy?", *Plant Signaling and Behavior*, 7(5). doi: 10.4161/psb.19689.
3. Mukherjee, S. (2014), "Persistence behaviour of a mixed formulation (florasulam 10 % + haloxyfen methyl 10,4 % WG) in wheat", *J. Crop and Weed*, 10(2), pp. 414–418.
4. Pang, N., Wang, T. and Dong, B. (2017), "Field evaluation and determination of four herbicides in a wheat ecosystem by a simple and versatile QuEChERS method with liquid chromatography-tandem mass spectrometry", *Toxicological and Environmental Chemistry*, 99(3), pp. 376–389. doi: 10.1080/02772248.2016.1196209.
5. Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S. et al. (2012), "Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations", *Weed Science*, vol. 60(1), pp.31-62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>
6. Booklet of Pesticides Registered in Iraq [Electronic resource]. Ministry of Agriculture, Iraq. The National Committee for the registration and approval of pesticides, [2010-2021] - URL: <http://www.zeraa.gov.iq> (date of access: 5.01.2021).
7. Azhar, M., Igbal, J., Chattha, A. M. and Azhar, G. S. (2013), "Evaluation of various herbicides for controlling grassy weeds in wheat", *Mycopath*, 11(January), pp. 39–44. Available at: <http://111.68.103.26/journals/index.php/mycopath/article/viewFile/360/203>.
8. Ghosh, B. (2014), "Residual fate and persistence behaviour of a mixed herbicide formulation (pyroxsulam 4,5% OD + sulfosulfuron 75% WDG) in wheat plant and field soil", 10(2), pp. 407–413.

Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Residual-fate-and-persistence-behaviour-of-a-mixed-Ghosh-Bhattacharyya/8a32dd29337d0ff782cfff0b90ac0a24f7d03fe>.

9. Reeves, W. R., Mcquire, M., Stokes, M. and Vicini, J. (2019), "Assessing the Safety of Pesticides in Food: How Current Regulations Protect Human Health", *Advances in Nutrition*, 10(1), pp. 80–88. doi: 10.1093/advances/nmy061.
10. Morderer, Y. Y., Sychuk, A.M., Rodzevych, O.P., Pavlenko, V.V. and Sarbash, O.M. (2018), "Effectiveness of auxin-like herbicide halauxifen-methyl mixtures with other herbicides for canada thistle (*Cirsium arvense*) control in wheat crop", *Fiziologia rastenij i genetika*, 50(6), pp. 508–516. doi: 10.15407/frg2018.06.508.
11. Sarabi, V., Ghanbari, A., Mohassel, M., Mahallati, M. and Rastgoo, M. (2018), "Interaction of foramsulfuron or nicosulfuron with 2,4-D + MCPA on important broadleaf weeds in corn (*Zea mays* L.)", *Plant Production Science*, 21(3), pp. 203–214. doi: 10.1080/1343943X.2018.1487771.

### Сведения об авторах

**Али Абдулла Султан Аль-Малики** – руководитель Департамента пестицидов Национального комитета по регистрации и аккредитации пестицидов, Департамент защиты растений Министерства сельского хозяйства Ирака; аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

**Долженко Виктор Иванович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий центром, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»; заведующий кафедрой, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 9188-7507.

**Долженко Татьяна Васильевна** – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; ведущий научный сотрудник, Общество с ограниченной ответственностью «Инновационный центр защиты растений», spin- код: 4042-7694.

### Information about the authors

**Ali Abdullah Sultan Al-Maliki** – Head of the Department of Pesticides, member and Speaker of the National Committee for Registration and Approval of Pesticides, Plant Protection Department, Ministry of Agriculture of Iraq, postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

**Victor I. Dolzhenko** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Center, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Plant Protection", Head, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 9188-7507.

**Tatiana V. Dolzenko** - Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Protection and Quarantine of Plants, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", leading researcher, limited liability company "Innovation Center for Plant Protection", Spin- Code: 4042-7694.

**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 08.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 10.06.2022 г.; принята к публикации 17.06.2022 г.

The article was submitted 08.04.2022; approved after reviewing 10.06.2022; accepted after publication 17.06.2022.

Научная статья

УДК 632.937

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-66-72

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОРМА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *NEOSEIULUS CUCUMERIS*

Наталья Владимировна Лепп<sup>1</sup>, Лидия Павловна Красавина<sup>2</sup>,  
Анастасия Александровна Ходжаш<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; lepp@spbgau.ru;  
<http://orcid.org/0000-0001-7367-5808>

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург 196608, nafania@list.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-7625-2699>

<sup>3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург 196608, nafania@list.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-4812-2615>

**Реферат.** Среди многоядных хищников, используемых в системах биологического контроля вредителей против трипсов, паутиных клещей и белокрылок, широко применяются фитосейидные клещи. Это связано с тем, что фитосейиды отвечают требованиям современного тепличного растениеводства, которое ориентировано на массовые выпуски энтомоакарифагов с широким пищевым диапазоном. Фитосейиды, являясь активными хищниками, могут питаться пылью и медвяной росой, что позволяет клещам выживать при отсутствии жертвы. В России широко используют хищного клеща *Neoseiulus cucumeris* Oudemans, в основном для подавления западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* Pergande на овощных и декоративных культурах в теплицах. Технологический регламент на разведение клещей был разработан уже в 1985 году. Клещей разводили на пшеничных отрубях, заселенных кормовыми клещами при соблюдении оптимальных условий температуры и влажности. Однако в последнее время началось активное усовершенствование технологии разведения фитосейид, направленное на исключение из методики разведения продуктов питания человека и снижение себестоимости корма для клещей. Большие возможности открывает использование в технологии разведения яиц и личинок мух, применяемых для утилизации биологических отходов. В последние годы большую популярность получила в качестве кормового объекта для рептилий, птиц и других животных муха черная львинка *Hermetia illucens* (отряд Diptera, сем. *Stratiomyidae*).

**Ключевые слова:** биологическая защита растений, хищный клещ, неосейулус, муха черная львинка, разведение хищных клещей

**Цитирование.** Лепп Н.В., Красавина Л.П., Ходжаш А.А. Влияние различных видов корма на биологические показатели *Neoseiulus cucumeris* // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 66-72 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-66-72.

**THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF FEED ON THE BIOLOGICAL  
PARAMETERS OF *N. CUCUMERIS***

**Natalia V. Lepp<sup>1</sup>, Lidia P. Krasavina<sup>2</sup>, Anastasia A. Khojash<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; lepp@spbgau.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7367-5808>

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Plant Protection, Podbelsky Highway, 3, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; nafania@list.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7625-2699>

<sup>3</sup>All-Russian Research Institute of Plant Protection, Podbelsky Highway, 3, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; nafania@list.ru; <http://orcid.org/0000-00024812-2615>

**Abstract.** Among the omnivorous predators used in biological pest control systems against thrips, spider mites and whiteflies, Phytoseiidae family mites are widely used. It is so due to Phytoseiidae meet all the requirements of the modern greenhouse crop production focused on mass production of entomoacariphages with a wide food range. The Phytoseiidae family mites are active predators, can feed on pollen and honeydew, which allows mites to survive in the absence of prey. In Russia, the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* Oudemans is widely used, mainly to suppress the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Pergande on vegetable and ornamental crops in greenhouses. The technological regulations for breeding mites were developed already in 1985. The mites were bred on wheat bran, populated with feed mites under optimal conditions of temperature and humidity. However, recently, an active improvement of the technology of breeding Phytoseiidae family mites has begun, aimed at excluding human food from the breeding methodology and reducing the cost of mites feed. The use of eggs and fly larvae used for biological waste disposal in breeding technology opens up great opportunities. In recent years, the black lion fly *Hermetia illucens* (order Diptera, sem. Stratiomyidae) has gained popularity as the main food for reptiles, birds and other animals.

**Keywords:** *biological control, predatory mite Neoseiulus Cucumeris, fly Hermetia illucens, predatory mites breeding*

**Citation.** Lepp, N.V., Krasavina L.P. and Khojash, A.A. (2022), “The effect of different types of feed on the biological parameters of *N. Cucumeris*”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol, 67 no, 2 pp. 66-72, (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-66-72.

**Введение.** Фитосейидные клещи давно используются в качестве акарифагов против трипсов, белокрылок и паутиных клещей [1, 2]. В СССР уже в 1985 году выходят «Методические указания по биологическому методу борьбы с табачным трипсом в защищенном грунте», где оценивали возможность применения *N. cucumeris* в теплицах [3]. Этот вид зарекомендовал себя активным хищником трипсов, прежде всего, западного цветочного – *Frankliniella occidentalis* на овощных культурах в теплицах. Наряду с трипсами этот вид клещей может питаться бриобиями, клещами плоскотелками, паутиными клещами и др. [4]. Смешанное питание среди фитосейид не является редким исключением, хотя в целом за ними закрепилась репутация активных хищников [5]. Хищники-полифаги, к которым относятся и *N. cucumeris*, успешно разводятся в лаборатории на акаровых клещах.

Технологический процесс производства *N. cucumeris* состоит из следующих этапов:

1) подготовка питательного субстрата для разведения кормового клеща (чаще всего в качестве субстрата используют пшеничные отруби);

2) разведение кормовых клещей: сухофруктовый (*Carpoglyphus lactis* Linnaeus), гнилостный удлиненный (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank), мучной (*Acarus farris* Oudemans), узкий (*Thyreophagus entomophagus* Laboulbene & Robin) клещи;

3) разведение хищных клещей [6, 7]. Использование кормовых клещей в методике разведения *N. cucumeris* не исключает поиска новых видов корма с целью сокращения затрат на массовое разведение акарифагов.

В последнее время было апробировано много различных искусственных сред. В их состав входили: мед, сахароза, триптон, дрожжевой экстракт, яичный желток, гемолимфа мухи черной львинки *Hermetia illucens*, яйца мельничной огневки (*Ephestia kuehniella* Zeller), яйца ракообразных рода артемия [8].

Яйца мельничной огневки и яйца мух имеют высокую питательную ценность, что обеспечивает при питании ими размножение, развитие и выживание многих членистоногих. Ограничивает их использование быстрое высыхание при низкой относительной влажности и заплесневение при высокой [9]. В связи с этим приходится находить оптимальные значения влажности и температуры при хранении яиц. Также клещи могут испытывать трудности с прокалыванием хориона яиц [10].

Современные требования к искусственным питательным средам предусматривают простоту в приготовлении, исключение продуктов питания человека, невысокую стоимость. Большие возможности открывает использование яиц и личинок мух при утилизации биоорганических отходов [11]. Появляются новые возможности для усовершенствования технологии выкармливания клещей, более экономически выгодные.

**Цель исследования** – оценить возможности выкармливания хищного клеща *N. cucumeris* яйцами мухи *Hermetia illucens* в лабораторных условиях.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектами исследования были: хищный клещ *N. cucumeris*, яйца мухи черной львинки *H. illucens*. Популяция клеща была получена в 2009 г в Санкт-Петербургском государственном аграрном университете С.А. Доброхотовым.

**Методика разведения *N. cucumeris*.** Клещей разводили в пшеничных отрубях на сухофруктовом клеще при температуре 23-25°C, влажности 85-87 %, длине светового дня 18 часов. Отруби с клещами помещали в стеклянные емкости объемом 1 л, ставили в эксикатор объемом 10 л и закрывали крышкой. Начальный объем отрубей составлял 200 мл при высоте слоя 1,5 см и при плотности содержания кормовых клещей 120 особей в 1 мл. Учет клещей проводили под биноклем с 16-кратным увеличением в 5-ти полях зрения в 1 мл.

**Методика разведения *H. illucens*.** Для содержания имаго использовали садки высотой 100 см и основанием 60\*60 см. Для откладки яиц на дно садка помещали емкость со слоем питательного субстрата 3 см (смоченные пшеничные отруби). Над отрубями устанавливали пластиковую сетку, на которой размещали гофрированный картон, нарезанный полосками, для получения яйцекладок мух. Самки откладывали яйца в виде больших кладок, содержащих по 400-500 яиц. Продолжительность жизни имаго составляло от 10 до 20 суток. Замену картонок для откладки яиц производили ежедневно. Личинок выкармливали отрубями и соевой мукой в соотношении 2:1. Корм давали два раза – первый раз личинкам первого возраста, второй раз – через пять дней. Личинки завершали питание, линяли, искали место для окукливания. При температуре 26°C окукливание происходило в течение 70 суток. После этого куколок переносили в садок для разведения имаго. Вылетевшие самки и самцы копулируют в полете на третий день после вылета. Первые кладки яиц получают с момента выхода первых мух [12].

**Методика проведения опытов.** Собранные яйца, предназначенные для кормления клеща, помещались в чашках Петри в морозилку бытового холодильника при -6°C на две недели. Кормление клеща проводили размороженными яйцами мухи из расчета 10 яиц на одну особь, которые помещали на дно емкости для разведения около отрубей. Корм заменяли ежедневно.

Оценку генетической гетерогенности лабораторной популяции *N. cucumeris* по наследственным факторам, обеспечивающим возможность питания непривычным кормом, а

именно яйцами черной львинки, проводили по результатам ответа на отбор по признаку выживаемости личинок и имаго.

Для экспериментов из лабораторной популяции *N. cucumeris* отобрали 100 самок, от которых в течение суток были получены яйца. Для дальнейшего эксперимента брали образовавшихся самок и самцов из суточных яйцекладок и помещали их в чашки Петри (d 60 мм, h 13 мм) по 8♀+2♂ с отрубями объемом 1 мл. В каждом варианте было 5 чашек Петри. На каждого клеща закладывали по три яйца мухи на сутки. В контрольном варианте использовали отруби с сухофруктовым клещом, с плотностью 120 особей в 1 см<sup>3</sup>.

В опыте оценивали выживаемость самок, их плодовитость, количество отродившихся личинок, количество образовавшихся имаго. Эксперименты проводили в климатических камерах при температуре 25°C, влажности 85% и ФП–18 часов света.

Для второй серии экспериментов по оценке генетической гетерогенности селективируемой линии клеща по наследственным факторам, обеспечивающим приспособленность к питанию яйцами мухи черной львинки, были заложены по 5 повторностей в опытном варианте – на яйцах мухи и 5 повторностей – на сухофруктовом клеще. В чашки Петри помещали по 10 особей клеща (8♀+2♂). При одинаковых условиях содержания оценивали количество образовавшихся личинок и имаго.

**Результаты исследований.** Первые эксперименты по оценке возможности использования яиц мухи черной львинки для выкармливания амблисейуса были заложены на выборке из лабораторной популяции в количестве 100 особей из синхронно отродившихся личинок в лабораторной популяции. Эксперимент был заложен в двух повторностях (50+50 особей). Контролем служили амблисейусы, которые продолжали получать в качестве корма сухофруктового клеща. Было установлено, что на диете из яиц мухи черной львинки образование личинок и имаго достоверно снизилось. В первом варианте было получено 50,4 ± 5,7 личинок и из них образовались 39 ± 2,9 взрослых амблисейусов. Во втором варианте эти показатели снизились до 24,8 ± 3,2 (образовалось личинок) и 21,8 ± 1,1 (образовалось имаго). В то время как в контроле образовались 120 ± 2,4 особи имаго в одном варианте и 115 ± 3,8 в другом и 98 ± 2,3 и 96 ± 2,5 – имаго соответственно (табл.1).

Таблица 1. Количество отродившихся личинок и образовавшихся имаго *N. cucumeris* при выкармливании их родителей яйцами *Hermetia illucens*  
Table 1. The number of hatched larvae and formed imagos of *N. cucumeris* when their parents feeding with *Hermetia illucens* eggs

Кормление яйцами мухи черной львинки		
	I повторность	II повторность
Отложено яиц, шт.	59,6±5,5	45,4±6,7
Образовалось личинок, шт.	51,4±5,7	24,8±3,2
Образовалось имаго, шт.	39±2,9	21,8±1,1
Контроль. Кормление сухофруктовым клещом		
	I повторность	II повторность
Образовалось личинок, шт.	120±2,4	115±3,8
Образовалось личинок, шт.	98±2,3	96±2,5

Из приведенных данных видно, что количество личинок, образовавшихся от амблисейусов, которых выкармливали яйцами львинки, существенно снизилось – на 58-60%, также снизилось и образование взрослых клещей на 60-77%. В то же время в двух одновременно заложенных вариантах опыта при выкармливании амблисейусов яйцами львинки были получены разные результаты. При одинаковой t° +24°C, продолжительности светового дня – 18 часов и корме – яйца мухи львинки, одна выборка амблисейуса показала результаты по отрождению личинок и образованию имаго в 2 раза выше, чем вторая (табл.1).

Это доказывает существование генетической гетерогенности по приспособленности к питанию яйцами мухи черной львинки. В дальнейшем нами были заложены опыты по отбору амблисейусов, способных питаться яйцами мухи черной львинки. Мы придерживались схемы массового отбора, т.е. на скрещивание ставили всех выживших амблисейусов. Таким образом шел естественный отбор по признаку выживаемости самок и их плодовитости.

Из опытных клещей, где отрождение личинок и образование имаго было более высоким, заложено F1.

В опытах было отсажено 30 особей клещей в 3-х повторностях по 10 особей в каждой (8♀+2♂) и в дальнейшем от них вели отбор выживших особей, которых кормили только яйцами мухи черной львинки.

Из таблицы 2 видно, что отбор особей, развивавшихся на диете из яиц мухи черной львинки, начался успешно. Уже в первом поколении количество отродившихся личинок не уменьшалось по сравнению с родительским поколением и составило 54 особи, а к IV поколению этот показатель достиг 114 особей. Хотя образование имаго и отрождение личинок было еще существенно ниже, чем при разведении амблисейусов на сухофруктовом клеще. В течение 4-х поколений эти показатели значительно повышаются по сравнению с началом отбора.

Таблица 2. Количество отложенных яиц, отродившихся личинок и образовавшихся взрослых амблисейусов в последовательных поколениях отбора на приспособленность к выкармливанию яйцами мухи черной львинки (*H. Illucens*) при групповом содержании  
Table 2. The number of eggs laid, hatched larvae and formed adult amblyseuses in successive generations of selection for fitness feeding black lion fly (*H. Illucens*) eggs with group maintenance

Поколения отбора	Количество отложенных яиц	Количество отродившихся личинок	Количество образовавшихся имаго	Количество съеденных яиц мух
F1	84±1,9	54±1,9	49±2	51±0,2
F2	65±2,0	52±1,9	43±1,9	39±0,1
F3	62±1,9	45±1,7	43±1,7	58±0,2
F4	125±2,52	114±2,4	99±2,5	83±1,3
Контроль				
F1	106,7±3,7	102±4,4	99±4,2	F1
F2	155,7±4,1	137±5,0	133±5,6	F2
F3	146±4,7	109±4,3	106,7±4,5	F3
F4	161±4,4	149±4,9	132,5±3,4	F4

Результаты эксперимента, представленные в таблицах 1, 2, следует считать информативными. Всего за 4 поколения питания яйцами мухи черной львинки количество отродившихся личинок и образовавшихся имаго увеличилось почти вдвое и стало приближаться к контролю.

Следует сделать заключение, что селекцию *N. cucumeris* на приспособленность к питанию яйцами мухи черной львинки нужно продолжить. Важным фактором для успешного проведения отбора является подготовка к выкармливанию амблисейуса яйцами мухи черной львинки. Необходимо провести исследование на длительность замораживания яйцекладок, по срокам их хранения и по способам подачи в садки для выкармливания амблисейуса.

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Яйца мухи черной львинки можно использовать в качестве корма для *N. cucumeris*.
2. Необходимы дополнительные исследования по подготовке и подаче яиц мухи черной львинки.
3. Есть предпосылки для введения кормления яйцами мухи черной львинки в технологию лабораторного разведения *N. cucumeris* как альтернативного корма.

## Список источников литературы

1. Van Lenteren J.C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake // *Biocontrol*. 2012. № 57. P. 1-20.
2. Van Lenteren J.C., Bolckmans K., Kohl J., Ravensberg W.J., Urbaneja A. Biologicfl control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities // *Biocontrol*. 2018. no. 63. pp. 39-59. DOI 10.1007/s10526-017-9801-4.
3. Бегляров Г.А., Сучалкин Ф.А. Методические указания по биологическому методу борьбы с табачным трипсом в защищенном грунте. – М., 1985. – 26 с.
4. Мешков Ю.И., Салобукина Н.Н. Использование хищного клеща в защите тепличных культур от западного цветочного трипса // *Гавриш*. – 2013. – № 2. – С. 20.
5. Колодочка Л.А. Клещи-фитосейды Палеарктики (*Phitoseiidae*, *Parasitiformes*) фаунистика, систематика, экология, эволюция // *Вестник зоологии*. – 2006. – № 21. – С. 50.
6. Красавина Л.П., Белякова Н.А., Зуева Л.И., Осемез Н.С. и др. Способ разведения хищного клеща амблисейуса *Amblyseius cucumeris* Oud. Патент на изобретение RU 2351126, 2009.
7. Ахатов А.К., Ижевский С.С. Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба). – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 307 с.
8. Nguen, D.T., Vangansbeke, D., and De Clercq P. Solid artificial diets for the phytoseid predator *Amblyseius swirskii* // *BioControl*. 2014. no. 59. pp. 719-727. DOI: 10/1007/s10526-014-9607-6.
9. Leman, A., and Messeling, G.J. Supplemental food that supports both predator and pest: a risk for biological control // *Exp. Appl. Acarol*. 2015. no. 65, pp. 511-524. DOI:10.1007/s10493-014-9859-y.
10. Lui, J.F., and Zhang, Z.Q. Development, survival and reproduction of a New Zealand strain of *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Typha orientalis* pollen, *Ephestia kuehniella* eggs, and an artificial diet // *International Journal of Acarology*. 2017. no. 43. pp. 153-159. DOI:10.1080/01647954.2016.1273972.
11. Тамарина Н.А. Основы технической энтомологии. – М: Издательство московского университета, 1990. – 208 с.
12. Антонов А.М., Lutovinovas E., Иванов Г.А., Пастухова Н.О. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе // *Принципы экологии*. –2017. – № 3. – С. 4–19. DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302.

## References

1. Van Lenteren, J.C. (2012), “The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake”, *Biocontrol*, no. 57. pp.1-20.
2. Van Lenteren, J.C., Bolckmans, K., Kohl, J., Ravensberg, W.J. and Urbaneja, A. (2018), “Biologicfl control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities”, *Biocontrol*, no. 63. pp. 39-59, doi. 10.1007/s10526-017-9801-4.
3. Beglyarov, G.A., Suchalkin, F.A., (1985), Guidelines on the biological method of tobacco thrips control in greenhouses, pp 26, Moscow, Russia.
4. Meshkov, Yu.I., Salobukina, N.N. (2013), “The use of predatory mite in the protection of greenhouse crops from western flower thrips”, *Gavrish*, no. 2, pp. 20. (In Russ).
5. Kolodochka, L.A. (2006), “Mites-phytoseiids of the Palearctic (*Phitoseiidae*, *Parasitiformes*) faunistics, systematics, ecology, evolution”, *Vestnik Zoologii Bulletin of Zoology [Bulletin of Zoology]*, no. 21. pp. 50. (In Russ).
6. Krasavina, L.P., Belyakova, N.A., Zueva, L.I., Osemeg, N.S. et all. (2009), *Sposob razvedeniya chischnogo klescha amblyseyusa Amblyseius cucumeris*, [Breeding method of the predatory mite *Amblyseius cucumeris*] RU, Pat. № 2351126.
7. Akhatov, A.K. and Izhevsky, S.S. (2004), *Vrediteli teplichnih i oranjereinih rastenii (morfologiya, jizni, vredonosnost, borba)* [Pests of greenhouses plants (morphology, lifestyle, harmfulness, control)]. *Association of Scientific Publ*, Moscow, P. 307 (In Russ).
8. Nguen, D.T., Vangansbeke, D., and De Clercq P. (2014), Solid artificial diets for the phytoseid predator *Amblyseius swirskii*. [BioControl]. no. 59, pp.719-727. doi: 10/1007/s10526-014-9607-6.
9. Leman, A., and Messeling, G.J. (2015), “Supplemental food that supports both predator and pest: a risk for biological control”, *Exp. Appl. Acarol*, no. 65, pp. 511-524, doi:10.1007/s10493-014-9859-y.



10. Lui, J.F., and Zhang, Z.Q. (2017), "Development, survival and reproduction of a New Zealand strain of *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Typha orientalis* pollen, *Ephestia kuehniella* eggs, and an artificial diet", *International Journal of Acarology*, no. 43, pp. 153-159. doi:10.1080/01647954.2016.1273972.
11. Tamarina, N.A. (1990), "Osnovi tehniceskoi entomologii" [Fundamentals of technical entomology], Moscow University Press, Moscow, 208 p. (In Russ).
12. Antonov, A.M., Lutovinovas, E., Ivanov, G. A. and Pastukhova, N.O. (2017), "Adaptation and prospects of breeding of the Black Lion fly (*Hermetia illucens*) in the circumpolar", *Principles of Ecology*, no. 3, pp. 4–19. (In Russ) doi: 10.15393/j1.art.2017.6302

### Сведения об авторах

**Лепп Наталия Владимировна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5623-7840, Scopus author ID: 123456789123.

**Красавина Лидия Павловна** – старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», spin-код: 1967-9811.

**Ходжаш Анастасия Александровна** – младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», spin-код: 9072-8452.

### Information about the authors

**Natalia V. Lepp** – Candidate of Biological Sciences, Ass. professor, professor of the Plant protection and quarantine department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5623-7840, Scopus author ID: 56613108300, Research.

**Lidia P. Krasavina** – Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Plant Protection".

**Khojash A. Anastasia** - Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Plant Protection", spin-code: 9072-8452.

**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 07.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 14.06.2022 г.; принята к публикации 20.06.2022 г.*

*The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 14.06.2022; accepted after publication 20.06.2022.*

Обзорная статья

УДК 631.86/87:631.5

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-73-82

## ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: МИФ И РЕАЛЬНОСТЬ

**Анатолий Иванович Осипов**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», Гражданский пр., 14, Санкт-Петербург, 195220, Россия; aosipov2006@mail.ru

**Реферат.** Вся история развития мирового сельского хозяйства свидетельствует о том, что применение химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений, микроэлементных препаратов, пестицидов и других научно-технических достижений позволило довести урожайность зерновых в некоторых европейских странах до 80-90 ц/га. Это является решающим фактором интенсификации земледелия и обеспечения продовольствием постоянно растущего населения нашей планеты. Идеи органического земледелия в настоящее время привлекают все больше сторонников во всем мире, растет спрос на продукты альтернативного земледелия. Во многих странах создаются научно-исследовательские учреждения, которые разрабатывают, исходя из местных условий, технологию перевода сельского хозяйства на альтернативное органическое земледелие.

Наряду с внешней привлекательностью органического земледелия, у него имеется и ряд серьезных недостатков, из-за которых эта система не получила широкого распространения даже в западноевропейских странах. Установлено, что при отказе от средств химизации урожай зерновых культур снижается до 30-40%, технических – до 60-70%, а овощных культур и садов может быть потерян полностью. Задача сегодня не отказываться от химикатов, а существенно снизить их расход за счет правильного и грамотного применения. В период вегетации обязательно использовать современные приемы листовой диагностики растений, позволяющие своевременно с помощью внекорневых обработок корректировать их систему питания. Тем самым мы улучшим качество сельскохозяйственной продукции и здоровье нации. Исходя из требований устойчивого развития сельского хозяйства, созданных современных высокоинтенсивных сортов зерновых культур с урожайностью до 10 т/га, а также по экологическим и экономическим причинам, полный переход к органическому земледелию не может быть приемлемым направлением развития сельского хозяйства. Его масштабы зависят от государственной политики в этой области.

**Ключевые слова:** *подсечно-огневое земледелие, органическое сельское хозяйство, сидераты, компосты, химизация, навоз, плодородие, точное земледелие, окружающая среда*

**Цитирование.** Осипов А.И. Органическое земледелие: миф и реальность // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – №2 (67). – С. 73-82 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-73-82.

## ORGANIC FARMING: MYTH AND REALITY

**Anatoliy I. Osipov**

Federal state budgetary scientific institution “Agrophysical Research Institute”, Grazhdansky pr., St. Petersburg, 14, 195220. Russia; aosipov2006@mail.ru

**Abstract.** The entire history of the world agriculture development indicates that the use of chemical ameliorants, organic and mineral fertilizers, trace elements, pesticides and other technological achievements allowed to increase the yield of cereals to 8-9 centners per ha in some European countries. It is the crucial factor of the intensification of agriculture and provision for the ever growing population of the World with food.

Nowadays the ideas of organic agriculture attract more and more supporters throughout the World; the demand for alternative farming products is growing. In many countries, research institutions are being established which develop technologies for the transition of agriculture to organic farming in accordance with local conditions.

Organic farming, together with its external attractiveness has also a number of serious shortcomings. For this reason, the organic system is not widespread even in Western European countries. It is found that a complete rejection of chemicals will decrease the yield of cereal crops by 30-40%, technical crops— by 60-70%, and the yield of horticultural crops can be lost completely. Our task today is not to refuse chemicals, but to reduce their consumption significantly due to proper and competent use. During the growing season, it is mandatory to use modern methods of leaf diagnostics of plants, which allow timely adjustment of their nutrition system with the help of foliar treatments. Thus, we will improve the quality of agricultural products and the health of the nation. Based on the requirements of sustainable agricultural development, created modern high-intensity varieties of grain crops with a yield of up to 10 tons /ha, as well as for environmental and economic reasons, a complete transition to organic farming cannot be an acceptable direction of agricultural development. Its proportion depends on the state policy in this industry sector.

**Keywords:** slash-and-burn farming, organic agriculture, green manure crops, compost, chemicals, manure, fertility, precision agriculture, environment

**Citation.** Osipov, A.I. (2022), "Organic farming: myth and reality", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, Vol. 67, no. 2, pp. 73-82, (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-73-82.

**Введение.** Подсечно-огневое земледелие, появившееся впервые на нашей планете, было основано на выжигании леса и посадке на этом месте культурных растений. Зола сожженной растительности выступала в качестве удобрения, и первоначальный урожай мог быть сравнительно высоким. Через три года продуктивность участка снижалась, и земледельцы переходили на новые земли. Такая система хозяйства не могла прокормить много людей [1].

Отцом современного органического сельского хозяйства в Европе стал британский ботаник Альберт Говард (Albert Howard), который с 1905 по 1924 годы работал советником по земледелию в Индии. Для Говарда существовала принципиальная возможность продемонстрировать в Индии пути повышения урожайности растений, широко используемые в Европе. Тем более активная демонстрация агротехнологий Запада, основанная на минеральных удобрениях, мощной тракторной технике, химической защите растений, входила в круг его непосредственных обязанностей. Но он понимал, что в условиях быстрого роста населения и отсутствия финансовых ресурсов на закупку всех составляющих западных технологий, задача обеспечения продовольствием должна решаться альтернативными способами. Альберт Говард предложил перерабатывать органику, образующуюся на ферме, в компост методом компостирования и тем самым получать высококачественное удобрение. Компостирование проводилось путем укладки сорняков, растительных остатков и навоза в кучи. К этим компонентам, содержащим много азота, добавлялось небольшое количество почвы, а жизнедеятельность бактерий обеспечивала прогрев таких куч до 66°C. Предложенная технология компостирования нашла широкое применение среди крестьян в Индии и позволила существенно повысить урожай без покупки минеральных удобрений.

Наиболее известная книга Говарда «Сельскохозяйственный Завет» (An Agricultural Testament) была впервые издана в 1940 году. В ней автор доказывал, что естественный круговорот жизни на Земле можно сохранить при условии возвращения органических остатков в почву в виде компоста, а также, борясь с вредителями, при помощи неядовитых для человека веществ [2]. Эва Бальфур (Eve Balfour) в 1939 году под влиянием работ Говарда ставит первый в мире научный эксперимент на сельскохозяйственных землях в Великобритании для сравнения обычного и органического сельского хозяйства. Через 4 года выходит её книга «Живая почва». Работа получила широкое распространение и привела к основанию одной из наиболее известных сегодня организаций по органическому сельскому хозяйству – Почвенная Ассоциация (Soil Association). В последующем эта компания отвечала за сертификацию большей части продукции органического сельского хозяйства в Великобритании [3].

В довоенной Германии основоположником первой полноценной органической фермы стал Рудольф Штайнер (Rudolph Steiner), уделявший особое внимание роли фермеров в наведении баланса между животным, растительными мирами и почвой. Он создал первый комплексный труд: «Духовно-научные основы успешного развития сельского хозяйства», посвященный органическому сельскому хозяйству. Штайнер выступал за развитие «биодинамического» сельского хозяйства (вид сельского хозяйства, включающий все принципы и стандарты органического сельского хозяйства, также затрагивающий космические ритмы и духовные аспекты). Согласно Р. Штайнеру, здоровье животных зависит от состояния растений, которыми они питаются, в то время как последние зависят от почвы, на которой растут, так же, как и почва, находится под влиянием зверей, которые ее удобряют. После того как в 1924 году Рудольф Штайнер прочел свой курс лекций, крупные фермерские хозяйства в Германии, Швейцарии и Дании начали работать в соответствии с изложенными в нем принципами, и в 1936 году в Дании было основано Биодинамическое объединение [4]. Война и последовавшие за ней перемены смешали все карты: широкое распространение минеральных удобрений привело к тому, что многие владельцы крупных хозяйств отошли от принципов биодинамики и приступили к интенсивной обработке земли. Дело Штайнера продолжали те фермеры, которые видели корреляцию между отказом от минеральных удобрений и пестицидов и высоким качеством своей продукции и поэтому не желали отходить от уже привычных для них методов ведения сельского хозяйства. Его идеи получили дальнейшее развитие в 1940-х годах в Британии, а в 1946 году «пионеры» экологического движения впервые присоединились к Почвенной Ассоциации (Soil Association).

Понятие органического сельского хозяйства впервые было введено специалистом по сельскому хозяйству Оксфордского Университета лордом Нортборном (Northbourne) в изданной им в 1940-м году книге «Заботьтесь о земле», где он описал целостный и экологически сбалансированный подход к фермерству.

Там же он впервые использовал термин, который мы используем – «органические фермы», употребив его в своей книге в значении «ферма как единый организм». К основным зачинателям органического сельского хозяйства в то время в США можно отнести Луиса Брамфилда (Louis Bromfield), Жероми Ирвина Родэйла (Jerome Irving Rodale) и его сына Роберта Родэйла (Robert Rodale), в Японии – Мокихи Окада (Mokichi Okada) и Масанобу Фукуока (Masanobu Fukuoka) [3].

Органическое земледелие в России связано с русским ученым Андреем Тимофеевичем Болотовым. В 70-х годах XVIII века он разработал принципы ведения сельскохозяйственного производства в «согласии с природой». Давал ценные советы о заготовке, хранении и использовании навоза. Кроме навоза, А. Т. Болотов рекомендовал использовать на удобрения золу, солому, древесные листья, кости животных, бытовые отбросы, торф, прудовый ил и другие виды органических отходов, которые могли разложиться в почве [5, 6]. В 1927 году академик Василий Робертович Вильямс выпустил труд «Общее земледелие с основами почвоведения», в котором изложил травопольную систему земледелия, во многом согласующуюся с принципами органического сельского хозяйства.

С развитием химии и агрономии в XIX веке получают распространение первые искусственные удобрения. В 1840 году немецкий химик Юстус фон Либих изобрел суперфосфат. Удобрение получали из костей, обработанных серной кислотой. Залежи гуано на берегах Чили и Перу также стали важным источником азота, фосфора и калия для европейских фермеров. К началу XX века в самых продвинутых странах вносили свыше центнера искусственных удобрений на гектар. В Англии перед Первой мировой войной на гектар вносили свыше 73 кг искусственных удобрений, а урожайность превысила 21 ц/га. Особое значение для сельского хозяйства имело изобретение немецкими химиками Ф. Габером и П. Бошем промышленного метода извлечения азота из атмосферы в начале XX века [7]. Благодаря им, фермеры по всему миру получили доступ к недорогим азотным удобрениям. Их массовое применение позволяло накормить около половины мирового населения. Последующее развитие многоплановых агрохимических исследований в XX столетии, резкое увеличение производства и ассортимента минеральных удобрений, микроэлементов, пестицидов, микробиологических препаратов и стимуляторов роста, как в нашей стране, так и за рубежом, привели к крупным достижениям в повышении продуктивности земледелия. Параллельно физиологи растений интенсивно изучали потребности растений в элементах минерального питания, были разработаны знаменитые смеси Кноппа, Прянишникова и др., что и позволило разработать систему удобрения культур. Одним из важнейших событий того времени стало открытие пестицидов, без которых в середине прошлого века более трети урожая отдавалось на откуп вредным насекомым, болезням, сорнякам. В 50-е годы в сельском хозяйстве растения получали огромное количество минеральных удобрений, но существующие сорта не могли эффективно трансформировать их в урожай зерна. Из-за высоких концентраций питательных веществ в почве зерновые быстро росли, набирали зеленую массу, а затем полегали, что существенно снижало намолоты. При этом индекс урожая (отношение веса зерна к общему весу наземной массы) был значительно ниже 30%, то есть основным продуктом оказывались солома и листья (даже в пересчете на сухое вещество).

Отец «зеленой революции», лауреат Нобелевской премии и иностранный член РАСХН Норман Борлауг считал, что не менее 50% увеличения урожаев в XX в. является следствием применения удобрений. Он отмечал, что одним из наиболее важных факторов, ограничивающих урожай сельскохозяйственных культур в мире и в следующем столетии, будет плодородие почвы. «Зеленая революция» позволила не только прокормить увеличивающееся население Земли, но и улучшить качество жизни. Критики и противники «зеленой революции» доказывают, что именно она привела к чрезмерной химизации сельского хозяйства, загрязнению экосистемы, возникновению проблем с пестицидами, как источниками мутаций и раковых заболеваний у людей, и что полностью не решила продовольственную проблему. При этом все забывают, что проблема возникла не от внедрения «зеленой революции», а от неправильного использования научных достижений. Мало кто прислушивался к тому, что каждая система, будь то система удобрения, защиты, обработка почвы, должна быть сбалансированной. Природа любит равновесие. Даже сам Норман Борлауг еще в 1970 году говорил, что «зеленая революция» была временным успехом в борьбе против голода и лишений. Она дала людям передышку» [8].

В сельскохозяйственном производстве на протяжении ряда десятилетий широкое распространение получили интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, существенным моментом которых является использование в значительных количествах средств химизации. Урожай мало вырастить, нужно его и сохранить. Сорняки и насекомые-вредители уничтожают 10-30% урожая в развитых государствах и 40-75% – в странах Третьего мира. Самым простым способом сократить эти потери оказалось применение ядохимикатов. Ученые подсчитали, что без ядохимикатов человечество потеряет 78% мирового урожая фруктов, 54% овощей и 32% зерновых. Искусственные удобрения и ядохимикаты стали ключевым фактором быстрого роста урожайности в XX веке. Вместе с новыми, более продуктивными сортами, и механизацией сельского хозяйства они увеличили

продуктивность сельскохозяйственных культур в несколько раз. Так, в России начала XX века урожайность зерновых составляла 5-8 ц/га, а во второй половине 1980-х дошла до 15-20 ц/га. В США за столетие урожайность пшеницы выросла с 7-10 до более 30 ц/га. Урожайность кукурузы в стране за это время выросла более чем в пять раз [9]. Во многих западных странах количество вносимых минеральных удобрений на гектар пашни достигает 400-600 кг действующего вещества (Голландия, Бельгия, Дания, Германия и др.). В Республике Беларусь в лучшие годы уровень применения NPK достигал более 300 кг/га пашни. Применение высоких доз удобрений, средств защиты растений, мелиорация земель, увеличение энергооборуженности и другие факторы обеспечили рост продуктивности пашни в данной Республике с 13,7 ц к. ед./га в 1961-1965 гг. до 42,4 в 1986-1990 гг. и до 52,6 ц к. ед./га в 2015 г. [10].

Производство сельскохозяйственной продукции на душу населения достигло значительных величин, сопоставимых с показателями ведущих европейских стран. В результате отказа от использования таких факторов повышения урожайности, как минеральные удобрения и синтетические средства защиты растений, продуктивность сельскохозяйственных культур при ведении органического земледелия в большей степени зависит от почвенно-климатических условий и в среднем на 20-50% ниже, чем в традиционном земледелии. В связи с тем, что не все культуры в органическом земледелии окупаются или легко поддаются экстенсивному выращиванию, их доля в севооборотах меняется: значительно увеличивается доля бобовых трав и зернобобовых культур и соответственно снижается доля пропашных культур. Например, в Германии, если при традиционном землепользовании луга и пастбища занимают 30% сельхозугодий, то при альтернативном – 46%, т. е. переход к органической форме хозяйствования происходит в таких хозяйствах, где главным направлением их деятельности является кормопроизводство [11]. Органическое земледелие не отвечает принципам высокоэффективного производства сельскохозяйственной продукции, так как на производство одного и того же количества продукции требуется почти двойное количество земельной площади, ресурс которой ограничен. Использование в сельскохозяйственном производстве минеральных удобрений, пестицидов и технологий генной инженерии направлено на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в целях обеспечения роста производства продуктов питания и их удешевления. В настоящее время в мире ежегодно используется 2,3 млн. т пестицидов, при этом 75% в экономически развитых странах. Использование минеральных удобрений и пестицидов вместе с другими научно-техническими достижениями позволило довести урожайность зерновых в некоторых европейских странах до 80-90 ц/га, что в 10 раз больше, чем во времена средневековья. Возделывание сельскохозяйственных культур без применения минеральных и использование ограниченных доз органических удобрений приведет к снижению плодородия почв.

В России с 1990 года внесение минеральных удобрений к настоящему времени сократилось со 112 до 37 кг/га, а органики, соответственно, с 10,5 до 1,1 т/га (табл.1).

Таблица 1. Объемы применения агрохимикатов и урожайность культур  
Table 1. The scope of application of agrochemicals and crop yields

Показатели	Единицы измерения	Годы					
		1990	2000	2010	2014	2019	2020
Внесено минеральных удобрений	млн. тонн	9,9	1,4	1,9	2,1	2,7	3,1
	кг/га	112,0	25,0	36,0	38,0	38,0	37,0
Внесено органических удобрений	т/га	10,5	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1
	млн. тонн	390,0	66,0	53,0	65,0	70,7	70,5
Урожайность зерновых и зернобобовых	ц/га	13,2	18,8	23,8	24,3	26,7	28,6

Несмотря на снижение доз внесения минеральных и органических удобрений, наблюдается увеличение урожайности зерновых и зернобобовых культур с 13,2 до 26,7-28,6 ц/га [12]. Это можно объяснить тем, что начиная с 2000 года, из оборота выводились слабокультуренные почвы, на которых возделывание сельскохозяйственных культур было не рентабельным. Количество таких земель к настоящему времени достигло 50 млн. га. Формирование урожайности на возделываемых почвах осуществлялось в основном за счет почвенного плодородия.

Об этом убедительно свидетельствуют данные таблицы 2, представленные департаментом растениеводства, механизации и защиты растений Минсельхоза России. Так, за пять лет, с 2006 по 2010 годы, из почв с урожаем сельскохозяйственных культур было вынесено 45, а внесено всего 10 млн. тонн действующего вещества. Таким образом, отрицательный баланс за 5 лет составил 35 млн. тонн действующего вещества. В последнюю пятилетку, с 2012 по 2016 годы, из почв вынесено 51,7, а внесено 21,9 млн. тонн действующего вещества. Отрицательный баланс составил 29,8 млн. тонн действующего вещества (табл.2).

Таблица 2. Баланс питательных веществ в земледелии России за 2006-2016 годы  
Table 2. The balance of nutrients in agriculture in Russia for 2006-2016

Вынесено		Внесено		Баланс	
в миллионах тонн действующего вещества					
2006-2010	2012-2016	2006-2010	2012-2016	2006-2010	2012-2016
45,0	51,7	10,0	21,9	-35,0	-29,8

В 2021 году В.И. Кашин, председатель комиссии по аграрным вопросам Госдумы, выступая за «круглым столом» Российской агропромышленной выставки «Золотая Осень-2021», также отметил существенную деградацию почв и снижение органического вещества в них за последние годы (табл. 3 и 4). Наблюдается интенсивный рост площадей кислых почв практически во всех регионах России.

Таблица 3. Площади деградированных почв (млн. га)  
Table 3. Areas of degraded soils (million hectares)

Заболоченные	9,6
Переувлажненные	16,1
Засоленные	16,3
Солонцеватые	22,9
Кислые	51,5

Таблица 4. Распределение почв по содержанию органического вещества (в %)  
Table 4. Distribution of soils by organic matter content (in %)

Слабогумусированные	37,1
Содержание гумуса ниже минимального	25,1
Среднегумусированные почвы	26,3
Высокогумусированные почвы	11,5

Насыщение севооборотов бобовыми и бобово-злаковыми культурами положительно влияет на биологические и физические свойства почвы, но не всегда удовлетворяет требованиям по восполнению выноса химических питательных элементов, особенно фосфора и калия. Также при органическом земледелии из-за необходимости более интенсивной обработки почвы для борьбы с сорняками, минерализация гумуса выше, чем в традиционной системе [13]. Тема перехода от индустриального к органическому земледелию должна обсуждаться в контексте с общемировым экологическим кризисом. Только так можно более-менее объективно оценить, правильно ли выбран путь. Ведь, как известно, достичь цели возможно только тогда, когда желания согласуются с возможностями. Иначе это может обернуться еще более серьезными проблемами. Установлено, что при отказе от средств химизации урожай зерновых культур снижается до 30-40%, технических – до 60-70%, а овощных культур и садов может быть потерян полностью. Поэтому мировое сельскохозяйственное производство уже не сможет обойтись без средств химизации и, в первую очередь, без пестицидов. Более того, рост урожайности сельскохозяйственных культур в ведущих аграрных странах прямо пропорционален объемам применения химических средств защиты растений, производство которых с каждым годом увеличивается. Эксперты уверены, что отказавшись полностью от пестицидов, получить экологически безопасные продукты питания не позволят иные антропогенные факторы, на фоне которых экологический ущерб от пестицидов в мире оценивается чуть более 2% [14].

По мнению Персиковой Т.Ф. [15], в вопросе о биологизации земледелия невозможно полностью исключить минеральные удобрения. Их локальное внесение в оптимальных дозах не снижает биологической активности почвы. Даже при 40% насыщении севооборота бобовыми культурами целесообразно применять минеральные удобрения, но в меньших дозах. В частности, использование бобовых культур дает возможность снижать дозы азотных удобрений до 30%, фосфорных – до 50% и калийных – до 30%. В оптимальных условиях питания, в частности, при органоминеральной системе удобрения повышается не только урожайность, но и поступление в почву элементов питания с пожнивно-корневыми остатками. Ведущие ученые Республики Беларусь считают, что возделывание сельскохозяйственных культур без применения минеральных и использования ограниченных доз органических удобрений приведет к снижению плодородия почв. Они отмечают, что наряду с внешней привлекательностью экологического земледелия, у него имеется и ряд серьезных недостатков, из-за которых эта система не получила широкого распространения даже в западноевропейских странах. К ним относятся:

- урожайность возделываемых культур в 2-3 раза ниже, чем при интенсивной системе земледелия;
- вследствие несбалансированного минерального питания ухудшается качество растениеводческой продукции (содержание и качество белка, низкое содержание аминокислот, потеря вкусовых качеств, товарный вид);
- цены на экологическую продукцию в несколько раз выше цен на обычную продукцию, в связи с чем она доступна только для ограниченного круга покупателей [13].

В 1972 г. в Версале была создана некоммерческая организация IFOAM – Международная федерация экологического сельского хозяйства. Среди ее основных целей – распространение информации о методах ведения органического сельского хозяйства. На саммите ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. лидеры большинства стран мира приняли концепцию устойчивого развития в качестве новой модели для мирового сообщества. Под устойчивым понимается развитие, при котором удовлетворение потребностей современного человечества не ставит под угрозу благополучие последующих поколений и их способность удовлетворять собственные потребности. В настоящее время идеи органического земледелия привлекают все больше сторонников во всем мире, растет спрос на продукты альтернативного земледелия. Во многих странах создаются научно-исследовательские учреждения, которые разрабатывают, исходя из местных условий,



технологии перевода сельского хозяйства на альтернативное органическое земледелие. По данным Международной организации органического земледелия (IFOAM), органическое сельское хозяйство практикуется в 179 странах мира. США лидируют по объему органической сельскохозяйственной продукции в 24,3 млрд. евро, за которыми следует Германия – 7,6 млрд. евро. К органической относится продукция сельского хозяйства и пищевой промышленности, которая изготовлена в соответствии со специально утвержденными стандартами. Площадь органических земель достигла 50,9 млн. га, что составляет всего 1,02% от площади всех сельскохозяйственных угодий мира. В 2016 году прирост количества органических земель по сравнению с 2014 составил 14,7%. В Европе доля таких земель достигла по странам в процентах: в Австрии – 20%, Швеции – 17%, Эстонии – 16%, Швейцарии – 13%, Латвии и Италии – 11%, Германии и Дании – 6%. [10]. По данным мировой статистики, первое место в мире по доле органических земель занимает королевство Лихтенштейн – 33%. Доля почв, занятых под органическое земледелие в Греции, Великобритании, Бельгии, Испании, составляет 0,2 – 0,5% сельскохозяйственных земель. В США – 0,5%, во Франции, Чехии, Голландии, Норвегии, Дании, Германии – от 0,6 до 2,6%. Несколько больше площади, занимаемые под биологическое земледелие, в Италии, Финляндии, Швеции и Швейцарии (от 4,1 до 6,7%). Органическое земледелие в Австралии занимает 2,3% от общей площади сельскохозяйственных угодий страны, а основная часть этих площадей относится к пастбищному животноводству. Страны Африки являются важными мировыми поставщиками биоорганических тропических плодов, сахара, чая, какао, кофе, орехов. В целом доля биоорганических продуктов питания составляет около 3% от мирового рынка пищевых продуктов [10].

В последнее время, как в нашей стране, так и за рубежом, активно разрабатываются и внедряются прецизионные технологии точного земледелия (ТЗ), как комплексного средства управления природно-техногенными системами. Применение данных технологий производства растениеводческой продукции путем научно обоснованного дифференцированного управления продукционным процессом в сочетании с современной роботизированной техникой позволит существенно повысить их урожайность и улучшить качество. Одновременно с этим значительно снижается расход минеральных удобрений и средств защиты растений [16, 17]. Результаты сравнительной оценки эффективности агротехнологий различной интенсивности, впервые нами полученные на многолетних опытах в Меньковском филиале АФИ в 2007-2013 гг., убедительно подтвердили высокую эффективность технологии точного земледелия, в результате применения которой экономится 28% удобрений, увеличивается урожайность на 16%, качество зерна из 4 класса переходит во 2 класс (табл. 5).

Таблица 5. **Эффективность технологий за годы исследований**  
Table 5. **The effectiveness of technologies over the years of research**

Технологии	Экономия Удобрений	Прибавка урожая	Качество зерна
Высокоточная	0%	0%	4 класс
Точное земледелие	28%	16%	2 класс

В частности, отмечено увеличение стекловидности зерна, содержания сырого белка и сырой клейковины, улучшение ее качества, а также увеличение числа падения в зерне. Данное зерно можно использовать в хлебопечении [16]. На основании полученных экспериментальных данных была сформирована информационно-технологическая и техническая база реализации прецизионных технологий внесения минеральных удобрений и гербицидов в режиме «off-line» и «on-line» и проведены опытно-производственные испытания в полевых условиях Ленинградской области. Экономический эффект от применения прецизионных технологий колебался от 842,9 до 1465,0 руб./га.

Таким образом, взгляды на органическое земледелие отличаются широким диапазоном, вплоть до противоположных. Очевидно, что истина где-то посередине. Современный мировой опыт убедительно показывает, что ведение органического земледелия без применения агрохимикатов сопряжено со значительным снижением продуктивности современных высокоинтенсивных сельскохозяйственных культур. Дискуссия на тему, какая система земледелия лучше, нам представляется бессмысленной. Главная задача сегодня – не отказываться от химикатов, а предпринимать все возможное, чтобы замедлить и минимизировать их вредное воздействие на окружающую среду. Существенно снизить расход агрохимикатов на единицу продукции возможно за счет их правильного и грамотного применения. Использовать в заданных дозах, в оптимальные агротехнические сроки и качественно обрабатывать целевые объекты. В период вегетации обязательно использовать современные приемы листовой диагностики растений, позволяющие своевременно с помощью внекорневых обработок корректировать их систему питания. Тем самым мы улучшим качество сельскохозяйственной продукции и здоровье нации. Исходя из требований устойчивого развития сельского хозяйства, а также по экологическим и экономическим причинам, полный переход к органическому земледелию не может быть приемлемым направлением развития сельского хозяйства.

#### Список использованной литературы

1. Андрианов Б.В. Подсечно-огневое земледелие // Народы мира. Историко-этнографический справочник / глав. ред. Ю. В. Бромлей. – М.: Советская Энциклопедия, 1988. – 591 с.
2. Ермоленков В.В. Органическое сельское хозяйство: устойчивая перспектива. – Минск: Донарит, 2013. – 104 с.
3. Кочурко В.И., Абарова Е.Э., Зуев В.Н. Основы органического земледелия: практическое пособие. – Минск: Донарит, 2013. – 176 с.
4. Захарова В.С. Органическое сельское хозяйство: история развития и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства». Часть 2. – Гродно, 2012. – С. 66-67.
5. Минеев В.Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. Книга первая: Развитие учения о питании растений и удобрении земель от Древнего мира до XX столетия. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 616 с.
6. Осипов А.И. Перспективы развития органического земледелия // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. – Т.14, № 2. – С. 948-958.
7. Авдеев Ф.А. и др. Технология связанного азота. – М.: Химия, 1974. – 464 с.
8. Муравин Э.А. Агрохимия. – М.: Колос, 2003. – 384 с.
9. Растянных В.Г., Дерюгина И.В. Урожайность хлебов в России. – М.: ИВ РАН, 2009. – 250 с.
10. Тарасенко С.А., Ушкевич В.В., Хвашевская Е.М. Практические рекомендации по ведению органического сельского хозяйства в Республике Беларусь. – Брест: Полиграфика, 2018. – 82 с.
11. Серая Т.М., Касьянчик С.А., Богатырева Е.Н. Преимущества и недостатки ведения биоорганического сельского хозяйства // Органическое сельское хозяйство Беларуси: Материалы международной научно-практической конференции. – Минск: ООО «Мэджик», 2012. – с. 74-78.
12. Осипов А.И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России // Агрохимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 28-36.
13. Привалов Ф.И., Лапа В.В., Сорока С.В. и др. Рекомендации по ведению экологического (биологического) земледелия в Республике Беларусь. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 28 с.
14. Сорока С.В., Якимович Е.А. Анализ применения средств защиты растений в Республике Беларусь // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 6. – С.13-17.
15. Органическое земледелие: тенденции и перспективы // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 58-61.
16. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. – Санкт-Петербург: Изд. ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.

17. Якушев В.П., Осипов А.И., Якушев В.В. Потенциал развития отрасли растениеводства в РФ с использованием информационных технологий точного земледелия: Материалы VI Международного форума «Продовольственная безопасность». – Санкт-Петербург, 2016. – С. 66-73.

#### References

1. Andrianov, B.V. (1988), "Slash-and-burn agriculture", *Peoples of the world. Historical and ethnographic reference book*, Editor-in-chief, Soviet Encyclopedia, Moscow, P. 591.
2. Ermolenkov, V.V. (2013), *Organic agriculture: a sustainable perspective*, Donarit, Minsk, P.104.
3. Kochurko, V.I., Abarova, E.E. and Zuev, V.N. (2013), *Fundamentals of organic farming: a practical manual*, Donarit, Minsk, P.176.
4. Zakharova, V.S. (2012), "Organic agriculture: history of development and prospects", Materials of the International Scientific and Practical Conference "*Modern technologies of agricultural production*", Grodno, part 2, pp.66-67.
5. Mineev, V.G. (2002), *History and state of agrochemistry at the turn of the XXI century. Book one: The development of the doctrine of plant nutrition and land fertilization from the Ancient World to the XX century*, Publishing House of Moscow State University, Moscow, P. 616.
6. Osipov, A.I. (2019), Prospects for the development of organic farming. Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them, Vol. 14, no. 2. pp. 948-958.
7. Avdeev, F.A. et al. (1974), *Technology of bound nitrogen. Chemistry*, Moscow, P. 464.
8. Muravin, E.A. (2003), *Agrochemistry*, Kolos, Moscow, P. 384.
9. Rastiannikov, V.G. and Deryugina, I.V. (2009), *Grain yield in Russia*, IV RAS, Moscow, P. 250.
10. Tarasenko, S.A., Ushkevich, V.V., Khvashchevskaya, E.M. (2018), *Practical recommendations on organic agriculture in the Republic of Belarus*, Polygrafika, Brest, P. 82.
11. Seraya, T.M., Kasyanchik, S.A. and Bogatyreva, E.N. (2012), Advantages and disadvantages of bio-organic agriculture, *Organic agriculture of Belarus*, Materials of the international scientific and practical conference, LLC Magic, Minsk, pp. 74-78.
12. Osipov, A.I. (2019), History and practical aspects of liming acidic soils in Russia, *Agrochemical Bulletin*, no. 3. pp. 28-36.
13. Privalov, F.I., Lapa, V.V., Soroka, S.V., etc. (2011), *Recommendations on the conduct of ecological (biological) agriculture in the Republic of Belarus*, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Minsk, P. 28.
14. Soroka, S.V. and Yakimovich, E.A. (2013), "Analysis of the use of plant protection products in the Republic of Belarus", *Agriculture and plant protection*, no. 6, pp.13-17.
15. *Organic farming: trends and prospects. Our agriculture*, (2017), no. 1, pp. 58-61.
16. Yakushev, V.P., Yakushev, V.V. (2007), *Information support of precision agriculture*. Publishing House of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, P. 384.
17. Yakushev, V.P., Osipov, A.I., Yakushev, V.V. (2016), "Potential of development of the crop industry in the Russian Federation using information technologies of precision agriculture", *Materials of the Sixth International Forum "Food Security"*, Saint Petersburg, Pushkin, pp. 66-73.

#### Сведения об авторе

**Осипов Анатолий Иванович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела моделирования адаптивных агротехнологий, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт» (ФГБНУ АФИ), spin-код: 8023-7429.

#### Information about authors

**Anatolii I. Osipov** – Doctor of Agricultural Sciences, professor, Chief Researcher of the Adaptive Agrotechnology Modeling Department, Federal State Budgetary Scientific Institution of the Agrophysical Research Institute (FGBNU AFI), spin-code: 8023-7429.

*Статья поступила в редакцию 04.04.2022 г; одобрена после рецензирования 20.06.2022 г; принята к публикации 23.06.2022 г.*

*The article was submitted 04.04.2022; approved after reviewing 20.06.2022; accepted after publication 23.06.2022.*

Научная статья  
УДК 631.42:332.14  
doi:1024412/2078-1318-2022-2-83-90

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЫХАНИЯ ПОЧВЫ. ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ

Азрет Муазинович Улимбашев<sup>1</sup>, Амиран Хабидович Занилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; ulimbashhev\_a@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-2882-1866>

<sup>2</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, ул. Чернышевского 173, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская республика, 360004, Россия; eso-agro.kbr@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1737-5303>

**Реферат.** Разработка и использование верифицированных методов учета нетто-выбросов диоксида углерода сельскохозяйственными почвами является важнейшим этапом развития карбонового земледелия и углеродсеквестрирующей индустрии и требует проведения комплекса научных исследований. Проведено сравнение показателей CO<sub>2</sub>, эмитированного из равных образцов почвы, но измеренных разными методами – методом титрования в лабораторных условиях и камерным методом учета CO<sub>2</sub>. В результате проведенных наблюдений выявлено отличие в показателях выделенного диоксида углерода почвой, учтенного разными методами. Объем эмитированного углекислого газа, учтенного методом титрования, превысил показатели CO<sub>2</sub>, учтенные камерным методом, более чем в 10 раз.

Среди недостатков, требующих учета при проведении расчета баланса диоксида углерода в системе «почва-атмосфера», выявлено, что недостаток классического лабораторного метода измерения базального дыхания почвы связан с невозможностью выражения интенсивности эмиссии CO<sub>2</sub> в режиме реального времени с учетом биодинамических процессов, протекающих в почве. Данный метод может быть использован для оценки углеродной емкости почвы, эквивалентной количеству потенциально-минерализуемого органического вещества в ней.

Сложность с использованием камерного метода заключается в отсутствии пересчетных коэффициентов, которые получены с учетом физико-химических и биологических свойств почв, а также продолжительности биологической активности почвы, свойственной определенной географической локации. Так же выявлено, что через 5 часов наблюдения выделение углекислоты почвой, помещенной в камеру, прекращается.

Модернизация и скорая адаптация существующих методов учета эмиссии диоксида углерода почвами позволит вовлечь аграрно-развитые регионы России в углеродсеквестрирующую индустрию посредством участия в климатических проектах.

Цель исследования – провести сравнительную оценку эмиссии диоксида углерода из равных образцов почвы двумя различными способами для определения различий в цифровом выражении.

Показатель дыхания почвы (эмиссии углекислого газа из почвы) позволяет моделировать и оценивать нетто-выбросы в наземных экосистемах. В настоящее время для оценки дыхания почвы используются два основных метода.

Первый метод измерения почвенного дыхания – метод титрования уловленного в закрытой колбе углекислого газа.

Второй метод измерения почвенного дыхания – камерный (экспресс-метод).

Измерительные контейнеры на момент погружения в них почвенных образцов содержали фоновую концентрацию углекислого газа в повторности 1 = 510 ppm, в повторности 2 = 504 ppm.

Стабилизация выделения CO<sub>2</sub> в исследуемых образцах наступила через 5 часов измерения. В повторности 1 концентрация CO<sub>2</sub> была равна 917 ppm, в повторности 2 CO<sub>2</sub> – 927 ppm.

При пересчете объема углекислого газа, определенного экспресс - методом в камере на 1 л, мы получаем показатель, равный 0,77 CO<sub>2</sub> мг/10 г. Разница в объеме углекислого газа, выделенного из равных образцов почвы разными методами, составила более чем в 10 раз.

**Ключевые слова:** дыхание почвы, нетто-выбросы, секвестрация, депонирование, климатический проект.

**Цитирование.** Улимбашев А.М., Занилов А.Х. Сравнительная оценка методов определения дыхания почвы. Возможности их использования в климатических проектах // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 83-90 doi:1024412/2078-1318-2022-2-83-90.

## COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS FOR DETERMINING SOIL RESPIRATION. THE POSSIBILITIES OF THEIR USE IN CLIMATE PROJECTS

Azret M. Ulimbashev<sup>1</sup>, Amiran H. Zanirov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sankt-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; ulimbashov\_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2882-1866>

<sup>2</sup>Kabardino-Balkar State University named after H.M.Berbekov, Chernyshevsky str., 173 Nalchik, Kabardino-Balkar Republic, 360004, Russia; [eco-agro.kbr@inbox.ru](mailto:eco-agro.kbr@inbox.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1737-5303>

**Abstract.** The development and use of verified methods of carbon dioxide emissions control by agricultural soils is the most important stage in the development of carbon farming and carbon sequestering industry. It requires a complex of scientific researches. The volume of CO<sub>2</sub> emitted from equal soil samples, but measured by different methods – the titration method under laboratory conditions and the chamber method of CO<sub>2</sub> measuring, were compared. As a result, the observations revealed a difference in the volume of carbon dioxide released by the soil, counted by different methods. The volume of emitted carbon dioxide measured by titration exceeded the CO<sub>2</sub> indexes measured by the chamber method by more than 10 times.

Among the disadvantages that need to be taken into account when calculating the carbon dioxide balance in the soil-atmosphere system, it was revealed that the disadvantage of the classical laboratory method for measuring basal respiration of the soil is associated with the inability to express the intensity of CO<sub>2</sub> emissions in real time, taking into account the biodynamic processes occurring in the soil. This method can be used to estimate the carbon capacity of the soil equivalent to the amount of potentially mineralized organic matter in it.

The difficulty with using the chamber method lies in the absence of conversion coefficients, which are obtained taking into account the physico-chemical and biological properties of soils, as well as the duration of biological activity of the soil in certain geographical location. It was also revealed that after 5 hours of observation, the release of carbon dioxide by the soil placed in the chamber stops.

Modernization and adaptation of existing methods of control of carbon dioxide emissions by soils will allow to involve the agro-developed regions of Russia in the carbon sequestering industry through participation in climate projects.

The aim of the study is to conduct a comparative assessment of carbon dioxide emissions from equal soil samples in two different ways for determining the differences in numerical terms.

The indicator of soil respiration (carbon dioxide emissions from the soil) allows to model and estimate net emissions in terrestrial ecosystems. Currently, two main methods are used to assess soil respiration.

The first method of measuring soil respiration is the method of titration of carbon dioxide captured in a closed flask.

The second method of measuring soil respiration is chamber (express method).

Measuring containers at the time of immersion of soil samples in them contained a background concentration of carbon dioxide in a repetition of 1 = 510 ppm, in a repetition of 2 = 504 ppm.

Stabilization of CO<sub>2</sub> release in the studied samples occurred after 5 hours of measurement. In repetition 1, the concentration of CO<sub>2</sub> was equal to 917 ppm, in repetition 2, CO<sub>2</sub> was 927 ppm.

When recalculating the volume of carbon dioxide determined by the express method in the chamber for 1 liter, we get an indicator equal to 0.77 CO<sub>2</sub> mg /10 g. The difference in the volume of carbon dioxide extracted from equal soil samples by different methods was more than 10 times.

**Keywords:** soil respiration, net emissions, sequestration, deposit, climate project

**Citation.** Ulimbashev, A.M. and Zanirov, A.X. (2022), "Comparative evaluation of methods for determining soil respiration. the possibilities of their use in climate projects", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 83-90, (In Russ.) doi:1024412/2078-1318-2022-2-83-90.

**Введение.** Природно-климатические условия позволяют России стать огромной фабрикой по поглощению сотен миллионов тонн углекислого газа лесами и сельскохозяйственными угодьями. Переход сельского хозяйства на регенеративные практики, внедрение методов карбонового земледелия позволят существенно сократить углеродный след российской сельхозпродукции и превратить российского сельхозпроизводителя в поставщика услуг по поглощению углерода [1].

Но для верификации накопленных компонентами агроэкосистем углеродных единиц требуются надежные методы учета баланса парниковых газов, в частности, диоксида углерода. С целью создания такой системы Минобрнауки России в настоящее время создается федеральная сеть карбоновых полигонов [2]. Самым распространенным способом учета выбросов CO<sub>2</sub> почвой является оценка интенсивности ее дыхания. Предполагается, что эмиссия углекислого газа из почвы тесно связана с содержанием потенциально-минерализуемого органического вещества, которое может быть разложено за период биологической активности в соответствующих зональных условиях [3].

Углеродсеквестрирующему потенциалу сельскохозяйственных угодий уделено особое внимание на прошедшем 23 сентября 2021 г. заседании Президиума РАН по вопросам проблем низкоуглеродного развития страны. Было отмечено, что наибольшей эффективностью поглощения углекислого газа обладают почвы, а секвестрирующий потенциал почвы может достигать 12-13 тыс. т CO<sub>2</sub> га<sup>-1</sup>. В перспективе сельскохозяйственные угодья могут обеспечить сток углерода, превышающий объем стока углерода лесами, в несколько раз (Анна Романовская, член-корреспондент РАН, директор Института глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля).

**Цель исследования** – провести сравнительную оценку эмиссии диоксида углерода из равных образцов почвы двумя различными способами для определения различий в цифровом выражении. Определить недостатки существующих методик, ограничивающих их использование для создания систем верификации баланса CO<sub>2</sub>. Вопрос оценки интенсивности дыхания почвы различными методами считается актуальным по сей день и изучается как отечественными [4], так и зарубежными исследователями [5, 6].

**Материалы, методы и объекты исследований.** Показатель дыхания почвы (эмиссии углекислого газа из почвы) позволяет моделировать и оценивать нетто-выбросы в наземных экосистемах [7]. В настоящее время для оценки дыхания почвы используются два основных метода.

Первый и наиболее распространенный, в силу своей доступности, метод измерения почвенного дыхания – метод титрования уловленного в закрытой колбе углекислого газа слабым раствором щелочи на протяжении 24 часов [8, 9]. Скорость базального дыхания рассчитывалась по формуле:

$$A = [(V_{\text{хол.}} - V_{\text{опыт}}) \times 1,1 \times 1000 / [m \times t] = (V_{\text{хол.}} - V_{\text{опыт.}}) \times 4,58,$$

где  $V_{\text{хол.}}$  – объем 0,05 NHCl, пошедшей на титрование холостого образца, мл;

$V_{\text{опыт}}$  – объем 0,05 NHCl, пошедшей на титрование опытного образца, мл;

$m$  – масса навески, 10 г;

$t$  – время инкубации, 24 ч.

Второй метод измерения почвенного дыхания – камерный (экспресс-метод). Его суть заключается в оценке динамики концентрации углекислого газа в почве, накрытой камерой с индикатором диоксида углерода [10]. Отличием использования камерного метода в классическом варианте и в данной работе является то, что образец почвы был подготовлен аналогично тому, как он готовится при методе, основанном на титровании. Масса помещенной в камеру воздушно-сухой почвы, так же как и в сравниваемой методике, составляла 10 грамм. Это позволило минимизировать количество факторов при проведении сравнительной оценки.

Нами были проведены измерения интенсивности эмиссии CO<sub>2</sub> образцами почвы, отобранными на слитых черноземах Теучежского района Республики Адыгея (ООО «Возрождение»).

Для оценки дыхания почвы экспресс-методом использовался экспериментальный образец на основе датчика измерения CO<sub>2</sub> серии МН-Z19В. Измеряемый диапазон 0-5000 ppm, рабочая температура 0-50 °С. Объем камеры – 1000 мл. Измерение экспресс-методом продолжалось до момента прекращения эмиссии диоксида углерода и составило 5 часов. Фиксация показателей концентрации CO<sub>2</sub> проводилась каждые 10 минут (рис.).

**Результаты исследований.** Определение дыхания почвы лабораторным методом показало среднюю интенсивность (повторность 3-кратная), равную 32,9 мкг/час/1 г почвы.

Измерительные контейнеры на момент погружения в них почвенных образцов содержали фоновую концентрацию углекислого газа в повторности 1 = 510 ppm, в повторности 2 = 504 ppm.

Стабилизация выделения CO<sub>2</sub> в исследуемых образцах наступила через 5 часов измерения.

В повторности 1 концентрация CO<sub>2</sub> была равна 917 ppm, в повторности 2 CO<sub>2</sub> – 927 ppm.

Масса воздушно-сухой почвы составляет 10 г.

Количество выделенного углекислого газа составляет:

- повторность 1 = 917-510 ppm = 407 ppm = 752,3 мг/м<sup>3</sup>;

- повторность 2 = 927-504 ppm = 423 ppm = 781,9 мг/м<sup>3</sup>;

- среднее = 767,1 мг/м<sup>3</sup>.

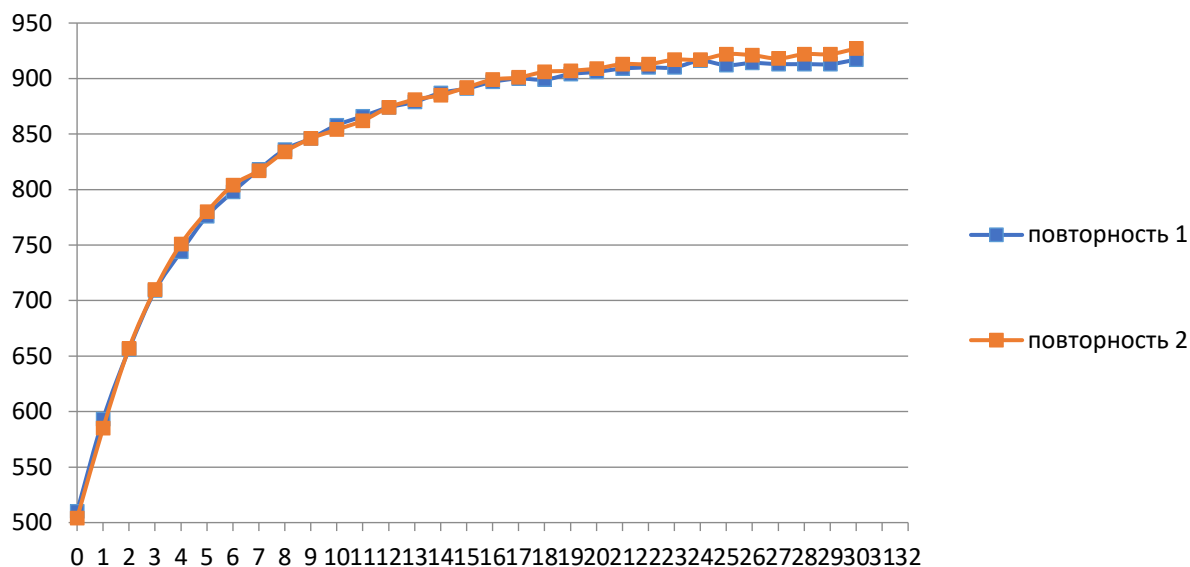


Рисунок. Динамика эмиссии CO<sub>2</sub> из образца почвы в камере, ppm  
Figure. Dynamics of CO<sub>2</sub> emission from the soil sample in the chamber, ppm

Для проведения сравнения методик потребовалось перевести динамические показатели эмиссии CO<sub>2</sub>, выраженные в массе газа во времени, в абсолютное количество CO<sub>2</sub>, выделенное определенным объемом почвы.

Абсолютный объем углекислого газа, выделенный 10 граммами воздушно-сухой почвы, определенный лабораторным методом, составил 7,9 мг CO<sub>2</sub>.

Таблица 1. Объем CO<sub>2</sub>, выделенного почвой и учтенного разными методами  
Table 1. The amount of CO<sub>2</sub> released by the soil and accounted for by different methods

Метод	Показатель по методике	Способ пересчета	Показатель после пересчета
Лабораторный	32,9 мкг CO <sub>2</sub> /час/1 г	32,9 мкг CO <sub>2</sub> x 24 ч. x 10 г	7,9 мг CO <sub>2</sub> /10 г
Экспресс	767,1 мг CO <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	797,1 мг CO <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> /1000 л	0,77 CO <sub>2</sub> мг/10 г

При пересчете объема углекислого газа, определенного экспресс-методом в камере на 1 л, мы получаем показатель, равный 0,77 CO<sub>2</sub> мг/10 г. Разница в объеме углекислого газа, выделенного из равных образцов почвы разными методами, составила более чем в 10 раз.

Столь существенный разброс результатов измерений связан с недостатками, свойственными для рассмотренных методик. Так, в лабораторном методе (метод титрования) используется изолированный объем почвы с известной массой, а выделенный углекислый газ не может быть снова поглощен почвой, так как газ улавливается щелочью на дне колбы.

При использовании экспресс-метода объем выделенного углекислого газа сложнее привязать к массе почвы, так как она может зависеть от множества факторов, основными из которых являются ее структура и пористость. При одном и том же объеме камеры вклад в эмиссию CO<sub>2</sub> более пористой почвой может быть совершен из более глубокого слоя почвы, следовательно, большей ее массой.

О наличии разнящихся данных при определении биологической активности почвы различными методами и необходимости наличия соответствующих коэффициентов пересчета говорят данные исследований.



**Выводы.** В результате сравнения лабораторного и экспресс-методов оценки эмиссии углекислого газа были выявлены недостатки, ограничивающие возможность использования данных методов при расчете баланса углекислого газа в системе «почва-атмосфера». Классические лабораторные методы измерения базального дыхания почвы, выполняя важную роль оценки ее производственного и биологического потенциала, имеют недостаток, связанный с выражением интенсивности эмиссии  $\text{CO}_2$  в режиме реального времени с учетом биодинамических процессов, протекающих в почве. Проблема связана с тем, что установленное методикой время инкубации в 24 часа с последующим пересчетом на  $\text{мкг CO}_2/\text{ч}/1 \text{ г}$  почвы может не соответствовать реальным показателям, так как интенсивность дыхания почвы во многом зависит от углеродной емкости почвенного образца и выделение  $\text{CO}_2$  может быть прекращено вне установленной временной границы, равной 24 часа. В процессе одновременного сравнения протекания эмиссии углекислого газа при лабораторном и экспресс-методах было выявлено, что один и тот же объем почвы (10 г), подготовленный в соответствии с первым методом, прекратил выделение  $\text{CO}_2$  через 5 часов после старта измерений. В такой ситуации деление объема  $\text{CO}_2$ , связанного щелочью, на 24 часа дает значительную погрешность. Следовательно, лабораторный метод измерения дыхания почвы посредством титрования избытка  $\text{CO}_2$  слабым раствором соляной кислоты больше подходит в качестве метода определения объема депонированного почвой углекислого газа при условии, что объем будет выражаться в абсолютных единицах с пересчетом на единицу массы почвы без привязки ко времени.

Для оценки секвестрирующего потенциала почвы и верификации данных для климатических проектов может быть использован экспресс-метод при соблюдении важного условия. Для этого должен быть выведен коэффициент, отражающий зависимость интенсивности эмиссии  $\text{CO}_2$  от общей углеродной емкости почвы. Решение поставленной задачи требует проведения множества сравнительных анализов, одновременно проводимых различными методами.

#### Список источников литературы

1. Иванова А.Ю., Дурманова Н.Д. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 120 с.
2. Карбоновые полигоны. [Электронный ресурс]. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/action/poligony/> (дата обращения: 01.02.2022).
3. Семенов В.М. Запасы активного органического вещества и эмиссионный потенциал почв зональных биомов на территории европейской части России: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития». (20-22 марта, 2017) – М., С. 137-138.
4. Савостьянова А.С., Семиколенных А.А. Сравнение методов определения микробной биомассы для оценки биологических свойств почвы // Известия Самарского НЦ РАН. – 2012. – Т. 14, № 1(8). – С. 2064–2067
5. Anderson T.H., Joergensen R.G. Relationship between SIR and FE estimates of microbial biomass C in deciduous forest soils at different pH // Soil Biol. Biochem. 1997. V. 29. P. 1033–1042.
6. Beck T., Joergensen R.G., Kandeler E., Makeschin F., Nuss E., Oberholzer H.R., Scheu S. An inter-laboratory comparison of ten different ways of measuring soil microbial biomass C // Soil Biol. Biochem. 1997. Vol. 29. pp. 1023-1032.].
7. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76, № 1. – С. 14–29.
8. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. – 2011. – №11. – С. 1327-1333.
9. Макаров М.И., Малышев Т.И., Маслов М.Н., Кузнецова Е.Ю., Меняйло О.В. Углерод и азот микробной биомассы в почвах южной тайги при определении разными методами // Почвоведение. – 2016. – Т. 49, № 6. – С. 685-695.

10. LI-COR Biosciences, Application Note 124 (1998). Considerations for measuring ground CO<sub>2</sub> fluxes with chambers. LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, USA 68504.
11. Vance E.D. Brookes P.C. Jenkinson D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C // *Soil Biol. Biochem.* 1987. V. 19. P. 703–707.
12. Wu J., Joergensen R.G., Pommerening B., Chaussod R., Brookes P.C. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation extraction, an automated procedure // *Soil Biol. Biochem.* 1990. V. 22. P. 1167–1169.

### References

1. Ivanova, A.Yu. and Durmanova, N.D. (2021), The battle for climate: carbon farming as the stake of Russia: expert report, Nats. research. un-t "Higher School of Economics", *Publishing House of the Higher School of Economics*, Moscow, P.120.
2. Carbon polygons. available at: URL: <https://minobrnauki.gov.ru/action/poligony> (Accessed 1 February 2022).
3. Semenov, V.M. (2017), Reserves of active organic matter and the emission potential of soils of zonal biomes in the territory of the European part of Russia. Abstracts of the All-Russian scientific conference "Monitoring of the state and pollution of the environment. Main results and development paths". March 20-22 Moscow, pp. 137-138.
4. Savostyanova, A.S. and Semikolennykh, A.A. (2012), "Comparison of methods for determining microbial biomass for assessing biological properties of soil", *Izvestiya Samara NC RAS*, Vol. 14. no. 1(8). pp. 2064-2067.
5. Anderson, T.H. and Joergensen, R.G. (1997), "Relationship between SIR and FE estimates of microbial biomass C in deciduous forest soils at different pH", *Soil Biol. Biochem.* V. 29. pp. 1033-1042.
6. Beck, T., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Makeschin, F., Nuss, E., Oberholzer, H.R. and Scheu, S. (1997), "An inter-laboratory comparison of ten different ways of measuring soil microbial biomass C", *Soil Biol. Biochem.* Vol. 29. pp. 1023-1032.
7. Zavarzin, G.A. and Kudeyarov V.N. (2006), "Soil as the main source of carbon dioxide and a reservoir of organic carbon on the territory of Russia", *Bulletin of the Russian Academy of Sciences.* Vol. 76. no. 1. pp. 14-29.
8. Ananyeva, N.D., Susyan, E.A. and Gavrilenko, E.G. (2016), "Features of carbon determination of microbial biomass of soil by the substrate-induced respiration", *Soil Science* 2011, no. 11, pp. 1327-1333.
9. Makarov, M.I., Malyshev, T.I., Maslov, M.N., Kuznetsova, E.Yu. and Menyailo, O.V. (2016), "Carbon and nitrogen of microbial biomass in soils of the southern taiga when determined by different methods", *Soil Science*, Vol. 49. no. 6. pp. 685-695.
10. LI-COR Biosciences, Application Note 124 (1998), Considerations for measuring ground CO<sub>2</sub> fluxes with chambers. *LI-COR Biosciences*, Lincoln, NE, USA 68504.
11. Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S. (1987), "An extraction method for measuring soil microbial biomass C", *Soil Biol. Biochem.* Vol. 19. pp. 703-707.
12. Wu, J., Joergensen, R.G., Pommerening, B., Chaussod, R. and Brookes, P.C. (1990), "Measurement of soil microbial biomass C by fumigation extraction, an automated procedure", *Soil Biol. Biochem.* Vol. 22. pp. 1167-1169.

### 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», spm код: 4293-7475.

**Занилов Амиран Хабидович** – кандидат сельскохозяйственных наук, директор центра декарбонизации АПК и региональной экономики КБГУ им. Х.М. Бербекова, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», spm код: 2031-5449, Scopus author ID: 57211232072, Researcher ID: AHB-3411-2022.

**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.

**Amiran X. Zanirov** – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Center for Decarbonization of Agriculture and Regional Economy of the KBSU named after H.M. Berbekov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov", spin code: 2031-5449, Scopus author ID: 57211232072, Researcher ID: AHB-3411-2022.

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. 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 07.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 15.06.2022 г.; принята к публикации 20.06.2022 г.*

*The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 15.06.2022; accepted after publication 20.06.2022.*

Научная статья

УДК 636.082.252

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-91-99

**ВЛИЯНИЕ ИНБРИДИНГА НА ПОКАЗАТЕЛИ ОНТОГЕНЕЗА, ПРОДУКТИВНОСТИ  
И ДОЛГОЛЕТИЯ МОЛОЧНЫХ КОРОВ**

**Вадим Сергеевич Грачев<sup>1</sup>, Светлана Александровна Брагинец<sup>2</sup>,  
Анна Юрьевна Алексеева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; grachev\_vadim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8377-4201>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; genetikaspbgau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1544-0853>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; genetikaspbgau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3683-4325>

**Реферат.** В статье рассматривается влияние инбридинга на ряд хозяйственно-полезных признаков у молочного скота. Инбридинг является неотъемлемой частью современного разведения животных. В настоящее время селекция ведется на лидеров породы, что приводит к увеличению инбридинга. Исследования, проведенные в племенном заводе «Детскосельский», позволили выявить популяцию коров, полученную с применением инбридинга. Была определена степень инбридинга по формуле Райта-Кисловского у каждого животного. Все животные были разделены на группы в зависимости от величины коэффициента инбридинга. Данная популяция сравнивалась по основным показателям с аутбредными коровами.

Исследованиями установлено, что при сравнении инбредных и аутбредных животных в целом, не наблюдалось существенной разницы между этими двумя группами. Когда же распределили инбредных животных по группам в зависимости от степени инбридинга, то было установлено, что с усилением степени инбридинга у подопытного поголовья снижается живая масса по максимальной лактации, несколько увеличивается возраст первого осеменения, уменьшается средний возраст в лактациях. Животные с умеренным инбридингом имели максимальный надой за наивысшую лактацию, а с отдаленным – максимальную продолжительность хозяйственного использования.

Тщательный анализ молочной продуктивности, а также показателей роста, развития, скороспелости и долголетия молочных коров показал, что умеренная и отдаленная степени инбридинга не оказывают большого негативного влияния на показатели продуктивности животных. Можно рекомендовать использовать эти степени инбридинга в племенной работе для закрепления полезных свойств у животных.

**Ключевые слова:** инбридинг, разведение сельскохозяйственных животных, молочная продуктивность, онтогенез животных, рост и развитие животных, долголетие молочного скота

**Цитирование.** Грачев В.С., Брагинец С.А., Алексеева А.Ю. Влияние инбридинга на показатели онтогенеза, продуктивности и долголетия молочных коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – №2 (67). – С. 91-99. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-91-99.

## INFLUENCE OF INBREEDING ON INDICATORS OF ONTOGENESIS, PRODUCTIVITY AND LONGEVITY OF DAIRY COWS

Vadim S. Grachev<sup>1</sup> Svetlana A. Braginetz<sup>2</sup>, Anna Yu. Alekseeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; grachev\_vadim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8377-4201>

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; genetikaspbgau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1544-0853>

<sup>3</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; genetikaspbgau@mail.ru; [http:// orcid.org/0000-0003-3683-4325](http://orcid.org/0000-0003-3683-4325)

**Abstract.** The article examines the influence of inbreeding on a number of economically useful traits in dairy cattle. Inbreeding is an integral part of modern animal breeding. Currently, breeding is conducted on the leaders of the breed, which leads to an increase in inbreeding. The research conducted by us in the breeding plant "Detskoselsky" allowed us to identify the population of cows obtained using inbreeding. We determined the degree of inbreeding according to the Wright-Kislovsky formula for each animal. All animals were divided into groups depending on the value of the inbreeding coefficient. This population was compared according to the main indicators with outbred cows.

Studies have found that when comparing inbred and outbred animals in general, there was not a significant difference between these two groups observed. When we distributed inbred animals into groups depending on the inbreeding degree, it was found that with an increase in the inbreeding degree, the live weight of the experimental livestock decreases on the parameter of the maximum lactation, the age of the first insemination increases slightly, the average age in lactation decreases. Animals with mild inbreeding had the maximum milking capacity for the highest lactation, and with remote – the maximum duration of economic use.

A thorough analysis of dairy productivity, as well as indicators of growth, development, precocity and longevity of dairy cows has shown that moderate and long-term degrees of inbreeding do not have a big negative impact on the productivity of animals. It can be recommended to use these inbreeding degrees in breeding work to fix useful properties in animals.

**Keywords:** *inbreeding, breeding of farm animals, dairy productivity, animal ontogenesis, growth and development of animals, longevity of dairy cattle*

**Citation.** Grachev, V.S., Braginetz, S.A. and Alekseeva A.Yu. (2022), "The influence of inbreeding on indicators of ontogenesis, productivity and longevity of dairy cows", *Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 91-99, (In Russ.) doi 10.24412/2078-1318-2022-2-91-99.

**Введение.** Для повышения генетического потенциала молочного скота селекционеры используют различные методы. Это могут быть чистопородное разведение, скрещивание (в товарных хозяйствах), разведение по линиям и семействам, кросс линий. Одним из таких методов является также инбридинг, то есть спаривание животных, находящихся в родстве [1, 2, 3, 4]. В последние несколько десятилетий по теории и практике инбридинга, как в животноводстве, так и в других отраслях биологии, написано большое количество научных работ. Авторы этих трудов в основном сходятся во мнении, что пользоваться данным методом нужно осторожно, поскольку помимо положительного эффекта (закрепление ценных генов,

стойкая передача их потомству), наблюдаются и негативные черты [5, 6, 7]. Часто у животных могут присутствовать различные вредные мутации, которые в основном находятся в рецессивном состоянии – это так называемый «генетический груз». При спаривании родственных животных существенно повышается риск перехода этих рецессивных мутаций в гомозиготное состояние, что приводит к различным негативным последствиям [8, 9, 10, 11]. Однако в племенных хозяйствах с целью закрепления нужных генов периодически применяют инбридинг небольших степеней. Большой интерес представляет собой анализ различных хозяйственно-полезных признаков у таких животных [12, 13, 14, 15].

**Цель исследования** – проанализировать влияние инбридинга различных степеней на проявление особенностей онтогенеза, продуктивности и долголетия у молочного скота.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом исследований послужило стадо высокопродуктивного голштинизированного молочного скота «СПК «Племзавод «Детскосельский». Использовалась первичная зоотехническая документация по племенному учету: ведомости взвешивания животных, акты контрольных доек, племенные карточки животных. Для определения степени влияния инбридинга на хозяйственно-полезные признаки животных были выделены несколько групп подопытного поголовья: аутбредные животные (n=743), инбредные (n=1186). Кроме того, инбредные животные были разделены на группы в зависимости от степени инбридинга: отдаленный (n=804), умеренный (n=370), близкий (n=12). Оценивалась группа показателей, характеризующих онтогенез животных (живая масса при первом осеменении и по максимальной лактации, возраст первого осеменения и первого отела, средний возраст в отелах), а также продуктивность и долголетие (надой, МДЖ, МДБ по максимальной лактации, сервис-период, продолжительность хозяйственного использования в мес.).

Весь полученный материал был обработан биометрически на ПК с использованием Пакета анализа в программе Excel [16]. Рассчитывались такие селекционно-генетические параметры, как средняя арифметическая, ошибка средней арифметической, средняя взвешенная, стандартное отклонение, коэффициент изменчивости, лимиты. Для установления взаимосвязи степени инбридинга и хозяйственно-полезных признаков нами были рассчитаны коэффициенты корреляции. Данные по продуктивности и долголетию животных, полученные в результате близкого инбридинга, к сожалению, отсутствовали, поэтому при оценке этих признаков ограничились лишь группами с умеренным и отдаленным инбридингом.

**Результаты исследований.** В первой части наших исследований была рассмотрена живая масса и скороспелость животных двух подопытных генотипов. Данные представлены в таблицах 1, 2 и 3.

Таблица 1. Живая масса и скороспелость аутбредных животных (n=743)  
 Table 1. Live weight and precocity of outbred animals (n=743)

Признак	Селекционно-генетические параметры			
	$X \pm m$	$\sigma$	$C_v, \%$	Lim
Живая масса, кг	641±2,9	77,9	12,2	360-839
Живая масса при первом осеменении, кг	411±0,5	14,8	3,6	376-476
Возраст первого осеменения, мес.	15,0±0,1	1,04	6,9	13-21
Возраст первого отела, мес.	24,5±0,1	1,35	5,5	22-33
Средний возраст в отелах	3,02±0,1	1,75	57,9	1-9

Таблица 2. Живая масса и скороспелость инбредных животных (n=1186)  
Table 2. Live weight and precocity of inbred animals (n=1186)

Признак	Селекционно-генетические параметры			
	$X \pm m$	$\sigma$	$C_v, \%$	Lim
Живая масса, кг	646,7 $\pm$ 2,3	80,0	12,4	360-833
Живая масса при первом осеменении, кг	410,3 $\pm$ 0,4	15,3	3,7	380-485
Возраст первого осеменения, мес.	14,9 $\pm$ 0,1	0,94	6,3	11-19
Возраст первого отела, мес.	24,4 $\pm$ 0,1	1,41	5,8	21-38
Средний возраст в отелах	3,26 $\pm$ 0,1	1,96	60,1	1-11

Таблица 3. Зависимость живой массы и скороспелости от степени инбридинга  
Table 3. Dependence of live weight and precocity on the degree of inbreeding

Признак	Генотип				
	аутбредные	инбредные в целом	инбредные по степеням		
			отдаленный	умеренный	близкий
Живая масса, кг	641,0	646,7	649,0	642,0	621,0
Живая масса при первом осеменении, кг	411,0	410,0	411,0	410,0	406,0
Возраст первого осеменения, мес.	15,0	14,9	14,9	14,9	15,3
Возраст первого отела, мес.	24,5	24,4	24,5	24,3	24,3
Средний возраст в отелах	3,02	3,26	3,42	2,93	2,25

Анализ данных таблиц 1-3 говорит о том, что в целом между популяциями аутбредных и инбредных животных больших различий не установлено. Разность в живой массе по рекордной лактации была около 6 кг в пользу группы инбредных коров. Средний возраст представительниц этой группы был на 0,24 отела больше, чем у аутбредных. Селекционно-генетические параметры, характеризующие изменчивость хозяйственно-полезных признаков в обеих группах, были также практически идентичные.

Если же проанализировать вышеуказанные признаки, распределив инбредных коров по степеням инбридинга, то видно, что картина меняется. Так, если живая масса при осеменении колебалась в этих группах несущественно, то по рекордной лактации видно расхождение между группами отдаленного и близкого инбридинга в 21 кг в пользу первой группы. Соответственно, животные, полученные с применением близкого инбридинга, впервые осеменялись на 0,4 мес. позже, по сравнению с представительницами первой группы. Максимальный показатель среднего возраста в отелах наблюдался в группе отдаленного инбридинга (3,42), что на 1,17 отела больше, чем у животных с близким инбридингом.

В таблице 4 рассмотрена взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков с коэффициентами инбридинга у инбредных животных.

Таблица 4. Связь коэффициента инбридинга с показателями живой массы и скороспелости  
 Table 4. Relationship of inbreeding coefficient with indicators of live weight and precocity

Признак	Коэффициент корреляции			
	все инбредные	по степеням инбридинга		
		отдаленный	умеренный	близкий
Живая масса, кг	-0,07	-0,01	-0,10	-0,27
Живая масса при первом осеменении, кг	-0,07	-0,04	-0,09	-0,28
Возраст первого осеменения, мес.	0,02	-0,07	-0,01	0,57
Возраст первого отела, мес.	-0,07	-0,12	-0,02	0,54
Средний возраст в отелах	-0,16	-0,08	-0,21	0,09

Анализ данных таблицы 4 подтверждает вышеизложенные выводы. Инбридинг практически никак не связан с хозяйственно-полезными признаками как в целом по группе инбредных животных, так и в группах отдаленного и умеренного инбридинга. Однако видны довольно сильные коэффициенты корреляции по группе животных, полученных с применением близкого инбридинга. В этой группе можно установить следующие закономерности: чем сильнее был инбридинг, тем меньше была живая масса при первом осеменении и по максимальной лактации. Возраст же первого осеменения и первого отела существенно снижался при усилении инбридинга.

Во второй части исследования была оценена продуктивность и долголетие животных указанных групп. Данные представлены в таблицах 5-7.

Таблица 5. Продуктивность и долголетие аутбредных животных (n=743)  
 Table 5. Productivity and longevity of outbred animals (n=743)

Признак	Селекционно-генетические параметры			
	X± m	σ	Cv, %	Lim
Надой, кг	10332±130	1403	13,6	6627-13361
МДЖ, %	4,20±0,04	0,44	10,5	3,33-6,10
МДБ, %	3,09±0,02	0,12	3,9	2,68-3,50
Сервис-период, сут.	139±7	80	57,6	39-516
Продолжительность хозяйственного использования, мес.	54,8±1,9	20,1	36,7	24-110

Таблица 6. Продуктивность и долголетие инбредных животных (n=1186)  
 Table 6. Productivity and longevity of inbred animals (n=1186)

Признак	Селекционно-генетические параметры			
	X± m	σ	Cv, %	Lim
Надой, кг	10279±100	1427	13,9	6132...13526
МДЖ, %	4,15±0,03	0,41	9,9	3,05...5,41
МДБ, %	3,09±0,01	0,18	5,8	2,66...3,57
Сервис-период, сут.	135±5	73	54,1	45...465
Продолжительность хозяйственного использования, мес.	56,5±1,5	20,9	37,0	23...122



Таблица 7. Зависимость продуктивности и долголетия от степени инбридинга  
Table 7. Dependence of productivity and longevity on the degree of inbreeding

Признак	Генотип			
	аутбредные	инбредные в целом	инбредные по степеням	
			отдаленный	умеренный
Надой, кг	10332	10279	10209	10483
МДЖ, %	4,20	4,15	4,14	4,16
МДБ, %	3,09	3,09	3,09	3,07
Сервис-период, сут.	139	135	132	143
Продолжительность хозяйственного использования, мес.	54,8	56,5	56,8	55,5

Анализ данных таблиц 5-7 показал, что наибольшую молочную продуктивность по максимальной лактации в целом проявили аутбредные животные (10332 кг), что на 53 кг больше, чем у инбредных. Довольно неожиданным оказалось то, что при распределении по степеням инбридинга максимальными надоями обладали представительницы умеренной его величины (10483 кг), это на 274 кг больше, чем у группы с отдаленным инбридингом; на 204 кг больше, чем в целом по инбредным животным, и на 151 кг больше, чем у аутбредных. Максимальная продолжительность хозяйственного использования установлена по группе с отдаленным инбридингом (56,8 мес.), минимальная – у аутбредных (54,8 мес.).

В таблице 8 приведены данные о взаимосвязи коэффициента инбридинга с показателями продуктивности и долголетия у инбредных животных.

Таблица 8. Связь коэффициента инбридинга с показателями продуктивности и долголетия  
Table 8. Relationship of inbreeding coefficient with productivity and longevity indicators

Признак	Коэффициент корреляции		
	все инбредные	по степеням инбридинга	
		отдаленный	умеренный
Надой, кг	0,14	0,18	0,05
МДЖ, %	-0,02	-0,06	-0,09
МДБ, %	-0,10	-0,22	0,11
Сервис-период, сут.	0,15	0,16	0,23
Продолжительность хозяйственного использования, мес.	0,01	0,08	0,04

Как показывает анализ данных таблицы 8, степень инбридинга имеет небольшую положительную связь с максимальным надоем коров, особенно в группе отдаленного инбридинга. Также положительная связь обнаружена с величиной сервис-периода. Остальные связи были несущественными.

**Выводы.** Таким образом, проведенные нами исследования говорят о том, что в целом аутбредные и инбредные животные не имели существенных различий между собой по показателям онтогенеза, продуктивности и долголетия. Однако если распределить инбредных животных по степеням инбридинга, то мы видим, что в основном с его усилением наблюдается ухудшение хозяйственно-полезных признаков. Можно признать допустимость отдаленного и умеренного инбридинга в племенных хозяйствах, близкие же его степени вряд ли стоит использовать, поскольку они могут негативно повлиять на животных.

#### Список источников литературы

1. Климова С.П., Шендаков А.И., Шендакова Т.А. Влияние степеней инбридинга на молочную продуктивность черно-пестрого голштинизированного скота // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4 (37). – С. 86-89.

2. Смарагдов М.Г., Кудинов А.А. Полногеномная оценка инбридинга у молочного скота // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 6. – С. 51-53.
3. Галанина О.В. Моделирование восстановления численности популяций на основе изучения их возрастного состава // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 40. – С. 197-202.
4. Галанина О.В. Интеллектуальные цифровые технологии в планировании восстановления численности поголовья КРС // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 58. – С. 105-108.
5. Герасимова А.С., Прищеп Е.А., Леутина Д.В., Татуева О.В. Влияние типов подбора и степени инбридинга на продуктивные качества в селекции молочного скота племзавода «Рыбковское» // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 2 (83). – С. 45-50.
6. Иванова И.П., Юрк Н.А., Григорьев М.Е., Гаврилова Ю.С. Влияние инбридинга на продуктивные качества молочного скота // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 58-2. – С. 77-82.
7. Иванова И.П., Юрк Н.А. Влияние степеней инбридинга на хозяйственно-полезные качества молочного скота // Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – № 2 (42). – С. 62-71.
8. Грачев В.С., Живоглазова Е.В. Эффективность использования инбридинга при различных методах разведения айрширского скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 38. – С. 39-45.
9. Шендаков А.И., Шендакова Т.А., Федулова Д.Г., Аширматова В.Н. Особенности и проблемы использования инбридинга в орловской популяции молочного скота // Биология в сельском хозяйстве. – 2017. – № 2 (15). – С. 10-13.
10. Букаров Н.Г., Новиков А.А., Хрунова А.И., Семак М.С. Пути ограничения инбридинга при разведении молочного скота // Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ: материалы международной научно-практической конференции, Лесниково, 06 февраля 2018 г. / Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. – Лесниково: КГСХА им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 724-727.
11. Кузнецов В.М., Вахонина Н.В. Об ограничении инбридинга в малочисленных популяциях молочного скота // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – Т. 45, № 4. – С. 55-58.
12. Юдин В.М., Любимов А.И. Опыт использования инбридинга в селекции молочного скота // Зоотехния. – 2015. – № 8. – С. 6-7.
13. Горелик О.В., Лиходеевская О.Е., Маслюк А.Н. Влияние степени инбридинга на интенсивность роста ремонтных телок // Теория и практика мировой науки. – 2021. – №9. – С. 27-33.
14. Павлова Я.С., Горелик О.В., Неверова О.П. Эффективность выращивания ремонтных телок разной степени инбридинга // Актуальные вопросы развития аграрной науки: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 15-летию со дня образования Института биотехнологии и ветеринарной медицины, Тюмень, 12 октября 2021 г. / ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2021. – С. - 600-605.
15. Горелик О.В., Лиходеевская О.Е., Маслюк А.Н. Эффективность выращивания ремонтных телок разной степени инбредности // Теория и практика мировой науки. – 2021. – № 10. – С. 42-46.
16. Грачев В.С. Биометрическая обработка данных зоотехнического учета средствами EXCEL с использованием пакета анализа. – СПб., 2012. – 48 с.

#### References

1. Klimova, S.P., Shendakov, A.I. and Shendakova, T.A. (2012), "Influence of degrees of inbreeding on milk productivity of black-and-white holstein cattle", *Bulletin of the Orel State Agrarian University*, no. 4 (37), pp. 86-89.
2. Smaragdov, M.G. and Kudinov, A.A. (2019), "Genome-wide assessment of inbreeding in dairy cattle", *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, Vol. 33, no. 6, pp. 51-53.
3. Galanina, O.V. (2015), "Modeling of population population recovery based on the study of their age composition", *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, no. 40, pp. 197-202.

4. Galanina, O.V. (2022), "Intelligent digital technologies in planning the restoration of the number of cattle", *Izvestiya Iarna akademii agrarionnogo obrazovaniya*, no. 58, pp. 105-108.
5. Gerasimova, A.S., Prishchep, E.A., Leutina, D.V. and Tatueva, O.V. (2020), "Influence of selection types and degree of inbreeding on productive qualities in breeding dairy cattle of the Rybkovskoe stud farm", *Bulletin of Agrarian Science*, no. 2 (83), pp. 45-50.
6. Ivanova, I.P., Yurk, N.A., Grigoriev, M.E. and Gavrilova, Yu.S. (2021), "The influence of inbreeding on the productive qualities of dairy cattle", *News of the Gorsky State Agrarian University*, Vol. 58-2, pp. 77-82.
7. Ivanova, I.P. and Yurk, N.A. (2021), "The influence of degrees of inbreeding on the economically useful qualities of dairy cattle", *Dairy bulletin*, no. 2 (42), pp. 62-71.
8. Grachev, V.S. and Zhivoglazova, E.V. (2015), "The effectiveness of inbreeding in various methods of breeding Ayrshire cattle", *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, no. 38, pp. 39-45.
9. Shendakov, A.I., Shendakova, T.A., Fedulova, D.G. and Ashirmatova, V.N. (2017), "Features and problems of using inbreeding in the Orel population of dairy cattle", *Biology in agriculture*, no. 2 (15), pp. 10-13.
10. Bukarov, N.G., Novikov, A.A., Khrunova, A.I. and Semak, M.S. (2018), "Ways to limit inbreeding in dairy cattle breeding", *Scientific support of innovative development of the agro-industrial complex of the regions of the Russian Federation*, Lesnikovo, Russia, 06 February 2018, pp. 724-727.
11. Kuznetsov, V.M. and Vakhonina, N.V. (2010), "On the restriction of inbreeding in small populations of dairy cattle", *Agricultural biology*, Vol. 45, no. 4, pp. 55-58.
12. Yudin, V.M. and Lyubimov, A.I. (2015), "The experience of using inbreeding in the breeding of dairy cattle", *Zootechniya*, no. 8, pp. 6-7.
13. Gorelik, O.V., Likhodeevskaya, O.E. and Maslyuk, A.N. (2021), "The influence of the degree of inbreeding on the growth rate of repair heifers", *Theory and practice of world science*, no. 9, pp. 27-33.
14. Pavlova, Ya.S., Gorelik, O.V. and Neverova, O.P. (2021), "Efficiency of growing repair heifers of different degrees of inbreeding", *Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 15th anniversary of the establishment of the Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine "Topical issues of agricultural science development"*, Tumen, Russia, 12 October 2021, pp. 600-605.
15. Gorelik, O.V., Likhodeevskaya, O.E. and Maslyuk, A.N. (2021), "The effectiveness of growing repair heifers of varying degrees of inbred", *Theory and practice of world science*, no. 10, pp. 42-46.
16. Grachev, V.S. (2012), "Biometric processing of zootechnical accounting data by means of EXCEL using an analysis package", St. Petersburg, P. 48.

#### Сведения об авторах

**Грачев Вадим Сергеевич** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2156-2192.

**Брагинец Светлана Александровна** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой генетики, разведения и биотехнологии животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6148-3951.

**Алексеева Анна Юрьевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5466-8725.

#### Information about the authors

**Vadim S. Grachev** – Candidate of Biological Sciences, docent, Associate Professor of the Department of Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals, Federal state Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2156-2192.

**Svetlana A. Braginets** - Candidate of Biological Sciences, docent, Head of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6148-3951.

**Anna Yu. Alekseeva** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5466-8725.

**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 01.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 24.05.2022 г.; принята к публикации 01.06.2022 г.*

*The article was submitted 01.04.2022; approved after reviewing 24.05.2022; accepted after publication 01.06.2022.*

Научная статья

УДК 636.4.087.8:615

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-99-110

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ СОДЕРЖАНИЯ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ БЫЧКОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЫРАЩИВАНИИ И ОТКОРМЕ

Иван Петрович Прохоров<sup>1</sup>, Юлия Васильевна Шошина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МСХА имени К.А. Тимирязева. г. Москва, Тимирязевская ул., д.49, 127550, Россия; e-mail: iprohorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-39-47-468X>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; e-mail: yd1983@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9801-8879>

**Реферат.** В статье рассматриваются особенности морфологического состава крови бычков в зависимости от различных систем содержания при интенсивном выращивании и откорме. Целью исследований являлась оценка влияния различных систем содержания бычков симментальской породы на морфологический состав их крови при интенсивном выращивании и откорме. Исследование проводилось по традиционной методике групп-аналогов. Объектом послужили бычки симментальской породы. Была выделена контрольная группа бычков с привязным содержанием и две опытных со стойлово-пастбищной системой. Число животных в каждой группе – 17 голов. Разница между двумя опытными группами заключалась в технологии содержания после отъема от матерей: в одной группе оно было привязным, в другой – беспривязным. В остальном условия опыта были одинаковыми. Временные рамки проведения опыта – от рождения до 18 мес. У подопытного поголовья определяли среднесуточные приросты, а также с определенной периодичностью брали пробы крови. В крови определяли количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, эозинофилов.

В результате опыта у бычков всех групп к концу периода новорожденности установлено увеличение количества эритроцитов. Изменение содержания гемоглобина были сходны с таковыми эритроцитов. Бычки контрольной группы в первые 6 месяцев жизни по количеству лейкоцитов в крови превосходили, хотя и незначительно, сверстников опытных групп. Снижение уровня эозинофилов в крови бычков 3-й группы косвенно свидетельствует о развитии у них стресс-реакции. Аналогичное явление установлено при отсутствии тактильного контакта бычков контрольной группы с матерями в период новорожденности.

Интенсивное выращивание бычков 2-й и 3-й групп по технологии мясного скотоводства обеспечило высокую интенсивность их роста, и они в возрасте 6 месяцев достигли массы, соответственно,  $254,6 \pm 2,8$  и  $253,4 \pm 2,7$ , что на 27,4 и 26,8 % ( $P < 0,001$ ) больше, чем в контроле. Однако интенсивность роста бычков опытных групп после отъема их от матерей в возрасте 7 месяцев существенно снизилась, вследствие чего разница по живой массе между годовалыми бычками 2-й и 1-й групп составила 5,1 кг, или 1,2 % в пользу первых. Поскольку на снижение интенсивности роста бычков 3-й группы оказало сочетанное влияние отъемного стресса и выращивания их в условиях беспривязного содержания, они в возрасте 12 месяцев уступали по величине живой массы сверстникам контрольной группы на 16,8 кг, или 2,8 %. Живая масса 15-месячных бычков групп в порядке возрастания их номеров составила:  $508,8 \pm 6,7$ ;  $503,6 \pm 6,3$ ;  $482,1 \pm 6,5$  кг, а в конце опытного периода: –  $588,7 \pm 8,1$ ;  $578,9 \pm 6,8$ ;  $553,6 \pm 7,5$  кг.

**Ключевые слова:** бычки, системы содержания, стресс, кровь, эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, эозинофилы

**Цитирование.** Прохоров И.П., Шошина Ю.В. Влияние различных систем содержания на морфологический состав крови бычков при интенсивном выращивании и откорме // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 99-110 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-99-110.

## THE INFLUENCE OF VARIOUS KEEPING SYSTEMS ON THE MORPHOLOGICAL BLOOD COMPOSITION OF BULLS DURING THEIR INTENSIVE RAISING AND FATTENING

Ivan P. Prokhorov<sup>1</sup>, Yulia V. Shoshina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MSHA named after K.A. Timiryazev. 127550 Moscow, Timiryazevskaya str., 49, 127550, Russia; e-mail: iprohorov@rgau-msha.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-39-47-468X](https://orcid.org/0000-0002-39-47-468X)

<sup>2</sup>Sankt-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; e-mail: yd1983@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9801-8879>

**Abstract.** The article discusses the features of the morphological blood composition of bulls depending on different systems of maintenance during intensive raising and fattening. The aim of the research was to assess the influence of various systems of keeping Simmental bulls on the morphological composition of their blood during intensive rearing and fattening. The study was conducted according to the traditional method of analog groups. The object was the bulls of the Simmental breed. A control group of bulls with tethered keeping and two experimental ones with a stable-pasture system were allocated. The number of animals in each group was 17 animals. The difference between the two experimental groups was in the technology of holding after weaning from mothers: in one group it was tied, in the other it was loose. In other respects, the conditions of the experiment were the same. The time frame of the experiment is from birth to 18 months. The average daily increments were determined from the experimental livestock, and blood samples were taken at certain intervals. The number of erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, and eosinophils was determined in the blood.

As a result of the experiment, an increase in the number of red blood cells was found in bulls of all groups by the end of the newborn period. The changes in hemoglobin content were similar to those of erythrocytes. The bulls of the control group in the first 6 months of life exceeded, although slightly, the peers of the experimental groups in terms of the number of leukocytes in the blood. A decrease in the eosinophils level in the blood of the third group's bulls indirectly indicates the development of a stress reaction in them. A similar phenomenon was found in the absence of tactile contact of the control group bulls with mothers during the newborn period.

Intensive rearing of bulls of the second and third groups using the technology of beef cattle breeding provided a high intensity of their growth, and at the age of 6 months they reached a weight of  $254.6 \pm 2.8$  and  $253.4 \pm 2.7$ , respectively, which is 27.4 and 26.8% ( $P < 0.001$ ) more than in the control group. However, the intensity of the growth of the bulls of the experimental groups after weaning them from their mothers at the age of 7 months significantly decreased, as a result of which the difference in live weight between the one-year-old bulls of groups 2 and 1 was 5.1 kg, or 1.2% in favor of the first. Since the decrease in the intensity of growth of group 3 bulls was influenced by the combined effect of weaning stress and growing them in conditions of loose confinement, at the age of 12 months they were inferior in terms of live weight to peers of the control group by 16.8 kg, or 2.8%. The living weight of 15-month-old bulls of the groups in ascending order of their ordinal numbers was  $508.8 \pm 6.7$ ;  $503.6 \pm 6.3$ ;  $482.1 \pm 6.5$  kg, and at the end of the trial period –  $588.7 \pm 8.1$ ;  $578.9 \pm 6.8$ ;  $553.6 \pm 7.5$  kg.

**Keywords:** *bulls, maintenance systems, stress, blood, erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, eosinophils*

**Citation.** Prokhorov, I.P., Shoshina, Yu.V. (2022), “The influence of various keeping systems on the morphological blood composition of bulls during their intensive raising and fattening”, *Izvestiya of Sfant-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 99-110, (In Russ.) doi: 1024412/2078-1318-2022-2-99-110.

**Введение.** Известно, что стабильность внутренней среды является необходимым условием нормальной жизнедеятельности живых открытых систем. До последнего времени основными системами, обеспечивающими гомеостаз и реализацию адаптивных процессов, считались нервная и эндокринная. При этом иммунную систему, которая также участвует в обеспечении адаптации и регулировании гомеостаза, относили к обособленной саморегулируемой системе. Функции указанных трех систем связаны с поддержанием стабильности внутренней среды и обеспечением адаптивных процессов организма, что позволило представить их как единую саморегулируемую нейроиммуноэндокринную систему [1, 2, 3, 6, 9, 11].

В то же время определяющим фактором в реализации адаптивных процессов организма животных при воздействии на него раздражителей чрезмерной силы (влияние агрессивных факторов окружающей среды на организм новорожденных телят, отлучение животных от матерей) является усиление активности оси гипоталамус – гипофиз – надпочечники (ГГН) и, как следствие этого, увеличение в крови гормонов адреналина, кортикотропина и глюкокортикоидов. Повышение в крови содержания этих гормонов способствует мобилизации энергетических и пластических резервов организма [4, 7, 8]. Следует отметить, что пластические субстраты мобилизуются из тканей, которые не несут определенной структурной функции и которые быстро обновляются. Таковыми являются лимфатические железы, селезенка, тимус, костный мозг.

Высокий уровень кортикотропина и кортизола, воздействуя на эти ткани и кроветворные органы, влияет на морфологический состав крови (Горизонтов П.Д., 1974).

**Целью исследований** было изучение влияния различных систем содержания бычков на морфологический состав крови симментальских бычков при интенсивном их выращивании и откорме.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Научно-хозяйственный опыт по изучению роста, развития и мясной продуктивности бычков симментальской породы был проведен в ГНУ Тульский НИИСХ Россельхозакадемии с марта 2017 г. по сентябрь 2018 г. Для проведения опытов были отобраны и сформированы 3 группы бычков по 17 голов в каждой. Формирование групп проводили методом пар-аналогов с учетом происхождения, возраста и массы при рождении. Опыты проводили от рождения до 18-месячного возраста.

Содержание бычков 1-й (контрольной) группы стойловое: до 7 месяцев – групповое, затем на привязи. Телят 2-й и 3-й опытных групп от рождения до отъема в возрасте 7 месяцев выращивали по технологии мясного скотоводства. Содержание их до второй половины мая было стойловое. В дальнейшем до октября месяца коровы с бычками находились на пастбище. После отъема молодняка от матерей методикой опыта был предусмотрен перевод бычков 2-й группы на привязное содержание, а сверстников 3-й группы – на беспривязное. Уровень кормления подопытного молодняка всех групп с 7-месячного возраста был интенсивным и рассчитан для получения среднесуточных приростов 1000-1100 г и достижения живой массы в возрасте 18 месяцев 550-600 кг. Учет потребленного корма проводили еженедельно путем взвешивания заданных кормов и их остатков. Для учета расхода молока в подсосный период у 6 бычков из 2-й и 3-й групп раз в месяц за два смежных дня определяли количество потребленного молока путем взвешивания их до и после кормления. У этих же животных учет потребления пастбищной травы проводили поукосным методом при стравливании травостоя с применением электроизгороди. Общая питательность потребленных кормов в 1-й группе составила 4608,7 ЭКЕ и 286,21 кг переваримого протеина, а во 2-й и 3-й группах, соответственно, 4664,0; 4674,5 ЭКЕ и 314,05; 314,51 кг переваримого протеина. На 1 ЭКЕ приходилось по группам: 62,1; 67,3 и 67,3 г переваримого протеина.

Прирост живой массы бычков в течение опытного периода контролировали путем ежемесячного их взвешивания.

Кровь у 5 животных из каждой группы брали после рождения до кормления, затем на 1, 3, 6 и 10 сутки после рождения. В последующем кровь брали в возрасте 1, 2, 4, 5, 8 и 18 месяцев. Кровь стабилизировали гепарином. Возрастные изменения морфологического состава крови изучали с учетом физиологического состояния организма животных: периоды новорожденности, становления и функционирования адаптивной способности по дефинитивному типу, становления и созревания репродуктивной функции, рубцового пищеварения и др.

Морфологический состав крови определяли на автоматическом анализаторе Sysmex XN-1000 (Япония). В крови определяли количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, эозинофилов.

**Результаты исследований.** Интенсивное выращивание бычков 2-й и 3-й групп по технологии мясного скотоводства обеспечило высокую интенсивность их роста, и они в возрасте 6 месяцев достигли массы, соответственно,  $254,6 \pm 2,8$  и  $253,4 \pm 2,7$ , что на 27,4 и 26,8 % ( $P < 0,001$ ) больше, чем в контроле. Однако интенсивность роста бычков опытных групп после отъема их от матерей в возрасте 7 месяцев существенно снизилась, вследствие чего разница по живой массе между годовалыми бычками 2-й и 1-й групп составила 5,1 кг, или 1,2 % в пользу первых. Поскольку на снижение интенсивности роста бычков 3-й группы оказало сочетанное влияние отъемного стресса и выращивания их в условиях беспривязного содержания, они в возрасте 12 месяцев уступали по величине живой массы сверстникам контрольной группы на 16,8 кг, или 2,8 %. Живая масса 15-месячных бычков группы в порядке возрастания их номеров составила:  $508,8 \pm 6,7$ ;  $503,6 \pm 6,3$ ;  $482,1 \pm 6,5$  кг, а в конце опытного периода:  $588,7 \pm 8,1$ ;  $578,9 \pm 6,8$ ;  $553,6 \pm 7,5$  кг.

Известно, что развитие как в пренатальный, так и в постнатальный периоды онтогенеза является единым непрерывным процессом. Вследствие этого рождение теленка или переход его из внутриутробной среды в агрессивную окружающую среду является лишь условной точкой отсчета времени. О радикальности воздействия факторов внешней среды на организм

новорожденных бычков свидетельствует тот факт, что в их крови существенно возрастает концентрация стресс-реализующих гормонов [4, 5].

Значительное усиление глюкокортикоидной активности коры надпочечников новорожденных бычков объясняется, прежде всего, попаданием их из стерильных и комфортных условий обитания в утробе матери в среду с перепадами температуры, многочисленными по количеству и составу микроорганизмами в кормах и воздухе, что является для телят сильнейшим стресс-фактором. Осуществление большинства адаптивных реакций при воздействии стресс-факторов начинается с возбуждения нервных центров и, как следствие этого, активации оси гипоталамус – гипофиз – надпочечники. Это сопровождается повышением в крови концентрации катехоламинов, АКТГ и глюкокортикоидов, что способствует мобилизации энергетических и структурных резервов организма. Поскольку в ответ на воздействие окружающей среды возрастают функции ответственных за адаптацию систем, то именно в них и формируется структурный системный «след» за счет активации определенных генов и синтеза нуклеиновых кислот и белков (Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г., 1988). Этим обеспечивается увеличение физиологических возможностей всех систем, в том числе кроветворной.

В первый день после рождения содержание эритроцитов в крови телят сравниваемых групп находилось в пределах  $7,59 - 7,63 \times 10^{12}/л$  (таблица 1).

Таблица 1. Морфологический состав крови телят в период новорожденности  
Table 1. Morphological composition of calves' blood during the newborn period

Группа	Возраст, суток.				
	При рожд.	1	3	6	10
<i>Эритроциты, <math>\times 10^{12}/л</math></i>					
1	7,63±0,34	7,34±0,41	7,26±0,29	7,51±0,23	7,89±0,32
2	7,59±0,28	7,43±0,32	7,48±0,35	7,82±0,34	8,04±0,36
3	7,62±0,27	7,49±0,37	7,54±0,28	8,04±0,41	8,12±0,37
<i>Гемоглобин, г/л</i>					
1	109,7±0,48	104,2±0,51	98,9±0,38	105,6±0,51	110,4±0,50
2	106,5±0,51	103,9±0,47	102,7±0,44	108,6±0,52	112,2±0,53
3	107,3±0,42	105,1±0,43	103,4±0,47	106,9±0,49	111, ±0,52
<i>Лейкоциты, <math>\times 10^9/л</math></i>					
1	6,72±0,35	7,96±0,27	8,75±0,34	8,56±0,41	8,07±0,35
2	6,81±0,34	7,36±0,24	7,93±0,31	7,42±0,37	7,14±0,38
3	6,68±0,32	7,41±0,29	7,86±0,35	7,54±0,36	7,07±0,34
<i>Эозинофилы, тыс. в 1 мкл</i>					
1	0,547±0,043	0,264±0,029	0,075±0,024	0,227±0,034	0,343±0,042
2	0,526±0,039	0,474±0,043	0,487±0,037	0,523±0,041	0,562±0,039
3	0,581±0,034	0,523±0,039	0,474±0,034	0,532±0,039	0,547±0,046

В последующие три дня у бычков контрольной группы отмечено снижение величины этого показателя. Так, количество эритроцитов в крови животных указанной группы на 1 и 6 сутки после рождения снизилось по сравнению с исходным уровнем, соответственно, на 3,80; 4,84; и 1,57 %. Реакция бычков опытных групп на воздействие факторов внешней среды была менее значима. Количество эритроцитов в крови бычков 2-й и 3-й групп на первые сутки после рождения снизилось, соответственно, на 2,11 и 1,7 %, а на третьи сутки – на 1,45 и 1,05 %. Однако к концу периода новорожденности количество эритроцитов в крови бычков групп в порядке возрастания их номеров возросло на 3,41; 5,92 6,56 %.

Не отрицая мнение ряда исследователей (Горизонтов П.Д., 1974), что снижение количества эритроцитов связано с их разрушением при развитии стресс-реакции, а, следовательно, с повышением в крови животных катехоламинов, АКТГ и глюкокортикоидов, следует отметить, что значительная часть эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов и



эозинофилов в крови у новорожденных телят имеет фетальное происхождение. Поскольку указанные компоненты крови имеют определенную продолжительность жизни, то можно предположить, что по мере окончания срока их функционирования в период новорожденности они разрушаются, а кроветворные органы телят еще не способны обеспечить соответствующим количеством новых эритроцитов. Именно в этот период происходит перестройка кроветворных органов, систем кровообращения, дыхания, сердечно-сосудистой и др.

У бычков всех групп к концу периода новорожденности установлено увеличение количества эритроцитов, что косвенно свидетельствует о том, что кроветворные органы при необходимости могут выбрасывать в кровяное русло достаточное количество эритроцитов. Межгрупповые различия по количеству эритроцитов в крови бычков в период новорожденности были незначительны.

Возрастная динамика содержания гемоглобина в крови новорожденных бычков соответствовала изменению количества эритроцитов.

О процессе лейкопоза кроветворных органов в первые 10 дней жизни бычков судили по количеству лейкоцитарных клеток в их крови. Содержание лейкоцитов в периферической крови бычков подопытных групп при рождении в среднем составило  $6,68 - 6,72 \times 10^9/\text{л}$ . Увеличение количества лейкоцитов в последующие дни, которые приходятся на критическую фазу жизни бычков, представляется возможным расценивать как повышение уровня защитных функций их организма. Наибольшее содержание лейкоцитов установлено в крови бычков контрольной группы. Так, уровень лейкоцитарных клеток в крови контрольных животных на 1 и 6 сутки после рождения возросло по сравнению с исходным уровнем, соответственно, на 18,45; 30,21 и 27,38 %.

Кроветворные органы бычков опытных групп в меньшей степени реагировали на воздействия изменившихся после рождения условий внешней среды. Об этом свидетельствует тот факт, что у бычков 2-й и 3-й групп на 1, 3 и 6 сутки после рождения содержание лейкоцитов в крови возросло, соответственно, на 7,54 – 6,91; 9,37 – 10,17 и 13,32 – 11,92 %.

Различия в содержании лейкоцитов в крови между бычками 1-й и 2-й групп на 1, 3 и 6 сутки после рождения составили, соответственно, 7,54; 9,37 и 13,32 %, а между 1-й и сверстниками 3-й группы – 6,91; 10,17 и 11,92 %. Разница в содержании лейкоцитов в крови животных сравниваемых групп в указанные дни была незначительна.

Выше отмечалось, что при воздействии раздражителей чрезмерной силы осуществление большинства адаптивных реакций животных начинается с активации оси гипоталамус – гипофиз – надпочечники (ГГН), вследствие чего в крови возрастут концентрации катехоламинов, АКТГ и глюкокортикоидов. Как правило, при этом снижается содержание эозинофилов, что косвенно свидетельствует о развитии стресс-реакции. Уменьшение количества эозинофилов при воздействии стресс-реализующих гормонов более чем на 50 % считается положительной пробой Торна, свидетельствующей о нормальной реактивности коры надпочечников. Поэтому на практике для определения силы ответной реакции коры надпочечников при воздействии различных стресс-факторов используется содержание эозинофилов.

Количество эозинофилов в крови новорожденных бычков сравниваемых групп находилось в пределах 0,521 – 0,581 тыс. в/мкл (рис. 1). Межгрупповые различия по величине этого показателя были незначительны.

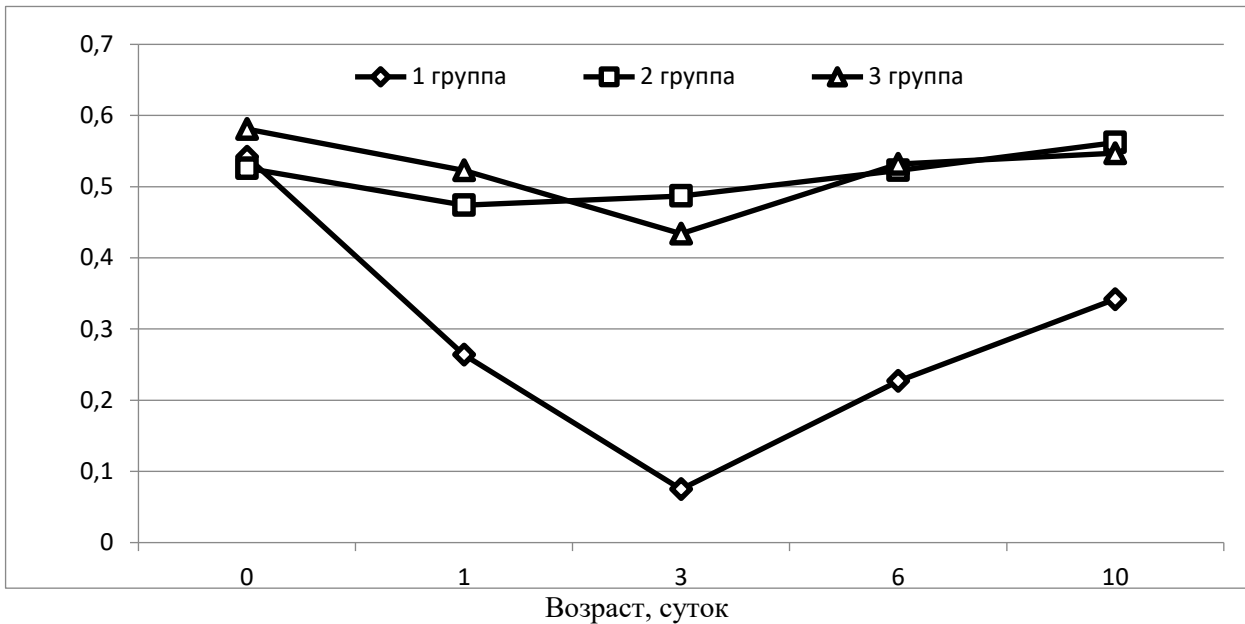


Рисунок 1. Динамика содержания эозинофилов в крови бычков в период новорожденности

Figure 1. Dynamics of the content of eosinophils in the blood of bulls during the newborn period

Однако через 24 часа после рождения содержание эозинофилов в крови контрольных животных снизилось по сравнению с исходным уровнем на 51,74 % ( $P < 0,001$ ), а на 3 и 6 суток – соответственно, на 86,29 ( $P < 0,001$ ) и 58,50 % ( $P < 0,001$ ). Снижение величины указанного показателя на 1, 3 и 6 суток можно расценивать как эозинопению. Также отметим, что новорожденные телята должны тактильно ощущать присутствие матери. В связи с этим следует отметить, что одной из возможных причин развития стресса у контрольного животного является высокий уровень тревожности и подверженность их стрессовой реакции, поскольку после рождения они были отлучены от матерей, а, следовательно, лишены материнской опеки и защиты.

Известно, что первые месяцы жизни для телят являются критическими, когда весь комплекс взаимодействия с матерью имеет принципиально важное значение для их дальнейшего психического развития. Кроме этого, при ручной выпойке из ведра телята большими глотками быстро выпивают молоко, а рефлекс сосания у них только начинает развиваться. Вследствие этого, не испытывая чувства насыщения, они начинают сосать друг у друга различные части тела.

Существенное снижение содержания эозинофилов в крови бычков контрольной группы косвенно свидетельствует о повышении у них в крови концентрации кортикотропина и кортизола. Общий паттерн снижения в крови количества эозинофилов при усилении секреции названных гормонов и развитии стресс-реакции можно представить следующим образом.

Поскольку глюкоза, по существу, является основным энергетическим субстратом для нервной системы, то высокий уровень кортизола в крови препятствует усвоению глюкозы в мышечной ткани. Более того, кортизол, обладая катаболическим эффектом в белковом обмене, усиливает процессы мобилизации белка и его распада, а также превращения аминокислот в глюкозу. Важно отметить, что белки при этом мобилизуются из тканей, которые не несут определенной структурной функции и которые быстро обновляются. Таковыми являются лимфатические железы, селезенка, тимус, костный мозг.

Напомним, что первые три обеспечивают иммунитет, а в костном мозге образуются эозинофилы и другие клетки крови. Не случайно, что после стресса многие подвержены

простудным заболеваниям. В связи с этим следует отметить, что эозинофилы также обладают выраженной способностью к фагоцитозу.

Известно, что под влиянием АКТГ и кортизола в ретикуло-эндотелиальной системе усиливаются процессы эозинопении. Это обусловлено тем, что указанная система является местом для обычного физиологического распада эозинофилов и других клеток крови. АКТГ и кортизол лишь интенсифицируют процесс распада эозинофилов.

В период новорожденности у бычков опытных групп также отмечено снижение количества эозинофильных клеток, однако снижение их, по сравнению с животными контрольной группы, было значительно меньше. Так, величина этого показателя у бычков 2-й и 3-й групп на 1 сутки после рождения снизилась, соответственно, на 9,89 и 9,98 %, а на 3 день – на 7,41 и 8,42 %.

Различия в содержании эозинофилов в крови бычков контрольной группы, с одной стороны, и сверстников 2-й и 3-й опытных групп – с другой, через 24 часа после рождения составил, соответственно, 79,54 ( $P < 0,01$ ) и 98,11 % ( $P < 0,001$ ), на 3 сутки – 549,33 и 532,00 % ( $P < 0,001$ ), а на 6 сутки – 130,39 ( $P < 0,001$ ) и 134,36 % ( $P < 0,001$ ).

В соответствии с программой исследований у этих же животных изучали возрастные изменения морфологического состава крови (таблица 2). Количество эритроцитов в крови бычков сравниваемых групп в первые 2 месяца жизни находилось в пределах  $7,86 - 8,43 \times 10^{12}$  г/л, а гемоглобина – 94,37 – 111,29 г/л. В возрасте 4 месяца содержание эритроцитов в крови бычков 1-й группы возросло на 8,65 %, а сверстников 2-й и 3-й групп – соответственно, на 4,45 и 11,36%, что, по-видимому, обусловлено началом потребления растительных кормов.

Таблица 2. Динамика морфологического состава крови подопытных бычков  
Table 2. Dynamics of morphological composition of blood of experimental bulls

Возраст, мес.	Группа	Эритроциты $\times 10^{12}$ г/л	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, $\times 10^9$ г/л	Эозинофилы, тыс./мкл.
1	1	7,86±0,32	94,37±3,93	9,27±0,51	0,212±0,024
	2	8,23±0,34	110,74±4,36	8,57±0,36	0,253±0,031
	3	7,92±0,29	97,23±3,44	8,63±0,41	0,267±0,026
2	1	8,43±0,37	111,29±4,51	9,12±0,57	0,264±0,028
	2	8,32±0,36	109,16±4,32	8,49±0,48	0,318±0,034
	3	8,27±0,31	110,64±4,56	8,35±0,45	0,309±0,038
4	1	9,16±0,38	114,71±5,12	9,28±0,54	0,253±0,027
	2	8,69±0,35	112,85±4,89	8,14±0,41	0,329±0,035
	3	9,21±0,36	115,08±5,12	8,34±0,47	0,332±0,039
6	1	8,52±0,28	112,43±4,63	9,17±0,58	0,304±0,026
	2	8,97±0,33	113,62±4,38	8,28±0,38	0,345±0,042
	3	9,12±0,41	115,83±5,21	7,95±0,28	0,366±0,037
8	1	8,64±0,38	109,78±4,79	8,82±0,39	0,352±0,053
	2	8,72±0,39	112,81±3,98	8,76±0,43	0,378±0,049
	3	8,53±0,27	110,47±3,78	9,54±0,62	0,253±0,036
12	1	8,73±0,36	112,72±4,63	8,17±0,36	0,475±0,054
	2	9,34±0,35	115,94±5,37	8,28±0,38	0,427±0,058
	3	8,31±0,37	102,32±4,26	9,76±0,67	0,339±0,037
18	1	8,51±0,42	114,15±4,39	8,35±0,43	0,420±0,049
	2	8,38±0,34	107,34±4,15	8,21±0,47	0,447±0,051
	3	8,67±0,29	110,57±4,23	9,64±0,58	0,371±0,035

Изменение содержания гемоглобина было сходным с эритроцитами. В последующие возрастные периоды изменения содержания обоих показателей красной крови в большую или в меньшую сторону были незначительны. Межгрупповые различия по величине этих показателей также были малозначимы.

Бычки контрольной группы в первые 6 месяцев жизни по количеству лейкоцитов в крови превосходили, хотя и незначительно, сверстников опытных групп. Так, различия по содержанию лейкоцитов в крови между контрольными животными и сверстниками 2-й группы в возрасте 1, 2 и 6 месяцев составили, соответственно, 7,55; 6,81; 12,19 и 9,71 %. Различия по величине этого показателя между бычками опытных групп были малозначимы. (Горизонтов П.Д., Протасова Т.Н., 1968)

Отмечая относительно низкий уровень лейкоцитов в крови бычков опытных групп в первые полгода жизни, следует отметить, что они, в отличие от сверстников контрольной группы, имели постоянный тактильный контакт с матерями, вследствие чего у них снижался уровень тревожности. Кроме этого, при высасывании молока оно поступает непосредственно из вымени в организм теленка. В молоке содержится ряд гормонов, обладающих седативным и опиоидным эффектом.

Рассматривая взаимоотношения между матерью и теленком, нельзя обойти вниманием следующее: в период усиления лактационной деятельности молочной железы в альвеолах и молочных протоках накапливается молоко в достаточном количестве, вследствие чего в них повышается давление, и корова испытывает болевые ощущения. Чтобы снять напряжение в вымени, корова побуждает теленка высасывать молоко. По мере насыщения телят молоком давление в молочной железе постепенно снижается, и устраняется дискомфортное состояние матери.

Телята, в свою очередь, при сосании воздействуют на рецепторы соска, способствуя повышению содержания в крови окситоцина. Исходя из того, что телята сосут часто, можно предположить, что в крови их матерей постоянно поддерживается высокий уровень окситоцина, физиологическая роль которого заключается не только в выведении молока из молочной железы, но и во влиянии его на проявления материнских качеств. Определенный уровень окситоцина и других гормонов побуждает корову постоянно заботиться о своем потомстве. Проявление материнских качеств способствует снижению уровня тревожности у телят.

Отлучение бычков опытных групп от матерей в возрасте 7 месяцев и изменение условий их содержания способствовало увеличению содержания в крови лейкоцитов. Так, величина этого показателя у бычков 2-й группы в возрасте 8 месяцев повысилась и достигла практически уровня контрольных животных, а у сверстников 3-й группы в указанном возрасте составила  $9,54 \times 10^9$  г/л, что на 8,16 % больше, чем в контроле. У бычков 1-й и 2-й групп в последующие возрастные периоды изменения количества лейкоцитов и межгрупповые различия по уровню этого показателя были малозначимы.

В условиях беспривязного содержания уровень лейкоцитов в крови бычков 3-й группы в возрасте 12 и 18 месяцев составило, соответственно, 9,87 и  $9,64 \times 10^9$ , что 19,46 и 15,45 % больше, чем в контроле.

Бычки контрольной группы в возрасте 2, 4 и 6 месяцев уступали сверстникам 2-й и 3-й групп по содержанию эозинофилов в крови соответственно на 17,04 – 20,45; 30,04 – 31,22 и 13,48 – 20,39 % (табл. 2, рис. 2).

В крови бычков 1-й и 2-й групп в возрасте 8, 12 и 18 месяцев установлено увеличение уровня эозинофилов, соответственно, до 0,352 – 0,378; 0,427 – 0,475 и 0,420 – 0,447 тыс./мкл.

Бычки 3-й группы в условиях беспривязной системы содержания отличались беспокойным поведением. У них отмечены частые столкновения во время раздачи кормов, при выборе места для отдыха. Поскольку у них период становления и созревания половой функции совпал с переводом на беспривязную систему содержания, они часто преследовали друг друга, вспрыгивали на рядом находящихся животных. Беспокойное поведение животных 3-й группы способствовало развитию стрессового состояния и снижению содержания эозинофилов в их крови. Так, содержание этого компонента крови бычков 3-й группы в возрасте 8, 12 и 18 месяцев составило, соответственно, 0,253; 0,339 и 0,371 тыс./мкл, что на 28,12; 25,82 и 11,67 % меньше, чем в контрольной группе.

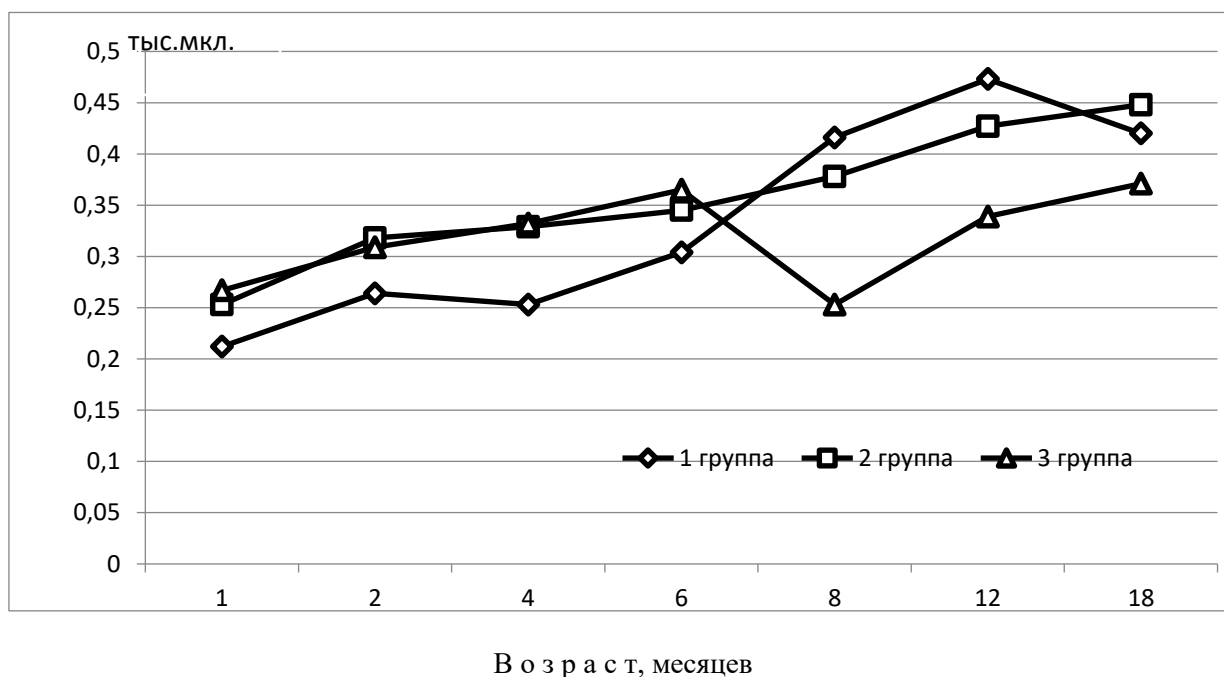


Рисунок 2. Возрастная динамика содержания эозинофилов в крови бычков  
Figure 2. Age dynamics of the content of eosinophils in the blood of bulls

Снижение уровня эозинофилов в крови бычков 3-й группы косвенно свидетельствует о развитии у них стресс-реакции.

#### Выводы:

Таким образом, результаты изучения влияния различных систем содержания на морфологический состав крови симментальских бычков при интенсивном их выращивании и откорме показали следующее:

- воздействие раздражителей окружающей среды на органы лейкопоза выразилось в незначительном увеличении лейкоцитарных клеток у бычков всех групп в период новорожденности, у контрольных животных в первые 6 месяцев жизни, а у бычков 3-й группы – после отлучения их от матерей и перевода на беспривязную систему содержания;

- при отсутствии тактильного контакта бычков контрольной группы с матерями в период новорожденности у них отмечается высокий уровень тревожности и подверженность развитию стресс-реакции, вследствие чего содержание эозинофилов в крови контрольных бычков через 24 часа после рождения снизилось по сравнению с исходным уровнем на 51,74 % ( $P < 0,001$ ), а на 3 и 6 сутки – соответственно, на 86,29 ( $P < 0,001$ ) и 58,50 % ( $P < 0,001$ ), что можно расценивать как эозинопению; ее наличие в организме бычков контрольной группы в период новорожденности косвенно свидетельствует о развитии у них стресса;

- различия в содержании эозинофилов в крови между контрольными бычками, с одной стороны, и сверстниками 2-й и 3-й опытных групп – с другой, через 24 часа после рождения составили, соответственно, 79,54 и 98,11 % ( $P < 0,001$ ), на 3 сутки – 549,33 и 532,00 % ( $P < 0,001$ ), а на 6 сутки – 130,39 и 134,36 % ( $P < 0,001$ ).

#### Список источников литературы

1. Акмаев И.Г., Гриневиц В.В. Нейроиммунноэндокринология гипоталамуса. – М.: Медицина, 2003. – 168 с.
2. Гриневиц В.В., Акмаев И.Г., Волкова О.В. Основы взаимодействия нервной, эндокринной и иммунной систем. – СПб.: Symposium, 2004. – 159 с.
3. Казаков В.Н., Снегирь М.А., Снегирь А.Г и др. Пути взаимодействия нервной, эндокринной и иммунной систем в регуляции функций организма // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2004. – Т.13, № 1. – С. 3-10.

4. Лукоянов В.Н., Прохоров И.П. Гормональный статус бычков симментальской породы и ее помесей с герфордской и шаролезской // Известия ТСХА. – 2015. – Вып. 4. – С. 95-105
5. Осадчук Л.В., Вдовина Г.В., Смирнов П.Н. Возрастная динамика содержания гормонов в периферической крови у телок при разных технологиях выращивания // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 4. – С. 56-60.
6. Оськина И.Н., Гербек Ю.Э., Шихевич С.Г. и др. Изменения гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и иммунной систем при отборе животных на доместикационное поведение // Вестник ВОГ и С. – 2008. – Том 12, №12. – С. 327-333.
7. Прохоров И.П., Лукьянов В.Н., Пиккуль А.Н. Влияние отъемного стресса на гормональный статус бычков// Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – Выпуск 4 (49). – С.135-140.
8. Эртуев М.М. Гормональный профиль и обмен веществ у телок при введении кортикотропина// Известия ТСХА. – 1990. – Вып.4. – С. 105-114.
9. Besedovsky H.O., del Rey A. Physiology of psychoneuroimmunology: F personal view||Brain. Behav. Immun. 2007. – V. – 21. – Pp. 34-44.
10. Franchimont D. Overview of the actions of glucocorticoids on the immune response: a good model to characterize new pathways of immunosuppression foe new treatment strategies||An. N. Y. Acad. Sci. – 2004. – V. 124-137.
11. Wrona D. Neural – immune interactions: An itegrative view of the bidirectional relationship between the brain and immune systems //| J. Neuroimmunol. – 2006. – V. 172. – Pp. 38-58.

### References

1. Akmaev, I.G. Grinevich, V.V. (2003), Neuroimmune endocrinology of the hypothalamus, *Medicine*. – 168 p. (In Russ.).
2. Grinevich, V.V., Akmaev, I.G., Volkova, O.V. (2004). Fundamentals of interaction of nervous, endocrine and immune systems, *Symposium* – St. Petersburg, Russia.– 159 p.
3. Kazakov. V.N., Snegir .M.A., Snegir. A.G. (2015) «etc. Ways of interaction of the nervous, endocrine and immune systems in the regulation of body functions»: *Archive of Clinical and experimental, Medicine*, – vol.13. – no. 1. – pp. 3-10.
4. Lukyanov, V.N., Prokhorov. I.P. (2015) «Hormonal status of bulls of the Simmental breed and its crossbreeds with Hereford and Sharolez»: *Izvestiya TSKHA*. – pp. 95-105
5. Osadchuk, L.V., Vdovina, G.V., Smirnov, P.N. (2012) «Age dynamics of hormone content in peripheral blood in heifers with different cultivation technologies»: *Agricultural biology*.– no. 4. – pp. 56-60.
6. Oskina, I.N., Herbek, Yu.E., Shikhevich, S.G., (2008) «etc. Changes in the hypothalamic-pituitary-adrenal and immune systems in the selection of animals for domestication behavior»: *Vestnik VOG and S.*– Volume 12. – no. 12.
7. Prokhorov, I.P., Lukyanov, V.N., Pikul, A.N. (2014) «The effect of weaning stress on the hormonal status of bulls» : Tr. Kuban State Agrarian University. – Issue 4 (49). – pp. 135-140
8. Ertuev, M.M.(1990) «Hormonal profile and metabolism in heifers with the introduction of corticotropin» : *Izvestiya TSKHA*. – pp. 105-114. (In Russ.).
9. Besedovsky, H.O., (2007) del Rey A. Physiology of psychoneuroimmunology: F personal view||*Brain. Behav. Immun.*. – V. - 21. – pp. 34-44.
10. Franchimont, D. (2004) Overview of the actions of glucocorticoids on the immune response: a good model to characterize new pathways of immunosuppression foe new treatment strategies||*An. N.Y. Acad. Sci.* – V. 124-137.
11. Wrona, D. (2006), Neural – immune interactions: An integrative view of the bidirectional relationship between the brain and immune systems // *J. Neuroimmunol.* – V. 172. – pp. 38-58.

### Сведения об авторах

**Прохоров Иван Петрович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры молочного и мясного скотоводства Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва.

**Шошина Юлия Васильевна** – старший преподаватель кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2851-6157

### Information about the authors

**Ivan P. Prokhorov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. Moscow.

**Yulia V. Shoshina** – Senior Lecturer of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University" spin-code: 2851-6157.

**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 08.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 20.06.2022 г.; принята к публикации 25.06.2022 г.*

*The article was submitted 08.04.2022; approved after reviewing 20.06.2022; accepted after publication 25.06.2022.*

Научная статья

УДК 636.1

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-110-119

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ КОРМЛЕНИЯ ЛОШАДЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ольга Геннадьевна Шараськина<sup>1</sup>, Татьяна Николаевна Головина<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», 196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2, konikurs@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3806-3328>

**Реферат.** Для эффективного управления процессами при организации кормления лошадей необходимо понимать, что именно представляют из себя эти процессы на практике, в современных условиях. В связи с этим целью исследования стало определение современного состояния, основных особенностей и проблем в обеспечении и организации кормления непродуктивных лошадей на территории Российской Федерации. Материалом для исследования стали результаты опроса, проведенного путем анкетирования, в том числе через электронные формы, владельцев лошадей и коневодческих хозяйств об особенностях организации кормления их лошадей. Анкета включала вопросы о демографических данных, о

текущей практике кормления и выборе кормов и добавок, о здоровье лошади. Участвовало в анкетировании 302 респондента, из более чем 38 регионов РФ, учитывалось поголовье в 3386 голов. Анализ результатов показал, что организация кормления только в 54% случаев осуществляется специалистами, имеющими профильное образование. При составлении рациона в качестве основных компонентов чаще всего используют традиционные: сено (только сено – 45%), овес (31%) и морковь (54%). Отмечается тенденция к увеличению доли грубых кормов в структуре рационов. В качестве кормов-добавок чаще всего используются травяная мука (24%), жмыхи и шроты (20%) и пшеничные отруби (18%). И несмотря на то, что 63% респондентов указали, что не видят проблем, связанных с кормлением у своих лошадей, ряд ответов указывает на наличие системных проблем в управлении кормлением, связанные с научно-методическим обеспечением, а также чисто организационно-практические, которые требуют обязательного решения.

**Ключевые слова:** *кормление лошадей, коневодство, корма, мониторинг, опрос, управление кормлением*

**Цитирование.** Шараськина О.Г., Головина Т.Н. Анализ особенностей организации кормления лошадей в современных условиях // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – №2(67). – С. 110-119 doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-110-119.

## ANALYSIS OF FEATURES IN THE HORSE FEEDING MANAGEMENT UNDER MODERN CONDITIONS

**Olga G. Sharaskina<sup>1</sup>, Tatyana N. Golovina<sup>2</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

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", konikurs@mail.ru, 196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2

**Abstract.** In order to provide an effective management when organizing horse feeding, it is necessary to understand what exactly these processes are in practice, under modern conditions. In this regard, the aim of the study was to determine the current situation, the main features and problems in the horse feeding management in the Russian Federation. The material for the study was the results of a survey conducted through a questionnaire, including online forms, of the horse owners and the horse farm owners, about the peculiarities of organizing their horses feeding. The survey included questions about demographics, current feeding practices and choice of feeds and additives, and horse health. 302 respondents from more than 38 regions of Russia participated in the survey; the number of horses taken into account was 3386 heads. The survey results showed that the feeding management only in 54% of cases is carried out by specialists with specialized education. When compiling the ration, traditional components most often used as the main components are: hay (only hay - 45%), oats (31%) and carrots (54%). There is a tendency to increase the proportion of roughage in the structure of rations. Grass meal (24%), oil cakes and meals (20%), and wheat bran (18%) are most often used as feed additives. And despite the fact that 63% of respondents indicated that they do not see any problems associated with feeding their horses, a number of answers reveal the presence of systemic problems in the feeding management, related to scientific and methodological support, as well as organizational and practical ones that require mandatory decision.

**Key words:** *horse feeding, horse breeding, feed, monitoring, survey, feeding management*



**Citation.** Sharaskina, O.G. and Golovina, T.N. (2022), “Analysis of features in the horse feeding management under modern conditions”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no.2, pp. 110-119, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-110-119.

**Введение.** Грамотная организация кормления в коневодстве имеет важное значение во всех направлениях конеиспользования. В отличие от других видов сельскохозяйственных животных, для которых организация кормления в значительной мере определяется показателями оплаты корма продукцией и важное значение имеет стоимость рациона [1, 2], в непродуктивном коневодстве на первое место ставится соответствие рациона потребностям лошади с учетом поддержания не только и не столько высокой работоспособности, сколько влияние на здоровье и поддержание рабочего и продуктивного долголетия, т.к. продолжительность его у лошадей – самая большая среди сельскохозяйственных животных [3]. Еще одним важным аспектом является то, что значительная часть конепоголовья принадлежит не крупным сельскохозяйственным организациям с большим поголовьем (это всего 19,3% от общего поголовья РФ [4]), а частным хозяйствам и коневладельцам с поголовьем от 1 лошади и, соответственно, практически с индивидуальным подходом к организации кормления и содержания с учетом собственных представлений хозяина о правильности процессов. Подобные особенности создают ряд проблем в сфере организации надлежащего, соответствующего потребностям лошади кормления [5, 11]. Так, многие коневладельцы, не имея профессионального образования, при организации кормления руководствуются традициями, советами из интернета и т.п. Причем данный вопрос характерен не только для отечественного коневодства. В исследованиях ряда зарубежных авторов отмечается, что многие владельцы лошадей плохо разбираются в вопросах кормления лошадей, что часто становится причиной проблем со здоровьем [6, 8, 10]. Тем временем проблемы, которые непосредственно связаны с кормлением (ожирение, колики, ламинит и метаболический синдром лошадей), имеют тенденцию к росту из года в год [5, 9, 12].

Для того чтобы иметь возможность эффективно управлять процессами при организации кормления лошадей, необходимо понимать, что именно представляют из себя эти процессы на практике, в современных условиях. В связи с этим была сформулирована цель исследования.

**Цель исследования** – определить состояние, основные особенности и проблемы в обеспечении и организации кормления непродуктивных лошадей на территории Российской Федерации.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом для исследования стали результаты опроса владельцев лошадей и коневодческих хозяйств об особенностях организации кормления их лошадей. Опрос проводился методом анкетирования, как через электронную форму опроса с использованием «Google Документы» (google.ru), так и путем заполнения бумажных бланков опроса. Для увеличения охвата опрашиваемых ссылки на электронные формы опроса распространялись через профильные группы и сообщества в наиболее популярных социальных сетях. Полученные данные обобщали и обрабатывали с помощью пакета программ Microsoft® Excel® 2019 MSO.

Опрос состоял из разделов с вопросами: о демографических данных, о текущей практике кормления и выборе кормов и добавок, о здоровье лошади. Вопросы опроса были короткими, чтобы улучшить понимание участников и уровень ответов. Ответы можно было выбрать из перечня, а также оставить свой собственный ответ или комментарий. На момент фиксации результатов опроса, в феврале 2022 г., в нем приняли участие 302 респондента из более чем 38 регионов РФ. Общее поголовье лошадей, учитываемое (собственное или находящееся под контролем) респондентами при ответе на вопросы, составило 3386 голов.

**Результаты исследований.** В результате обработки полученных данных было следующее распределение учитываемого поголовья по регионам РФ: наиболее представительными оказались Ставропольский край (18,31%), Москва и Московская область

(13,76%), Санкт-Петербург и Ленинградская область (13,59%), Калининградская обл. (12,40%), Новосибирская обл. (9,63%), Самарская обл. (3,31%), Новгородская обл. (2,78%), Волгоградская обл. (2,66%), Краснодарский край (2,54%), Вологодская обл. (2,07%), Пензенская обл. (1,71%), Тюменская обл. (1,30%), Костромская обл. (1,30%), Удмуртская Респ. (1,24%), Тамбовская обл. (1,06%), Рязанская обл. (1,00%). Остальные регионы были представлены количеством менее 1% от общего поголовья.

Распределение учитываемого поголовья по группам с учетом характера использования и возраста представлено на рисунке 1.

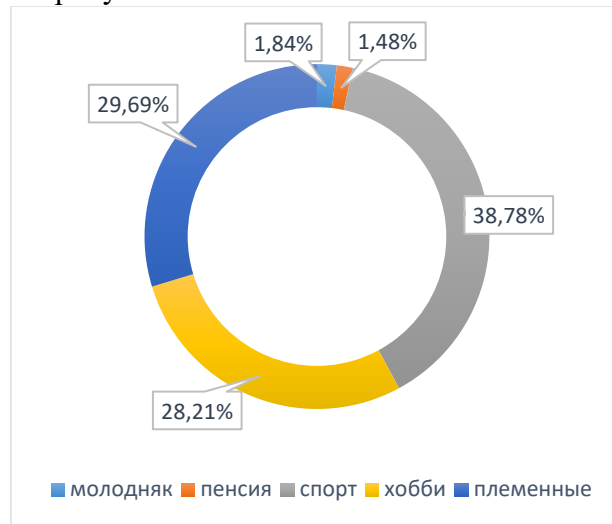


Рисунок 1. Распределение учитываемого поголовья по группам  
 Figure 1. Distribution of counted horses by groups

Таким образом, основная часть поголовья, учитываемая при ответе на вопросы, представлена лошадьми, используемыми в различных видах конного спорта (38,78%). Был проведен анализ распределения спортивных лошадей с учетом характера их использования, разделив на две группы: 1 – проходящие ипподромный тренинг, т.е. участвующие в скачках и бегах; 2 – не ипподромное использование, т.е. лошади, используемые в классических и прочих видах конного спорта, за исключением бегов и скачек. Распределение оказалось почти равномерным – на долю 1-й группы пришлось 49% от общего поголовья спортивных лошадей, на 2-ю группу – 51%.

Вторая по численности группа (29,69%) – племенные лошади, представленные матками, племенными жеребцами и молодняком разного возраста. Отдельно была выделена группа спортивного молодняка, которая формально не попадает под определение племенного, а находится на начальной стадии спортивного тренинга – до заездки или начало работы под верхом. Почти треть поголовья (28,21%) представлено лошадьми хобби-класса, используемых как для верховой езды, так и для занятий, не связанных с верховым использованием. В отдельную группу были выделены лошади-пенсионеры – животные в преклонном возрасте, не способные выполнять какую-либо работу и находящиеся на так называемом «доживании». В рамках нашего опроса это оказалась самая малочисленная группа – 1,48%.

Рекомендации по кормлению лошадей, предлагаемые в качестве справочного и учебного материалов в РФ, учитывают потребности племенных лошадей, молодняка и спортивных лошадей, используемых в бегах и скачках [5]. А это значит, что владельцы лошадей хобби-класса, пенсионеров и спортивных не ипподромного использования могут столкнуться с проблемой организации кормления, если будут ориентироваться только на эти источники, т.к. в них нет рекомендаций для данных групп.

Согласно полученным результатам, самостоятельно определяют состав рациона, не имея для этого специального образования, – 37% респондентов; самостоятельно, имея специальное образование, – 27%; определяет состав рациона специалист (ветеринарный врач

или зоотехник) у 27% опрошенных; ответ «не знаю, кормлю, как все, по нормам в хозяйстве» получен в 9% случаев. Среди тех, кто самостоятельно определяет нормы и состав рациона, 22% – используют отечественные справочные издания и руководства для определения норм кормления; 19% – используют зарубежные рекомендации (нормы кормления); 33% – пользуются рекомендациями производителей кормов для лошадей; 26% – руководствуются другими источниками (рекомендации с вебинаров/семинаров по кормлению; советы «из интернета», полученные на тематических форумах и т.п.).

Таким образом, результат опроса указывает на то, что только в 54% случаев организация кормления и рацион определяется специалистами, имеющими профильное образование. А при самостоятельном планировании рациона почти треть респондентов ориентируются на рекомендации производителей кормов, что указывает на то, что квалификация таких специалистов может оказывать значительное влияние на эффективность кормления и является критически важной.

Несколько вопросов были посвящены особенностям использования различных видов кормов. Среди используемых видов объемистых кормов в рационах своих лошадей были указаны: только сено – 45%; сено и сенная или травяная мука – 39%; сено и сенаж – 8,4%; сено и солома – 7%; сено и силос – 0,6%. Нормы введения грубых кормов в рацион распределились следующим образом: сено «вволю, по мере проедания» лошади получают в 57% случаев; «нормировано, одинаково для всех на конюшне» – 17%; «нормировано, с учетом массы лошади» – 26%. В группе тех, кто ответил, что грубые корма даются «по норме, одинаковой для всех», 12% респондентов указали, что они докупают сено для своих лошадей, чтобы обеспечить их потребности. На вопрос «в каких количествах получают сено лошади?» были получены следующие ответы: меньше 2% от живой массы (ж.м.) – 8,5%; около 2% от ж.м. – 48,5%; больше 2% от ж.м. – 43%. При этом среди тех, чьи лошади получают грубых кормов в количестве более 2% от ж.м., 93% указывают, что сено не поедается полностью и затаптывается.

Сено продолжает оставаться основным видом грубого корма в рационе лошадей, но в то же время мы видим, что более чем в половине случаев в рационах используются и альтернативные виды. При этом очевидна тенденция к использованию грубых кормов по принципу «вволю», т.е. не ограничивая их количество.

На вопрос об использовании травы в составе рационов в летний период 7% ответили, что не используют траву и 93% – что трава используется, при этом 57,5% из них получают траву за счет использования пастбища и 42,5% – свежескошенную. Среди тех, кто использует траву в рационе, 31% – полностью заменяют дневную норму сена на траву; 30% – заменяют до ½ нормы грубых кормов на траву; 26,5% – заменяют более ½ нормы грубых кормов и 12,5% дают траву вместо сочных кормов, в пределах 3 – 5 кг в день.

В качестве основного вида концентрированного корма в большинстве случаев используются злаковые зерновые – 32%, причем в 98% случаев используется овес. Распределение ответов представлено на рисунке 2а. В 57% случаев используется только один вид концентрированного корма и в 43% – основной концентрированный корм дополняется кормами-добавками.

В качестве дополнения (кормов-добавок) к основному концентрированному корму чаще всего используются травяная мука (24%), жмыхи и шроты (20%) и пшеничные отруби (18%). Результаты распределения ответов «что используется в дополнение к основному концентрированному корму?» на рисунке 2б.

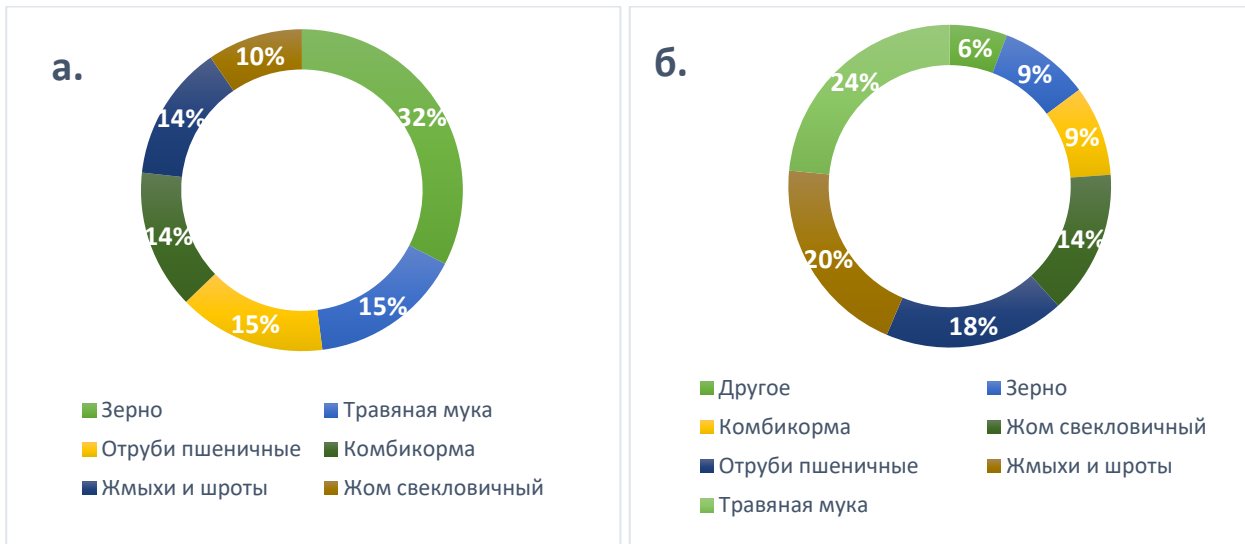


Рисунок 2. Концентрированные корма в рационе: а – основной вид концентрированного корма в рационе; б – дополнение к основному концентрированному корму  
 Figure 2. Concentrated feed in the diet: a - the main type of concentrated feed in the diet; b - addition to the main concentrated feed

Таким образом, овес продолжает оставаться самым популярным видом концентрированного корма для лошадей. Но вместе с тем в качестве основного концентрата очень часто используются полностью беззерновые аналоги (жмыхи, травяная мука, жом).

Согласно ответам, доля кормов-добавок к основному виду концентрированного корма составляет: «1/2 от дневной нормы концентратов (д.н.)» – 14%; «1/3 от д.н.» – 14%; «1/4 от д.н.» – 19%; «менее 1/4 от д.н.» – 53%.

Среди тех, кто в качестве основного вида корма или в виде добавки использует комбикорма, были получены ответы о предпочтении в выборе формы комбикорма и производителя. В 64% случаев предпочтение отдается комбикормам в форме мюсли и в 36% – гранулированному. Предпочтение импортным комбикормам отдают 25% респондентов, отечественного производства – 75%.

При использовании сочных кормов в рационе предпочтение отдавали моркови – 54%; на втором месте оказались яблоки – 30%; так же респонденты указали, что используют тыкву и кабачки (6%); свеклу (6%) и капусту (4%). Большинство опрошенных (49%) вводят сочные корма в рацион 2 – 3 раза в неделю; 29% – скармливают их ежедневно; 22% – не чаще 1 раза в неделю.

В блоке об особенностях организации кормления отдельный вопрос был посвящен поению. Ответы показали, что в 44% случаях для поения используются автопоилки; 35% используют для поения ведра с водой, которые постоянно находятся в деннике или на выгульных площадках, обеспечивая постоянный доступ к воде; 3-кратное (и более) поение из ведер используется в 17% случаев и в 4% – поение из ведер менее 3-х раз в день.

На вопрос «Как часто происходят изменения в рационе?» 38% респондентов ответили «в зависимости от изменения нагрузки (редко 1-3 раза в год)»; 34% – два раза в год (летний/зимний); 13% указали, что ничего не меняется в рационе уже год и более; «в зависимости от изменения нагрузки (чаще 3 раз в год)» изменяют состав рациона 7% респондентов. Так же среди ответов на данный вопрос были указаны следующие: «в зависимости от здоровья» (2%), «часто меняется, люблю экспериментировать с кормами» (3%), «в зависимости от физиологического состояния» (3%).

На вопрос «Как быстро лошадей переводят на новый вариант рациона?» большинство респондентов (45%) ответило, что заменяют один корм на другой в течение 10 – 14 дней. В 41% случаев замену осуществляют в течение недели. Заменяют один вид корма на другой сразу, без постепенного перехода – 12%. Остальные (2%) указали, что корма давно не

менялись. Необходимо отметить, что все респонденты при ответе имели в виду замену концентрированных кормов, так как вопрос про особенности изменения в составе объемистых (грубых) кормов был задан отдельно.

Замену одного вида сена на другое (старое на новое, разные партии различного состава) в большинстве случаев (50%) осуществляется сразу, без постепенного перехода; в 31% случаев перевод на «новое» осуществляется в течение недели; в 16% – в течение 10-14 дней; 2% указали, что перевод осуществляется всегда по-разному. Кроме того, 1% респондентов указали, что не знают, каким образом происходит замена сена у их лошадей.

Вопросы о порядке изменений в рационе выявили ряд проблем. Любые изменения в составе рациона лошади, связанные с заменой одного вида корма на другой или связанные с введением новых кормов, должен осуществляться постепенно, оптимально в течение двух недель [7]. И если для концентратов это правило соблюдают большинство респондентов, то при смене грубых кормов лишь 16%.

Так как такие проблемы, как заболевания с симптомокомплексом колик, а также неудовлетворительное состояние кожного и шерстного покрова часто являются следствием погрешностей в питании, в анкету были включены вопросы о частоте их встречаемости. Результаты представлены на рисунке 3 (а, б).

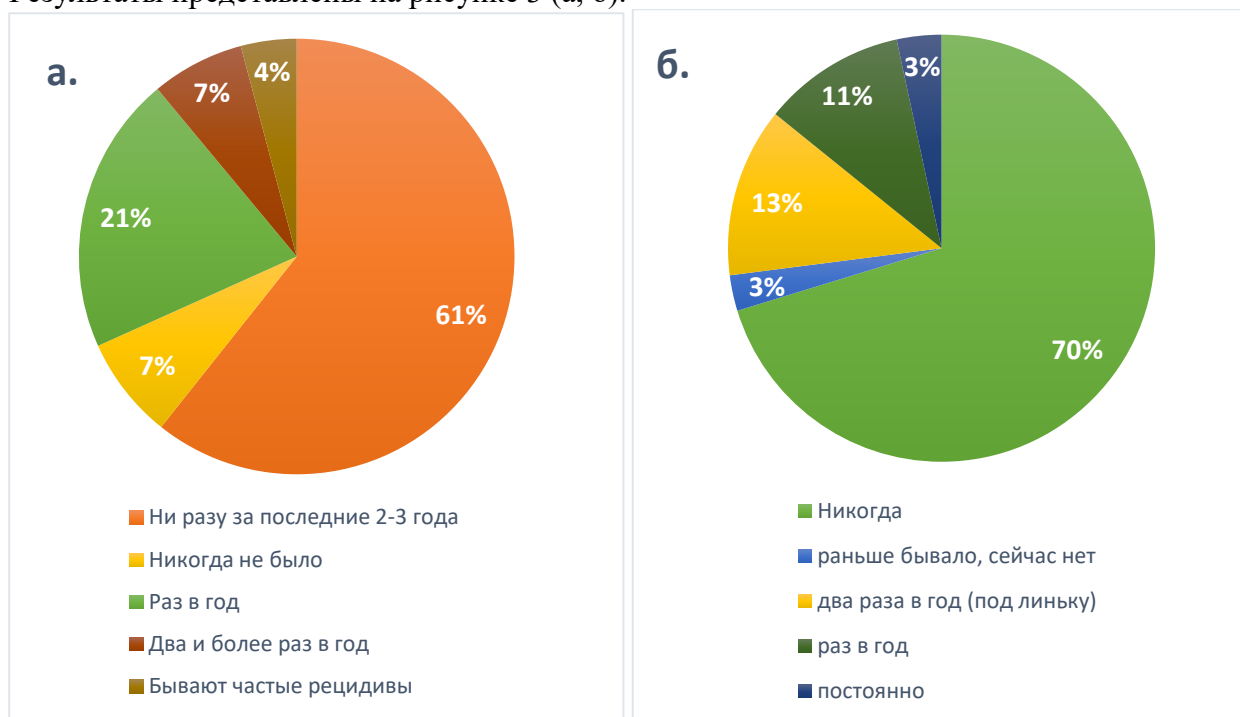


Рисунок 3. Частота встречаемости: а – колики; б – проблемы кожного и шерстного покрова (перхоть, плохое качество шерсти)

Figure 3. The frequency of occurrence: a - colic; b - problems of the skin and coat (dandruff, poor quality wool)

Можно отметить, что в большинстве случаев (61% – «ни разу за 2-3 года» + 7% – «никогда») респонденты отметили отсутствие колик в течение продолжительного времени, но при этом 21% отметил, что за последний год колики случались хотя бы раз. Проблемы с качеством кожного и шерстного покрова не беспокоят 70% опрошенных, а в 13% случаев проблемы связывают с сезонной линькой.

На вопрос «Считаете ли Вы, что в хозяйстве (или у лошади) есть проблемы, связанные с кормлением?» более половины респондентов (63%) ответили «нет»; более четверти (27%) ответили «да», а оставшиеся 10% указали, что никогда не задумывались об этом. Это в целом характеризует то, что происходит в сфере управления и организации кормления – в большинстве случаев коневладельцы не испытывают существенных проблем в этой сфере,

вероятно, имея поддержку специалистов или собственное профессиональное образование. Но есть и значительная доля тех, кто видит, что организация питания их лошади имеет явные недостатки и отражается на её состоянии.

**Выводы.**

В результате проведенного анализа результатов опроса были сделаны следующие выводы:

1. Организация кормления и проектирование рационов лошадей только в 54% случаев осуществляется специалистами, имеющими профильное образование. Среди самостоятельно определяющих состав рациона коневладельцев 41% использует рекомендации различных норм и справочников по кормлению, а треть (33%) – полагается на рекомендации производителей кормов.

2. Выбор кормов при составлении рациона в большинстве случаев традиционен и чаще всего включает в себя в качестве основных компонентов сено, овес и морковь. Отмечается тенденция к увеличению доли грубых кормов в структуре рационов, в том числе за счет использования таких кормов, как травяная мука и сухой свекловичный жом в качестве основного «концентрата» и альтернативы зерновым. В качестве дополнения к концентратам чаще всего используют травяную муку и жмыхи/шроты, а пшеничные отруби, наиболее популярные ранее, занимают лишь третью позицию.

3. В системе организации кормления лошадей есть проблемы, связанные с научно-методическим (учебно-методическая, справочная литература) обеспечением, а также чисто организационно-практические (использование знаний на практике), которые требуют обязательного решения.

**Список источников литературы**

1. Пристач Н.В., Пристач Л.Н. Состояние и перспектива развития теории нормированного питания в молочном животноводстве // Актуальные вопросы и пути их решения в ветеринарной медицине и животноводстве: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Ю.Ф. Юдичева. – Тюмень, 2021. – С. 387 – 395.
2. Романенко Л.В., Пристач Н.В., Федорова З.Л. Адаптивные кормовые рационы и кормосмеси для высокопродуктивных коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 44. – С. 92-97.
3. Стекольников А.А., Щербаков Г.Г., Яшин А.В., Копылов С.Н., Племяшов К.В., Сотникова Л.Ф., Шараськина О.Г. Лошади. Биологические основы. Использование. Пороки. Болезни. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 576с.
4. Сельское хозяйство в России. 2021.: Статистический сборник/ Росстат. – М., 2021. – 100 с.
5. Шараськина О.Г. Современные проблемы нормированного кормления лошадей // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвящается 115-летию Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – СПб, 2019. – С. 289 – 292.
6. Шараськина О.Г., Головина Т.Н. Совершенствование режимов организации кормления лошадей через развитие учебной дисциплины «Кормление лошадей» при реализации программ дополнительного профессионального образования // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (61). – С. 105-112.
7. Шараськина О.Г., Пристач Н.В., Пристач Л.Н. Кормление лошадей. – СПб.: СПбГУВМ, 2021. 82с.
8. Burk AO, Williams CA. Feeding management practices and supplement use in top-level event horses. *Comp Ex Phys* 2008;5(2):85–93.
9. Hoffman CJ, Costa LR, Freeman LM. Survey of feeding practices, supplements use, and knowledge of equine nutrition among a subpopulation of horse owners in New England. *J Equine Vet Sci* 2009;29(10):719–26
10. Honore EK, Uhlinger CA. Equine feeding practices in Central North Carolina: a preliminary survey. *J Equine Vet Sci* 1994;14(8):424–9.
11. Roberts JL, Murray J-AMD. Survey of equine nutrition: perceptions and practices of veterinarians in Georgia, USA. *J Equine Vet Sci* 2013; 33:454–9

12. Secombe C, Lester G. The role of diet in the prevention and management of several equine diseases. *Anim Feed Sci Tech* 2012;173: 86–101

### References

1. Priestach, N.V., Priestach, L.N. (2021), *The state and prospects of development of the theory of normalized nutrition in dairy farming*, Current issues and ways to solve them in veterinary medicine and animal husbandry, Collection of materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor Yu.F.Yudichev, Tyumen, pp. 387-395.
2. Romanenko, L.V., Priestach, N.V., Fedorova, Z.L. (2016), *Adaptive feed rations and feed mixtures for highly productive cows*, *Izvestiya of St. Petersburg State Agrarian University*, No. 44, pp. 92-97.
3. Stekolnikov, A.A., Shcherbakov, G.G., Yashin, A.V., Kopylov, S.N., Plemyashov, K.V., Sotnikova, L.F., Sharaskina, O.G. (2022), *Horses. Biological foundations. Using. Vices. Diseases*, St. Petersburg, Lan, 576 p.
4. Agriculture in Russia (2021), Statistical collection, Rosstat, 100 p.
5. Sharaskina, O.G. (2019), *Modern problems of normalized feeding of horses*, Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution, A collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference, dedicated to the 115th anniversary of St. Petersburg State Agrarian University, pp. 289 – 292.
6. Sharaskina, O.G., Golovina, T.N. (2020), *Improving the organization of horse feeding through the development of the discipline "Feeding horses" in the implementation of additional professional education programs*, *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, No. 61, pp. 105-112.
7. Sharaskina, O.G., Priestach, N.V., Priestach, L.N. (2021), *Feeding horses. – SPb*, SPbGUVN, 82 p.
8. Burke, A.O., California, W. (2008), *Feeding management methods and the use of additives in top-level horses for competitions*, *Comp. In Physics*, 5 (2), pp. 85-93.
9. Hoffman, C.J., Costa, L.R., Freeman, L.M. (2009), *Review of feeding practices, the use of supplements and knowledge about horse nutrition among a subpopulation of horse owners in New England*, *J Equine Veterinarian Sci*, 29 (10), pp. 719-26.
10. Honore, E.K., California, U. (1994), *Horse feeding practices in central North Carolina*, A preliminary review, *J Equine Vet Sci*, 148 (8), pp. 424-9.
11. Roberts, J.L., Murray, J. (2013), *Horse Nutrition Review: Perception and Practice of Veterinarians in Georgia, USA*, *J Equine Veterinarian Sci*, 33, pp. 454-9.
12. Secomb, S., Lester, G. (2012), *The role of diet in the prevention and treatment of a number of diseases of horses*, *Anim Feed Sci Tech*, 173, pp. 86-101.

### 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.

### 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.

**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 15.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 06.06.2022 г.; принята к публикации 20.06.2022 г.*

*The article was submitted 15.04.2022; approved after reviewing 06.06.2022; accepted after publication 20.06.2022.*

Научная статья

УДК 636.035

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-119-124

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ШЕРСТИ КРОССБРЕДНЫХ ОВЕЦ

**Ольга Васильевна Максимова**

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

**Реферат.** В статье представлены материалы по изучению некоторых показателей шерстной продуктивности кроссбредных овец акжайкской мясо-шерстной породы, разводимых в северной части Прикаспийской низменности. Три группы маток акжайкских мясо-шерстных овец, отобранных по принципу аналогов, были размещены на пастбищах с различной растительностью: степных суходольных (2 группы) и низинных лиманных пастбищах (контроль). Зимой овец кормили сеном с тех же сенокосов. Через год лучшие показатели по живой массе наблюдались у овец на степных суходольных участках (первая и вторая группа), при увеличении на 2,06 и 1,52 кг. В третьей группе, наоборот, наблюдалось снижение на 1,14 кг. Матки первых двух групп превосходят по настригу мытой шерсти на 0,25 и 0,19 кг 10,1 и 7,7% маток третьей группы. Основной сорт в первой группе составил 72,9%, во второй и третьей – 70,1 и 68,4%. Масса низших сортов в третьей группе была 10,9%, во второй и третьей – 6,4 – 7,1%. К концу опыта произошло некоторое увеличение шерстного жира у особей первых двух групп – на 0,91 и 0,65%. В сравнительном аспекте матки первой группы имеют степень извитости несколько меньшую (8,43 – 17,0%), чем второй (8,86 – 17,93%) и третьей (9,65 – 19,82%).

**Ключевые слова:** акжайкская мясо-шерстная порода, кроссбредная шерсть, настриг шерсти, толщина шерсти, шерстный жир, питательность рациона

**Цитирование.** Максимова О.В. Влияние условий содержания на показатели шерсти кроссбредных овец // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 119-124. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-119-124.



INFLUENCE OF KEEPING CONDITIONS ON WOOL  
INDICATORS OF CROSSBRED SHEEP

Olga V. Maksimova

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

**Abstract.** The article presents materials on the study of some indicators of wool productivity of crossbred sheep from the Akzhaik meat and wool breed bred in the northern part of the Caspian lowland. Three groups of queens of Akzhaik meat-wool sheep, selected on the analogue principle, were placed on pastures with different vegetation: steppe dry-land (2 groups) and low-lying estuarine pastures (control). In winter, the sheep were fed with hay from the same hayfields. A year later, the best live weight indicators were observed in sheep on steppe dry-land plots (the first and second groups), with an increase by 2,06 and 1,52 kg. In the third group, on the contrary, there was a decrease by 1,14 kg. The ewes from the first two groups surpass on the parameter of the washed wool clip by 0,25 and 0,19 kg (10.1 and 7,7%) the ewes from the third group. The main grade in the first group was (72,9%), in the second and third (70,1 and 68,4%). The mass of the lower grades in the third group was 10,9%, in the second and third – 6,4 - 7,1%. By the end of the experiment, there was a slight increase in wool fat in individuals of the first two groups – by 0,91 and 0,65%. In the comparative aspect, the ewes of the first group has a slightly lower degree of tortuosity (8.43 - 17.0%) than the second (8,86 - 17,93%) and the third (9,65 - 19,82%).

**Keywords:** *akzhaik meat-wool breed, crossbred wool, wool clip, wool thickness, wool fat, nutritional value of the ration*

**Citation.** Maksimova, O.V. (2022), "Influence of keeping conditions on wool indicators of crossbred sheep" *Izvestiya of Saint- Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no 2, pp. 119-124, (In Russ), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-119-124.

**Введение.** Кроссбредные овцы – животные двойной мясо-шерстной продуктивности, отличаются высокой скороспелостью и мясностью. Высоко ценится и получаемая от них шерсть с отличными физико-технологическими свойствами – большой длиной (11-20 см), средней и крупной равномерной извитостью, нормальным содержанием жира, хорошей крепостью, отличной уравниваемостью по тонине и длине волокон в штапеле и по руно.

Одной из перспективных пород данного направления является акжайкская мясо-шерстная порода с кроссбредной шерстью, созданная сложным воспроизводительным скрещиванием. Общая численность овец новой породы составляет около полумиллиона голов, и она дает почти 1 тыс. т кроссбредной шерсти.

Современное стадо акжайкских овец характеризуется крупным ростом, хорошим сочетанием мясной и шерстной продуктивности. Шерсть однородная полутонкая кроссбредная, белого цвета с четко выраженной извитостью (2-3 извитка на 1 см длины, с люстровым блеском, хорошей и средней густотой, уравнена по руно и в штапеле, цвет жира белый и светло-кремовый [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Как отмечается [1]: «В общем, мировом производстве баранины удельный вес мяса, получаемого от убоя мясо-шерстных овец и их помесей, составляет около 30%, и в мировом производстве мытой однородной шерсти более 50% занимает кроссбредная. В последние годы в Новой Зеландии, крупнейшем производителе кроссбредной шерсти, производится примерно 30% мирового настрига кроссбредной шерсти, из которой более 80% приходится на долю шерсти 56 качества и грубее. Австралия и Уругвай заготавливали 80% тонкого кроссбреда и только 4,5% грубого, Аргентина, соответственно – 40 и 48,1%».

Порода успешно разводится на обширной территории междуречья Волги и Урала, в северной части Прикаспийской низменности. На этой территории граничат области Российской Федерации и Казахстана.

**Цель исследования** – изучить влияние различных условий пастбищно-стойлового содержания мясо-шерстных кроссбредных овец на их продуктивные качества.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом для исследований послужили кроссбредные матки акжайкской мясо-шерстной породы с кроссбредной шерстью. Три группы кроссбредных маток желательного типа (первого класса) в возрасте 3-4 лет по 150 гол. в каждой в летний период (7 месяцев) были размещены на различных пастбищах: первая – на степных суходольных участках с житняково-разнотравной растительностью; вторая – на степных суходольных со злаково-разнотравной (типчачово-острецово-разнотравной) и третья – на низинных лиманных пастбищах с осоко-разнотравной растительностью (контроль). В зимний период овцам скармливали сено с аналогичных сенокосов. Физико-технологические свойства шерсти изучались по методическим рекомендациям [8].

**Результаты исследований.** В течение года три группы овцематок находились на закрепленных территориях различных пастбищ. Питательность пастбищ была следующая: в 1 кг зеленой массы житняково-разнотравных участков содержалось 0,26 корм. ед. и 29 г переваримого протеина, злаково-разнотравных, соответственно, 0,23 и 26 и осоко-разнотравных – 0,19 и 18. С учетом поедаемости матки первой группы потребляли в день в среднем 1,82 корм. ед. и 203 г переваримого протеина, второй, соответственно, 1,67 и 189 и третьей – 1,49 и 142.

В зимний стойловый период маткам каждой группы скармливали по 3 кг сена с соответствующих участков. Питательность 1 кг сена в первой группе – 0,52 корм.ед. и 46 г переваримого протеина, во второй – 0,48 и 43 и в третьей – 0,39 и 36. С учетом поедаемости (по группам – 94,3%, 91,2% и 86,6%) матки первой группы потребляли в день 1,47 корм. ед. и 139 г переваримого протеина, второй – 1,32 и 118 и третьей – 1,01 и 94.

В начале опыта матки всех групп по основным показателям продуктивности не имели достоверных различий, т.е. были аналогами.

К концу опытного периода, т.е. через год, матки первой группы достоверно показали прирост 2,06 кг, второй – 1,52. Матки третьей группы, наоборот, достоверно снизили живую массу на 1,14 кг по сравнению с начальным периодом.

Преимущество маток первых двух групп наблюдалось и по настригам шерсти между группами. Наибольший настриг был у первой группы –  $2,72 \pm 0,032$  кг, затем у второй –  $2,66 \pm 0,034$  кг и третьей –  $2,47 \pm 0,037$  кг. Матки первой группы превышали третью на 0,25 кг, а второй, соответственно, на 0,19 кг при высокой степени достоверности ( $td=5,10$  и  $4,04$ ). При выходе мытого волокна – 62,21; 62,16 и 57,12% настриги чистой шерсти у первой группы были –  $2,72 \pm 0,032$  кг, второй –  $2,66 \pm 0,034$  кг и третьей –  $2,47 \pm 0,037$ .

Сравнивая результаты бонитировки по результатам эксперимента, можно отметить, что тонина у маток первых двух групп не изменилась, а в третьей группе у 7-ми овец шерсть утонилась до 58 качества (табл. 1).

Таблица 1. Тонина шерсти подопытных маток при бонитировке  
 Table 1. Wool thickness of experimental queens during bonitization

Группы	Тонина шерсти по группам (качества)							
	48		50		56		58	
	гол.	%	гол.	%	гол.	%	гол.	%
I (149 гол)	13	8,7	16	10,7	120	80,6	-	-
II (148 гол)	15	10,1	18	12,2	115	77,7	-	-
III (145 гол)	11	7,6	13	9,0	114	78,6	7	4,8

В зависимости от тонины шерсти на различных топографических участках отобранные для лабораторного анализа паспортные руна были разделены на сорта с учетом измерений на боку и ляжке микроскопическим методом. Наибольший удельный вес основного сорта (72,9%) занимала первая группа с ведущей тониной 56 качества по сравнению со второй и третьей (70,1 и 68,4%). В третьей группе установлено, что масса низших сортов в рунах была 10,9%. У двух других меньше и составляла 6,4 – 7,1%.

Жир, находясь на шерсти в естественном состоянии в составе жиропота, выполняет, прежде всего, защитную функцию, покрывая волокно по всей его поверхности.

В отобранных для лабораторных исследований паспортных рунах, путем отбора образцов, приготовления проб шерсти, их экстрагирования серным эфиром в аппаратах Сокслета, а также мойки проэкстрагированных проб и их сушки до постоянно сухой массы, было установлено содержание жира в грязной и чистой необезжиренной шерсти, а также количество механических примесей.

Как видно из табл.2, содержание жира в грязной шерсти у маток всех групп колеблется в пределах 6,56 – 7,87% и в чистой необезжиренной – 9,32 – 10,54%. По сравнению с количеством жира у исходных маток к концу опыта произошло некоторое его увеличение у особей первых двух групп на 0,91 и 0,65%, а в третьей группе, наоборот, уменьшение на 0,46%. Разница же между группами по содержанию жира у маток в конце опыта составила: в грязной шерсти между первыми двумя и третьей – 1,31 и 1,20% при достоверности 4,69 и 4,24 и в чистой необезжиренной, соответственно, – 1,22 и 1,16% при  $t_d = 4,07$  и 3,97.

Таблица 2. Содержание жира и механических примесей в шерсти подопытных маток, %  
Table 2. The content of fat and mechanical impurities in the wool of experimental queens, %

Группы	п	Жира в шерсти, %		Механических примесей, %
		в грязной	в чистой необезжиренной	
I	10	7,87±0,201	10,54±0,203	29,47±0,713
II	10	7,76±0,206	10,48±0,189	29,54±0,858
III	10	6,56±0,194	9,32±0,222	35,97±0,943

Более существенные изменения произошли по содержанию в шерсти механических примесей, особенно у маток третьей группы, содержащихся на низинных осоко-разнотравных пастбищах. По сравнению с начальным периодом количество механических примесей в этой группе увеличилось с 30,32 до 35,97%, или на 5,65 абсолютных процента. Разница между первой и третьей группами в конце опыта составила 6,5% и между второй и третьей – 6,43% при высокой степени достоверности 5,51 и 5,04. Уменьшение количества жира у животных, содержащихся на низинных пастбищах, связано с вымыванием под действием влаги и некоторым его гидролизом. Повышенное же содержание механических примесей в шерсти третьей группы напрямую связано с условиями содержания маток. На низинных увлажненных выпасах шерсть сильно загрязнялась землястыми примесями, особенно в нижних частях туловища и ног. Об этом также свидетельствует и гораздо больший удельный вес низших сортов, выделенных при сортировке рун в третьей группе (10,9%) по сравнению с первой и второй (6,4 и 7,1%). При определении выхода мытой шерсти маток различных групп также был отмечен разный процент выхода мытого волокна, составивший у первых двух 62,16 – 62,21% и третьей – 57,12%.

У маток всех групп степень извитости шерсти колеблется от 8,43 до 19,82%. При этом наименьшая на ляжке, боку, лопатке и шее, составляющая от 8,43 до 11,21%, и наибольшая на спине и брюхе (13,18 – 19,82%). В сравнительном аспекте матки первой группы имеют степень извитости несколько меньшую (8,43 – 16,99%), чем второй (8,86 – 17,93%) и третьей (9,65 – 19,82%). Связано это с тониной шерсти маток данных групп. Напомним, что при лабораторном

исследовании особи первой группы имели среднюю тонины шерсти бока 28,87 мкм, второй – 28,69 мкм и третьей – 27,86 мкм и середины ляжки – 30,82; 30,92 и 29,90 мкм.

В целом же все матки имели крупную или среднюю извитость, равномерную по всей длине штапеля или штапель-косицы, присущую кроссбредной шерсти. При этом у особей первой, а также второй групп извитость носила более выраженный и равномерный характер.

На влияние условий кормления и содержания указывали следующие авторы [9, 10, 11].

**Выводы.** Кроссбредные овцы, содержащиеся на степных суходольных житняково-разнотравных и злаково-разнотравных пастбищах летом и кормах с аналогичных сенокосов зимой, имели лучшие показатели продуктивности по сравнению с овцами на низинных лиманных пастбищах с осоко-разнотравной растительностью (контроль). В контрольной группе наблюдалось снижение веса на 1,14 кг в конце эксперимента. По настригам шерсти матки первой и второй группы превышали третью на 0,25 и 0,19 кг. Масса низших сортов в третьей группе была 10,9%, во второй и третьей – 6,4 – 7,1%. К концу опыта произошло некоторое увеличение шерстного жира у особей первых двух групп на 0,91 и 0,65%). В сравнительном аспекте матки первой группы имеют степень извитости несколько меньшую (8,43 – 16,99%), чем второй (8,86 – 17,93%) и третьей (9,65 – 19,82%).

#### Список использованной литературы

1. Траисов Б.Б., Юлдашбаев Ю.А., Есенгалиев К.Г., Султанова А.К. Воспроизводительная способность овец акжайкской мясо-шерстной породы // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2016. – №1. – С.21.
2. Терентьев В.В. Акжайкская мясо-шерстная порода овец с кроссбредной шерстью // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2001а. – № 1. – С.48-52.
3. Траисов Б.Б., Смагулов Д.Б., Есенгалиев К.Г. Полутонкорунное овцеводство Западно-Казахстанской области // Инновационные технологии в животноводстве и кормопроизводстве Мат. межд. науч.-практ. конф.: – Алматы: КазНИИЖ, 2016. – С.104-107.
4. Траисов Б.Б., Бозымов К.К., Есенгалиев К.Г. Развитие овцеводства в Западном Казахстане // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – № 2. – С.91-94.
5. Траисов Б.Б., Укбаев Х.И., Смагулов Д.Б. Современное состояние и перспективы развития овцеводства Западно-Казахстанской области // Известия НАН РК. Серия аграрных наук. –2016. – №4 (34). – С.149-153.
6. Траисов Б.Б. Есенгалиев К.Г.. Бозымова А.К. Характеристика кожно-волосного покрова молодняка акжайкских мясо-шерстных овец // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1. – С. 197-200.
7. Максимова О.В. Акжайкская мясо-шерстная порода с кроссбредной шерстью // Перспективы инновационного развития АПК и сельских территорий: Матер. межд. конгресса «Агрорусь». – СПб., 2015. – С. 45-47.
8. Нечиненная Т.В. Методические рекомендации по изучению качества шерсти. – Москва, 1985. – 72 с.
9. Терентьев В.В. Терентьева М.В., Максимова О.В. Домашнее овцеводство и козоводство. – СПб.: – Лань, 2020. – 191 с.
10. Demitrov I, Slavov I. // Animal of scientis. – 2001. – № 2. – P. 21-22.
11. Brown D.J., Crook D.J., Differences in fibre diameter profile characteristics in wool staples from Merino sheep and relationship with staple strength between years environments and bloodlines. –Austral. – J. Agr. Res. – 2002. – № 54. – P.481-491.

#### References

1. Traisov, B.B., Yuldashbayev, Y.A., Esengaliyev, K.G. and Sultanova, A.K. (2016), “Reproductive ability of sheep of the Akzhaik meat and wool breed”, *Sheep, goats, wool business*, no. 1, pp. 21.
2. Terentyev, V.V. (2001), “Akzhaikskaya meat-wool breed of sheep with crossbred wool”, *Sheep, goats, wool business*, no. 1, pp.48-52.

3. Traisov, B.B., Smagulov, D.B. and Esengaliev, K.G. (2016), “Semi-fine sheep breeding of the West Kazakhstan region”, Innovative technologies in animal husbandry and feed production, *Proc. of the international scientific and practical conference*, Almaty: Kazniizh, pp.104-107.
4. Traisov, B.B., Bozymov, K.K. and Esengaliev, K.G. (2013), “Development of sheep breeding in Western Kazakhstan”, *Sheep, goats, wool business*, no. 2, pp. 91-94.
5. Traisov, B.B., Ukbaev, H.I. and Smagulov, D.B. (2016), “The current state and prospects of development of sheep breeding in the West Kazakhstan region”, *Izvestiya NAS RK. Series of agricultural sciences*, no. 4 (34), pp.149-153.
6. Traisov, B.B., Esengaliev, K.G. and Bozymova, A.K. (2012), “Characteristics of the skin-hair cover of young Akzhaik meat-wool sheep”, *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, no. 1, pp. 197-200.
7. Maksimova, O.V. (2015), “Akzhaik meat and wool breed with crossbred wool”, Prospects of innovative development of agriculture and rural areas: *Proc. of the international Congress “Agrorus”*, St. Petersburg, pp. 45-47.
8. Nechinennaya, T.V. (1985), “Methodological recommendations for the study of wool quality”, Moscow, P. 72.
9. Terentyev, V.V. Terentyeva, M.V. and Maksimova, O.V. (2020), “Domestic sheep and goatbreeding”, SPb, Lan, P. 191.
10. Demitrov, I. and Slavov, I. (2001), “*Animal of scientis*”, no. 2, pp. 21-22.
11. Brown, D.J. and Crook D.J. (2002), “Differences in fibre diameter profile characteristics in wool staples from Merino sheep and relationship with staple strength between years environments and bloodlines”, *Austral. J. Agr. Res.*, no. 54. pp.481-491.

#### Сведения об авторе

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

#### Information about the authors

**Maksimova Olga Vasilyevna** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», spin-code: 3608-2009.

*Статья поступила в редакцию 04.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 30.05.2022 г.; принята к публикации 06.06.2022 г.*

*The article was submitted 04.04.2022; approved after reviewing 30.05.2022; accepted after publication 06.06.2022.*

Обзорная статья  
УДК 67-11  
doi: 10.24412/7078-1318-2022-2-125-133

## МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ В ПЛЕМЕННОМ РАЗВЕДЕНИИ ПТИЦЫ

Александр Георгиевич Бычаев

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; e-mail: bit131@yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0001-8073-7421>

**Реферат.** Птицеводство как высокотехнологичная отрасль животноводства, развивающаяся на основе достижений многих наук: зоотехнической, ветеринарной, биологической, а также ряда технических, требует правильного применения методик научно-исследовательских работ.

Особенно это касается племенного птицеводства, где проблемы создания специализированных высокопродуктивных линий в настоящее время имеют первостепенное значение. Генотипы современных яичных и мясных кроссов на 80-85% однородны и трудно на основе эффекта гетерозиса получить достаточный селекционный прогресс.

Создание новых линий и кроссов птицы – процесс очень долговременный, а применение молекулярно-генетических методов позволит значительно сократить сроки отбора ценных генотипов.

Возникает еще один важный аспект современного промышленного птицеводства – создание новых экономически более дешевых рационов кормления птицы путем замены дорогостоящих источников протеина и жиров недорогими, но биологически полноценными компонентами, отходами пищевого производства и синтетическими (жмыхи, шроты, аминокислоты, витамины). При этом возникает эффект экспрессии ранее «спящих» генов, проявление которых нежелательно. Это изучает новая наука нутригеномика. Здесь необходимо определить генетические маркеры, соответствующие фенотипическому проявлению, с целью исключения их носителей.

Важно соблюдение и сочетание традиционных классических, современных и перспективных методов селекции при сохранении ценных пород и линий птицы, т.к. они являются источниками ценных генов, которые по мере их изучения будут включаться в процесс совершенствования и создания новых ценных и продуктивных популяций.

**Ключевые слова:** селекция, однонуклеотидный полиморфизм (SNP), QTL (*Quantitative trait locus*), QTN (*quantitative trait nucleotides*), геномика, нутригеномика.

**Цитирование.** Бычаев А.Г. Методы селекции в племенном разведении птицы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – №2(67). – С. 125-133. doi: 1024412/2078-1318-2022-2-125-133.

## SELECTION METHODS IN BREEDING POULTRY

Alexander G. Bychaev

Sankt-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; e-mail: bit131@yandex.ru; orcid.org/0000-0001-8073-7421

**Abstract.** Poultry farming as a high-tech branch of animal husbandry, developing on the basis of the achievements of many sciences: zootechnical, veterinary, biological, as well as a number of technical ones, requires the correct application of scientific research methods.

This is especially true for breeding poultry, where the problems of creating specialized highly productive lines are currently of paramount importance. The genotypes of modern egg and meat crosses are 80-85% homogeneous and it is difficult to obtain sufficient breeding progress based on the heterosis effect.

The creation of new lines and crosses of poultry is a very long-term process, and the use of molecular genetic methods. The creation of new lines and crosses of poultry is a very long-term process, and the use of molecular genetic methods will allow to reduce significantly the time of the valuable genotypes selection.

There is another important aspect of modern industrial poultry farming – the creation of new economically cheaper poultry feeding diets – by replacing expensive sources of protein and fats with wastes, which are inexpensive but biologically complete components.

**Conclusions.** Classical traditional methods of breeding do not lose their relevance, since with their assistance only it is possible to check the correctness of new modern ones.

**Keywords:** *selection, single nucleotide polymorphism (SNP), QTL (Quantitative trait locus), QTN (quantitative trait nucleotides), genomics, nutrigenomics.*

**Citations.** Bychaev, A.G. (2022), “Selection methods in breeding poultry”, *Izvestiya Sankt-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no 2. Pp. 125-133. (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2

**Введение.** Достижения последних лет в области генетики и селекции позволили существенно увеличить скорость роста живой массы птицы и улучшить конверсию корма. Однако появились новые проблемы. Более продуктивные животные характеризуются повышенной чувствительностью к стрессам, а низкая иммунокомпетентность часто приводит к вспышкам заболеваний.

Современное птицеводство, а племенное в особенности, является очень удобным объектом для внедрения новых молекулярно-генетических методов определения и локализации генов, отвечающих за проявление количественных и качественных признаков.

При использовании любого метода селекции (будь то традиционный, современный или перспективный) необходимо соблюдать следующий алгоритм действий: 1) правильную постановку задач; 2) поиск метода решения, его соответствия цели и целесообразность; 3) внедрение в научную или практическую среду при высоком уровне достоверности полученных результатов.

**Цель исследования** – определить роль и значение классических методов селекции и наметить наиболее перспективные пути использования современных и перспективных методов.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводились путем анализа данных селекционного процесса ведущих птицеводческих фирм мира.

**Результаты исследований.** Современное птицеводство как племенное, так и промышленное позволяет широко использовать генетические, технические и компьютерные методы работы с современными кроссами птицы.

Это связано с тем, что:

– геном цыпленка был первым из геномов животных, который удалось расшифровать ученым. Выяснилось, что примерно 60% генов человека и цыпленка идентичны. Знания в области генома птицы внесут весомый вклад в дальнейший прогресс селекции и позволят вплотную приблизиться к выведению линий с повышенной устойчивостью к различным заболеваниям;

–птица очень удобна для исследования в связи с быстрым ростом, созреванием и интенсивной сменой генераций;

–по большинству хозяйственно-полезных признаков птица (особенно куры) уже почти достигла биологического плато.

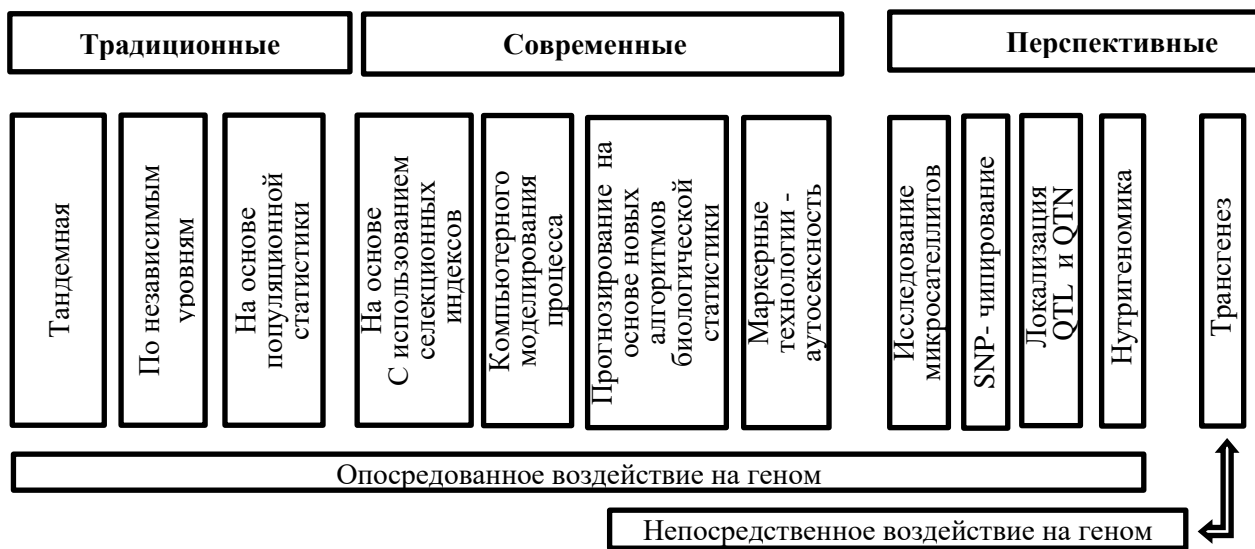


Рисунок. Методы селекции в птицеводстве  
 Figure. Breeding methods in poultry farming

Следует отметить, что новые методы не могут полностью заменить традиционные – все зависит от этапа работы и степени изученности конкретной популяции.

Обозначив разнообразие методов селекции в птицеводстве, коснемся в данной работе только вероятных. Следует сразу сказать, что все они с той или иной степенью «успешности» и достоверности (экспериментально или в селекционном процессе) уже применяются научными учреждениями и селекционными фирмами. Но достоверной информации крайне мало и, как сказано выше, все это в стадии разработки. Исходя из этого, мы сочли возможным обозначить их как «вероятные».

Формирования выборок и систематический сбор фенотипических и экологических данных остаются ключевыми требованиями для использования полного потенциала новых технологий и подходов.

В племенных программах по разведению птицы селекция ведется в закрытых популяциях и основывается на изучении и накоплении фенотипических данных чистых линий, а также финального гибрида, в условиях промышленного содержания. Самыми важными признаками являются продолжительная и устойчивая яйцекладка, признаки качества яйца и резистентность птицы к заболеваниям. В связи с более долгим сроком использования птицы возникла необходимость (особенно это касается продолжительной и устойчивой яйцекладки) увеличить интервал в смене поколений в испытаниях на яйценоскость.



Для петухов регистрация данных по качеству яйца и продуктивности невозможна, и поэтому отбор петухов для воспроизводства чистых линий проводится преимущественно по сестрам и полусестрам, что является причиной невысокой точности полезной информации для селекции петухов.

Заблаговременный отбор лучших петушков внутри полнородных семейных групп ведет к увеличению селекционного прогресса и к уменьшению генерационного интервала [1].

Различные исследования на основе микросателлитов внесли свой вклад в идентификацию локусов количественных признаков для производственных и качественных показателей.

Однако, за исключением искоренения рыбного запаха, их использование для практического разведения оказалось очень незначительным. Геномная селекция находится еще в начальной стадии.

До настоящего времени было задействовано от 10 000 до 40 000 последовательностей нуклеотидов в SNP (Single nucleotide polymorphism) – чипов.

Секвенирование ДНК представляет собой сборник методов, с помощью которых можно определить последовательности нуклеотидных оснований в молекуле ДНК с помощью специального устройства – секвенатор ДНК. Разные методы секвенирования отличаются друг от друга не методами клонирования, а тем, как потом прочесть получившийся «коктейль» из многочисленных копий одной и той же ДНК.

После завершения полного секвенирования ДНК основных чистых линий был разработан SNP-чип до 600 000 нуклеотидов для широкомасштабного типирования генов всех коммерческих линий.

На основании этого для каждой линии предстоит разработать узкоспецифичные SNP-чипы, чтобы уже в период выращивания можно было проводить не столь дорогую оценку петушков.

Только петушки с наилучшим генетическим потенциалом должны переводиться на племенные фермы для испытаний на продуктивность и воспроизводство чистых линий. Для оценки родительского поколения, а также дальнейшей работы будет и далее использоваться SNP-чип высокого разрешения. Первые результаты по использованию 30 000 SNP-чипов на коммерческих линиях, как и для подготовки, испытаний и селекции этих линий, привели к повышению точности при оценке племенной ценности, а также к повышению селекционного прогресса. В плане затраты – эффективность геномной селекции с помощью маркеров еще предстоит доказать свои преимущества по отношению к традиционным селекционным методам [2, 3].

Существуют гены со значительным влиянием на признаки, информацию о которых можно использовать в селекции. За проявление экономически важных признаков отвечает довольно большое количество генов. Некоторые из этих генов имеют наиболее значимое влияние. Их называют основными, локализованными в QTL (Quantitative trait locus). Хотя QTL относят ко всем генам, отвечающим за признак, на практике получается так, что к QTL относят только основные, наиболее значимые гены.

Из QTL только некоторые гены влияют на фенотип животного. Остальные гены вместе с ними определяют полную наследственную изменчивость. Хотя QTL объясняет только часть генотипа животного, информация, которую можно почерпнуть, добавляет точность к оценке истинного генотипа животного.

Фактически нельзя наблюдать непосредственное наследование QTL, но наблюдается наследование маркеров, которые схожи с QTL. Генетические маркеры как ориентиры, которые выбираются на основе схожести с QTL.

Генетические маркеры дают возможность к наиболее быстрому и точному генетическому анализу. Маркеры не оказывают влияния на организм животного, но они могут быть легко идентифицированы в лабораториях, поэтому можно определить, какую разновидность маркера несет животное. Как и гены, генетические маркеры расположены в хромосомах последовательно.

Экспериментально можно определить генетические маркеры, которые располагаются на хромосоме близко к интересующим нас генам.

При выборе маркера надо учитывать, какую информацию можно от него получить. При использовании прямых маркеров не возникает никаких проблем с определением генов QTL. Проблемы начинаются при использовании косвенных маркеров.

Ценность генотипа маркера зависит от трех вещей: влияние QTL, частота аллели и вероятность того, что животное унаследовало эту аллель.

Маркеры имеют ряд преимуществ, которые делают их важным инструментом селекции:

1. Позволяют однозначно отличить гомозиготный генотип от гетерозиготного.
2. Не подвержены влиянию условий среды и имеют коэффициент наследуемости  $h^2=1,0$ .
3. Как правило, определяются независимо от возраста (в клетках эмбриона, в образцах крови и т.д.).
4. Могут быть определены у обоих полов (например, маркер генотипа, определяющего число поросят в гнезде, относится как к маткам, так и к хрякам).
5. Маркирование признака, который может быть определен после убоя, например, с использованием рианодинового гена – гена кальциевого канала саркоплазматического ретикулула скелетных мышц (рианодиновый рецептор).

По числу генов, влияющих на проявление признака, все признаки можно подразделить на две категории:

1. Моногенные или олигогенные признаки (главные гены). Для таких признаков, в случае приблизительной локализации гена, существует возможность идентификации ДНК-маркеров, расположенных внутри главного гена или в непосредственной близости от него.

2. Полигенные признаки (локусы количественных признаков, QTL). К признакам с полигенной природой наследования относятся большинство важных хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных животных. Полигенная природа признака означает, что его количественный уровень генетически определяется различными аллельными вариантами целого ряда локусов, разбросанных по всему геному.

Генетическое улучшение в стаде может идти по 4 направлениям: отбор отцов и матерей как производителя, так и матки. Применение маркерной селекции возможно как по каждому из них с целью сокращения временного интервала на выявление животных – носителей желательных аллелей по контролируемым или улучшаемым признакам так и совокупности (для наиболее полного использования генетического потенциала животных).

Вместе с тем маркерная селекция не отрицает традиционных подходов к генетическому улучшению стад. Более того, оба эти подхода взаимно дополняют друг друга. Использование генетических маркеров позволяет ускорить процесс отбора животных, а индексные методы – точнее оценить эффективность этого отбора [4].

Маркерные гены используются для выявления важных для животноводства генов. Маркерные гены особенно важны для признаков, которые фенотипически проявляются относительно поздно или только у одного пола, а также для признаков, на проявление которых оказывают влияние негенетические факторы (факторы окружающей среды). Примерами такого рода признаков являются резистентность к болезням, предрасположенность к болезням, плодовитость, молочная и мясная продуктивность. Целью маркирования является установление сцепления между основным геном и маркерным геном у животного.

В генетике животноводства большое значение для дальнейших разработок имеет тщательный выбор генотипов и структуры семьи, а также наличие банков ДНК и банков данных.

Среди множества генов, контролирующих продуктивность, можно выделить группу мажорных генов, вносящих наибольший вклад в формирование и функционирование данного количественного признака. Фирма «Lohmann Tierzucht» анонсировала выявление маркерных генов, позволяющих выявить гены, ответственные за ряд заболеваний у промышленной птицы.

Одним из достижений стало исследование генетического механизма появления рыбного запаха в коричневых куриных яйцах. Была определена причина – пониженный процент окисления ТМА (триметиламина) вследствие наличия гена РМОЗ на куриной хромосоме 8. Проблему удалось устранить посредством полного искоренения таких генотипов в племенных линиях. В связи с этим сняты ограничения по применению рапсового шрота или других рапсовых продуктов в соответствующих кормовых рационах. Поэтому, наряду с восстановлением качества коричневых яиц, открытие дало значительный экономический эффект при составлении рационов [4, 5].

Современная селекция в птицеводстве базируется на отборе лучшего поголовья из высокопродуктивных семей и семейств и требует наличия генетического разнообразия в селекционируемой популяции. Одним из подходов получения генетического разнообразия птицы может стать трансгенез – внедрение инородных генов. Работы по созданию трансгенной птицы активно ведутся во многих странах, поскольку видны перспективны с точки зрения экономической выгоды. Появляется возможность достижения селекционного эффекта в короткие сроки. Как только становится известной структура «полезного» гена, его можно внедрить в селекционируемую популяцию методами трансгенеза без длительных межпопуляционных скрещиваний.

Кроме того, отпадает необходимость длительных обратных скрещиваний для удаления из популяции «ненужных» генов, неизбежно передаваемых при обычной гибридизации. Очевидно, что методами трансгенеза могут быть введены в популяцию совершенно новые фенотипические признаки, кодируемые генами других видов и родов животных [6].

Для быстрой оценки эффективности методов трансгенеза и экспрессии трансгена удобно использование генных конструкций, содержащих так называемые репортерные (индикаторные) гены. Например, гены хлорамфениколацетилтрансферазы,  $\beta$ -галактозидазы, алкогольдегидрогеназы, люциферазы, зеленого и красного флуоресцирующих белков.

Одним из возможных направлений использования трансгенеза в практическом птицеводстве является создание линий кур с наследственной устойчивостью к вирусным заболеваниям. Например, создание в организме некоторого постоянного фона интерферона.

Интерферон, противовирусный агент, синтезируется в клетках организма в ответ на вирусное заражение и помогает организму бороться с вирусной инфекцией. Получить постоянный синтез интерферона в организме можно путем внедрения в геном генной конструкции, в которой ген интерферона находится под контролем какого-либо активного, постоянно действующего гена-регулятора.

Таким образом, на сегодняшний день трансгенез во многом напоминает мутацию, в значительной степени направленную, но сохраняющую множество неопределенностей. Процесс встраивания трансгена в геном в использованном методе имеет вероятностный характер, поэтому для получения наследуемого трансгенеза может потребоваться получение большого количества первичных трансгенных особей [7].

Глобальным становится вопрос сохранения редких и исчезающих видов и пород птицы, а также сохранение генофонда «наработанных» за долгие годы линий промышленной птицы. Помимо создания криобанков, изучения нейтральной изменчивости ведется активный поиск генов, влияющих на ключевые признаки. В первую очередь изучаются такие признаки, как устойчивость к заболеваниям, продуктивность, качество конечной продукции. В этих целях используется ряд стратегий и новых высокоэффективных – омик-технологий (геномика, нутригеномика и т.д.). Идентификация QTN (quantitative trait nucleotides) открывает новые возможности и ставит новые задачи в сохранении ГРЖ (генетического разнообразия животных). Информация об адаптивном разнообразии дополняет фенотипическое и нейтральное генетическое разнообразие, и может быть использована для создания инструментов при решении вопросов по сохранению популяций птицы. Идентификация в определенных популяциях уникальных аллелей или комбинаций аллелей по адаптивным признакам может усилить обоснование их сохранения и направленного использования. Селекция с помощью генов потенциально может уменьшить разрыв в эффективности отбора,

обычно существующий между большими популяциями, разводящимися в промышленных условиях, и небольшими локальными популяциями, где не могут быть применены системы популяционной генетической оценки и программы селекции. Селекция с помощью маркеров и генов, однако, не всегда может представлять наилучшее решение. Эти подходы необходимо оценивать и оптимизировать на основе последовательного анализа каждого случая, принимая во внимание краткосрочные и долгосрочные воздействия на популяционную структуру и степень инбридинга, стоимость и выгоды, выраженные в экологических и социально-экономических параметрах – в особенности по влиянию на экономическое положение людей.

Молекулярная характеристика может играть важную роль в раскрытии истории, оценке разнообразия, самобытности и популяционной структуры популяции. Создание «генетического портрета» породы или ее генетической модели обеспечит контроль не только над ее сохранением и эволюцией, но и позволит маркировать качественные признаки.

Она также может помочь избежать избыточного инбридинга при поддержании маленьких популяций. Маркерные технологии эволюционируют и, похоже, что микросателлиты последовательно замещаются на SNP. Эти маркеры очень перспективны, поскольку число их в геноме велико, и они пригодны для автоматизации анализа и генотипирования. Однако эффективность SNP в изучении разнообразия у видов животных до сих пор остается недостаточно исследованной.

Методы анализа данных также эволюционируют. Новые методы позволяют изучать разнообразие, не прибегая к предположениям а priori о структуре исследуемой популяции; использовать разнообразие для выявления адаптивных генов (например, используя популяционную геномику) [8].

С публикацией 2,8 миллиона SNPs в 2004 г. для разводчиков кур стало возможным организовать изучение генома с маркерным геном. Результатом стала панель SNPs, которую можно использовать в селекции, хотя и существует проблема – сложно выявить сильные SNPs, которые подтверждаются поколениями.

Группа ученых ВНИТИП и ВИЖ разрабатывает молекулярно-генетическую систему на основе анализа анонимных некодирующих высокополиморфных последовательностей генома – ДНК-микросателлитов.

По сравнению с ранее применяемыми методами контроля и управления разведением замкнутых популяций система имеет преимущество, так как основана непосредственно на анализе генотипа животных. Она отличается высокой информативностью, меньшей по сравнению с аналогами трудоемкостью, более низкой (в 2,5-3 раза) стоимостью, дает возможность использовать любой исходный материал для анализа, проводить диагностику птицы в раннем возрасте. Все это обуславливает фундаментальную и прикладную значимость системы, которая составит основу новой ДНК-технологии контроля и управления процессом разведения малочисленных и замкнутых популяций кур, направленной на сохранение генетического разнообразия генофонда пород *Gallus Gallus*.

Зачастую новые молекулярно-генетические методы приходят в птицеводство (и в животноводство в целом) из растениеводства, вспомним законы Г. Менделя.

В качестве исторической справки напомним, что первой была американская компания «Хай\_Лайн», применившая для птицы методы гибридизации, разработанные селекционерами кукурузы. А первой оценила преимущества метода и внедрила его на европейском континенте известная в России голландская селекционная компания «Еврибрид» [9].

Очень важно выделить ген устойчивости животных к различным заболеваниям, особенно инфекционного характера. *Болезнь Марека* – инфекционная болезнь птиц (возбудитель – ДНК-содержащий вирус), характеризующаяся разрастанием лимфоретикулярной ткани во внутренних органах, коже, мышцах, поражением периферических нервных стволов. Некоторые породы кур различаются по устойчивости к болезни Марека. Резистентность к болезни доминирует над восприимчивостью. *Псевдочума птиц* – характеризуется пневмонией, энцефалитом. Птицы, лишенные Т-лимфоцитов, очень восприимчивы к болезни.

Стала развиваться наука, изучающая влияние питательных и биологически активных веществ на гены, – нутригеномика – привлекает все больше внимания ученых, хотя еще 20 лет назад мало кто из них задумывался о том, как изменяются гены и что на это влияет. Сегодня уже ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что гены нестабильны и способны «включаться» и «выключаться». Следовательно, знать набор переданных от родителей генов еще недостаточно – важнее знать, какие из них «включены», а какие нет, то есть понимать экспрессию генов.

Нутригеномика позволяет по-новому взглянуть на роль питания в поддержании здоровья птицы и ее высокой продуктивности. Аналогичная взаимосвязь просматривается между составом яиц, заложенных на инкубацию, и будущим здоровьем, и продуктивностью кур-несушек, выведенных из этих яиц.

Тенденции развития молекулярной генетики свидетельствуют о том, что в птицеводстве будущего все возрастающую роль будут играть технологии генной инженерии. Причем не только использование генных маркеров и молекулярно-генетических методов в селекционной работе, но и технологии трансгенеза, то есть создание новых генотипов путем прямой интеграции определенных генов в геном птиц [10].

#### **Выводы:**

1. Новые молекулярно-генетические методы селекции позволяют повысить достоверность отбора ценных генотипов и сократить время на создание новых пород, линий и кроссов сельскохозяйственной птицы.

2. Классические традиционные методы селекции не теряют своей актуальности, т.к. только с их помощью можно проверить правильность новых современных.

3. Новые технологии, новые науки – геномика и нутригеномика – дают новые представления о процессе наследуемости признаков, экспрессии продуктивных генов.

#### **Список источников литературы**

1. Фисинин В.И. Стратегические тренды развития мирового и отечественного птицеводства: состояние, вызовы, перспективы // Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего: Материалы XIX Международной конференции ВНАП (Российское отделение), (15-17 мая) – Сергиев Посад, 2018. – С. 9-48.
2. Сулимова Г.Е. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения // Успехи современной биологии. – 2004. – 124, № 3. – С. 260-271.
3. Коршунова Л.Г., Карапетян Р.В. Перспективы геномных технологий в селекции птицы: Материалы XX Международной конференции ВНАП (8-10 октября). – Сергиев Посад, 2020. – С. 104-107.
4. Шмутц М. Геномная селекция в племенном разведении несушек// Инновационные разработки и их освоение в промышленном птицеводстве: Материалы XVII Международной конференции ВНАП. – Сергиев Посад, 2012. – С. 121-122.
5. Park Y.H., Hamidon F., Rajangan C., Soh K.P., Gan C.Y., Lim T.S., Abdullah W.N., Liong M.T. Application of Probiotics for the Production of Safe and High-quality Poultry Meat // Korean Journal for Food Science of Animal Resources .2016. V. 36(5). P. 567-576.
6. Немировский Я.Н. Селекция несушек: от Менделя до маркера // Птица и птицепродукты. – 2010. – № 2. – С.22-25.
7. Коршунова Л.Г., Карапетян Р.В., Фисинин В.И. Методы генетической модификации и селекция птицы // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 6. – С.3-11.
8. Состояние всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства / Пер. с англ. FAO, 2010. – Раздел 4. – М.: ВИЖ РАСХН, 2010.– С.359-390.

9. Гордеева Т.И. Тенденции мирового племенного птицеводства // Животноводство России. – 2011. – № 10. – С. 17-20.
10. Бобылева Г.А. Итоги работы птицеводческой отрасли России и задачи на будущее // Птица и птицепродукты. – 2018. – № 2. – С.4-7.

### References

1. Fisinin, V.I. (2018), “Strategic trends in the development of world and domestic poultry farming: status, challenges, prospects”, Materials of the XIX International Conference of VNAP (Russian Branch) “World and Russian trends in the development of poultry farming: realities and challenges of the future”, May 15-17, Sergiev Posad. pp. 9-48.
2. Sulimova, G.E. (2004), Article DNA markers in genetic research: types of markers, their properties and applications, *Successes of modern biology*. Vol. 124, no. 3, pp. 260-271.
3. Korshunova, L.G., Karapetyan R.V. (2020), Prospects of genomic technologies in poultry breeding, *Proceedings of the XX International Conference of VNAP*, Sergiev Posad. pp. 104-107.
4. Schmutz, M. (2012), “Genomic selection in breeding laying hens”, Innovative developments and their development in industrial poultry farming, *Materials of the XVII International Conference of VNAP*, Sergiev Posad. pp. 121-122.
5. Park, Y.H., Hamidon, F., Rajangan, C., Soh, K.P., Gan, C.Y., Lim, T.S., Abdullah, W.N. and Liong, M.T. (2016), “Application of Probiotics for the Production of Safe and High-quality Poultry Meat”, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, Vol. 36 (5), pp. 567-576.
6. Nemirovskiy, Ya.N. (2010), “Breeding of laying hens: from Mendel to marker”, Poultry and poultry products, no. 2, pp. 22-25. (In Russ).
7. Korshunova, L.G., Karapetyan, R.V. and Fisinin V.I. (2013), “Methods of genetic modification and breeding of poultry” *Agricultural biology*, no. 6, pp. 3-11.
8. The state of the world genetic resources of animals in the field of food and agriculture, Translated from the English by FAO, (2010), VIZ RASKHN, 2010, Section 4, pp. 359-390, (In Russ).
9. Gordeeva, T.I. (2011), “Trends in world breeding poultry”, *Animal husbandry of Russia*, no. 10, pp. 17-20.
10. Bobileva, G.A. (2018), “Results of the poultry industry of Russia and tasks for the future”, Poultry and poultry products, no. 2, pp. 4-7.

### Сведения об авторах

**Бычаев Александр Георгиевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5435-6585.

### Information about the authors

**Alexander G. Bychaev** – Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5435-6585.

*Статья поступила в редакцию 07.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 27.05.2022 г.; принята к публикации 06.06.2022 г.*

*The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 27.05.2022; accepted after publication 06.06.2022.*

Научная статья

УДК 637.4

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-134-144

**ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ  
НА МОРФО-БИОФИЗИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ЯИЦ БЕЛОЙ ТЕХАССКОЙ  
ПОРОДЫ ПЕРЕПЕЛОВ****Людмила Трофимовна Васильева<sup>1</sup>, Светлана Анатольевна Шабанова<sup>2</sup>**

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

ludamila51@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7941-7786>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; [spbgau1965mail.ru](mailto:spbgau1965mail.ru);

<https://orcid.org/0000-0001-9138-5150>

**Реферат.** Разработанные ВНИТИП и рекомендованные в производство указания по условиям и срокам хранения инкубационных перепелиных яиц не учитывают направления продуктивности птицы, несмотря на существующие различия не только в интенсивности обменных процессов, но и качества полученных от такой птицы яиц. Актуальность работы определена необходимостью изучения интенсивности старения яиц мясных перепелов при использовании разработанных режимов хранения. Новизной исследования явилось изучение динамики показателей качества яиц при хранении с использованием разработанных на кафедре птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко СПбГАУ методик и приборов для оценки морфо-биофизических качеств яиц перепелов мясного направления продуктивности. Целью исследования явился анализ влияния продолжительности предынкубационного хранения на морфо-биофизические качества инкубационных яиц белой техасской породы перепелов. Работа проведена на кафедре птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко на 350 яйцах. Перед хранением у яиц были определены морфо-биофизические качества с нарушением (50 шт.) и без нарушения скорлупы (300 шт.), были сформированы группы (по 60 яиц) со сроками хранения 2, 4, 6, 8, 10 суток. После завершения хранения яйца каждой группы были оценены по морфо-биофизическим качествам с нарушением и без нарушения целостности скорлупы с использованием методик и приборов, разработанных на кафедре. Хранение яиц производилось при 8-10°C и относительной влажности воздуха 60-70%. В процессе исследования было достоверно ( $P \geq 0,99$ ) установлено влияние длительности хранения на общую потерю массы яиц. Усушка яиц при хранении в течение 2-х суток составила 0,3%, а при 10-ти – 0,74%. Причем в первые двое суток среднесуточная потеря массы яиц была в 2 раза выше и составляла 0,15%, а при 10-суточном хранении яйца теряли 0,074% в сутки. Плотность яиц снижалась с увеличением сроков хранения от 1,0662 г/см<sup>3</sup> (2 сут.) до 1,0611 г/см<sup>3</sup> (10 сут.). Наиболее заметные изменения интенсивности усушки и плотности наблюдались после 6 сут. хранения. Выявлено снижение доли белка в яйцах на 2,21% по сравнению со свежими яйцами, его высоты на 31,4% и индекса белка на 5,17%. Определена криволинейная зависимость доли желтка в яйцах при хранении. С 6-х суток хранения доля желтка в яйцах увеличивалась с 31,6% до 32,62% при снижении высоты и индекса желтка, у которых выявлена обратная зависимость от длительности хранения яиц. Таким образом, исследованиями установлено влияние длительности хранения на морфо-биофизические качества яиц белой техасской породы перепелов. Причем замечено, что после 6 сут. хранения изменения у некоторых показателей качества яиц носят более явный характер.

**Ключевые слова:** морфо-биофизические качества яиц, хранение, белая тexasская порода перепелов

**Цитирование.** Васильева Л.Т., Шабанова С.А. Влияние продолжительности хранения на морфо-биофизические качества яиц белой тexasской породы перепелов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67) – С. 134-144. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-134-144.

## STORAGE DURATION EFFECT ON THE MORPHO-BIOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE EGGS OF THE WHITE TEXAS QUAIL BREED

Lyudmila T. Vasilyeva<sup>1</sup>, Svetlana A. Shabanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; ludamila51@mail.ru ;<http://orcid.org/0000-0002-7941-7786>

<sup>2</sup>Sankt-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; spbgau1965mail.ru ; <https://orcid.org/0000-0001-9138-5150>

**Abstract.** The guidelines developed by All-Russian Research and Technological Poultry Institute RAS and recommended for production under the conditions and storage periods of incubation quail eggs do not take into account the directions of poultry productivity, despite the existing differences not only in the intensity of metabolic processes, but also in the quality of eggs obtained from such a bird. The relevance of the work is determined by the need to study the intensity of aging of meat quail eggs when using the developed storage modes. The novelty of the study was the research of the dynamics of egg quality indicators during storage using methods and devices developed at the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, SPSAU to evaluate the morpho-biophysical qualities of quail eggs of the meat productivity direction. The aim of the study was to analyze the effect of pre- incubation storage duration on the morpho-biophysical qualities of incubation eggs of the white Texas quail breed. The study was carried out at the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko on 350 eggs. Before storage, morpho-biophysical qualities with damage (50 pcs.) and without damage of the shell (300 pcs.) were determined in eggs, groups (60 eggs each) were formed with storage periods of 2, 4, 6, 8, 10 days. After the storage was completed, the eggs of each group were evaluated for morpho-biophysical characteristics with and without damage of the integrity of the shell using techniques and devices developed at the department. Egg storage was carried out at 8-10 ° with and relative humidity of 60-70%. During the study, the effect of storage duration on the total weight loss of eggs was reliably established ( $P \geq 0.99$ ). The shrinkage of eggs during storage for 2 days was 0.3%, and 0.74% during ten days storage. Moreover, in the first two days, the average daily weight loss of eggs was 2 times higher and amounted to 0.15%, and with 10-day storage (0.074%). Egg density decreased with increasing of storage periods from 1.0662 g/cm<sup>3</sup> (2 days) to 1.0611 g/cm<sup>3</sup> (10 days). The most noticeable changes in the intensity of shrinkage and density were observed after 6 days storage. A decrease in the proportion of protein in eggs by 2.21% compared to fresh eggs, its height by 31.4% and the protein index by 5.17% was revealed. The curvilinear correlation of the yolk fraction in eggs during storage is determined. From 6 days of storage, the proportion of yolk in eggs increased from 31.6% to 32.62% with a decrease in the height and yolk index, which showed an inverse correlation with the duration of egg storage. Thus, studies have established the effect of storage duration on the morpho-biophysical characteristics of the eggs of the white Texas breed of quail. Moreover, it was noticed that after 6 day storage changes in some indicators of egg quality are more expressed.

**Keywords:** morpho-biophysical qualities of eggs, storage, white Texas breed of quail



**Citation.** Vasilyeva, L.T. and Shabanova, S.A. (2022), “Storage duration effect on the morpho-biophysical characteristics of the eggs of the white Texas quail breed”, *Izvestiya of the St. Petersburg State Agrarian University*, vol 67, no 2, pp. 134-144, (In. Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-134-144.

**Введение.** Хранение яиц является неотъемлемой частью технологии в цехе инкубации. Исследованиями установлено, что в процессе хранения происходят изменения не только в составе содержимого яйца, а у инкубационных яиц еще и в развитии эмбриона [1–6]. Поэтому основная задача при хранении инкубационных яиц заключается в сохранении внутренних качеств яиц и жизнеспособности эмбриона. Об изменениях качества яиц, как показателя их старения, уже хорошо известно [7, 2, 3, 4, 8]. Интенсивность происходящих изменений в инкубационных яйцах зависит от многих факторов, среди которых основными являются наследственные и условия хранения [2, 1, 8]. В связи с этим ВНИТИП разработаны и рекомендованы в производство указания, где определены оптимальные сроки и условия хранения инкубационных яиц, которые, с одной стороны, гарантируют жизнеспособность эмбриона при хранении, а с другой – качественный состав содержимого яиц [10]. Однако существующие рекомендации используются при хранении всех перепелиных яиц, без учета направления продуктивности птицы. Практикой птицеводства на курах давно доказана необходимость отбора яиц на инкубацию, а, следовательно, и на хранение, учитывая направление продуктивности птицы. В перепеловодстве требования к инкубационным яйцам одинаковы, несмотря на существующие различия у птицы по продуктивности, массе яиц, их внутренним качествам и т.д. [11, 9, 1, 6]. Белая тexasская порода является одним из представителей мясного направления перепелов, обладающая не только более крупной живой массой по сравнению с яичными перепелами (японскими), но и более крупными яйцами, масса которых достигает порой 19 г. Поэтому исследования изменений морфо-биофизических качеств инкубационных яиц при хранении в общепринятых режимах от перепелов белой тexasской породы являются актуальными и имеют высокую практическую значимость при корректировке условий хранения яиц, полученных от перепелов мясного направления продуктивности.

**Цель исследования** – изучить динамику морфо-биофизических качеств инкубационных яиц тexasской белой породы перепелов при хранении.

Для успешного выполнения цели были определены *задачи*.

1. Определить качество свежих перепелиных яиц белой тexasской породы перепелов.
2. Изучить динамику потери массы у яиц исследуемой породы при хранении до инкубации в течение 2, 4, 6, 8 и 10 суток.
3. Исследовать динамику морфо-биофизических качеств яиц белой тexasской породы перепелов в процессе хранения.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Работа проведена в лаборатории кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Для работы были отобраны методом случайной выборки 350 свежих яиц от перепелов белой тexasской породы одного и того же возраста. Хранение инкубационных яиц производилось при рекомендованных ВНИТИП сроках (от 2 до 10 суток) и режимах (8-10°C и относительной влажности воздуха 60-70%). Оценка морфо-биофизических качеств яиц без нарушения скорлупы производилась на следующие сутки после снесения (n= 350 шт.), а у 50 яиц из них определялись внутренние качества. В конце периода хранения: на 2, 4, 6, 8 и 10 сутки (по 60 яиц в каждой группе) у всех яиц были исследованы морфо-биофизические качества без нарушения скорлупы и с ее нарушением.

Качества яиц определялись в основном на приборах и по методикам, разработанным на кафедре птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко [2]. Кроме массы (весы ВК-600, MASSA K, Россия) у интактных яиц оценивались: плотность яиц с помощью специального устройства для взвешивания в воде, упругая деформация скорлупы (прибор для

определения упругой деформации скорлупы ПУД-200), большой и малый диаметры яйца (штангенциркуль), а при нарушении целостности скорлупы: масса желтка и скорлупы (весы ВК 600), большой и малый диаметры наружного плотного белка и диаметр желтка (штангенциркуль), высота белка и желтка (высотомер линейный ВЛ-1), пигментация желтка (15-балльная шкала РОШЕ), толщина скорлупы (прибор для определения толщины скорлупы ТС-1). Ряд показателей определялся расчетным путем:

1. Индекс формы яйца (ИФ), % =  $(d \div D) \times 100$ ,

где D – большой (продольный) диаметр; d – малый (поперечный) диаметр яйца.

2. Масса белка (Мб), г =  $M_{я.} - (M_{ж.} + M_{ск.})$ ,

где Мя – масса целого яйца, г; Мж – масса желтка, г; Мск. – масса скорлупы, г.

3. Индекс белка (ИБ), % =  $2h \div (d + D) \times 100$ ,

где h – высота плотного белка, мм; d – малый (поперечный) диаметр плотного белка, мм; D – большой (продольный) диаметр плотного белка, мм.

4. Индекс желтка (ИЖ), % =  $h \div D \times 100$ ,

где h – высота желтка, мм; d – диаметр желтка, мм.

5. Отношение массы белка к массе желтка (Обж) =  $M_{б.} \div M_{ж.}$ ,

где Мб – масса белка, г; Мж – масса желтка, г.

6. Объем яйца (V),  $см^3 = (M_1 - M_2) \times 1$ ,

где М<sub>1</sub> – масса яйца в воздухе, г; М<sub>2</sub> – масса яйца в дистиллированной воде, г;  
 1 – выталкивающая сила воды 1 г/см<sup>3</sup>.

7. Плотность яйца (P),  $г/см^3 = M_1 \div V$ ,

где М<sub>1</sub> – масса яйца в воздухе, г; V – объем яйца, см<sup>3</sup>.

**Результаты исследований.** На первом этапе исследований была произведена оценка морфо-биофизических качеств свежих яиц. Средняя масса исследуемых яиц (n= 350 шт.) составила 13,49 ± 0,13 г при Cv = 10,1%. Методом случайной выборки были отобраны 50 яиц для оценки их морфо-биофизических качеств до хранения. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Морфо-биофизические внутренние качества свежих яиц исследуемой породы (n = 50 яиц)

Table 1. Morpho-biophysical internal qualities of fresh eggs of the studied breed (n = 50 eggs)

Показатели	M±m	Cv, %	Lim	
			min	max
Масса целого яйца, г	13,47±0,15	9,6	10,74	17,39
Масса, г				
желтка	4,21±0,06	13,1	2,98	5,51
белка	7,81±0,09	11,3	5,92	10,9
скорлупы	1,45±0,02	10,9	1,11	1,98
Относительная масса, %				
желтка	31,26±0,27	8,5	25,60	40,71
белка	57,98±0,28	4,8	45,47	63,54
скорлупы	10,77±0,11	9,8	9,01	14,6
Отношение белка к желтку	1,86±0,02	12,4	1,12	2,35
Высота белка, мм	4,68±0,08	16,7	2,4	6,8
Индекс белка, %	11,22±0,23	20,0	5,65	14,63
Высота желтка, мм	11,85±0,08	6,6	10	14
Индекс желтка, %	47,02±0,34	7,2	38,46	50,0
Пигментация желтка, балл	4,77±0,08	15,9	3	6
Толщина скорлупы, мкм	191,8±2,06	10,6	150	240

Исследованиями установлено, что в структуре свежих яиц тexasской белой породы перепелов незначительно преобладает доля желтка по сравнению с перепелами яичного направления (японская), что в целом соответствует данным литературы по перепелкам [9, 11]. Следует указать, что свежие яйца обладали достаточно высоким, хорошо оформленным плотным белком и высоким значением показателя индекса белка. Однако оба показателя имели высокую изменчивость ( $C_v = 16,7$  и  $20,0\%$  соответственно). Более стабильным по своим характеристикам оказался желток. Замечено, что высота желтка и его индекс в исследуемых яйцах также оказались высокими. Полученные при исследовании высокие качества белка и желтка указывали на свежесть яиц. Следует обратить внимание на тонкую скорлупу яиц, которая в среднем по выборке составила  $191,8$  мкм при средней толщине скорлупы у большинства пород  $200-230$  мкм. Возможно, при такой скорлупе усушка яиц при хранении будет более высокой.

После анализа качества интактных яиц были сформированы группы-аналоги по массе яиц с учетом их формы, упругой деформации, и методом случайной выборки определены опытные группы со сроками хранения 2, 4, 6, 8, 10 суток. Результаты исследования представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Характеристика морфо-биофизических качеств свежих интактных яиц в опытных группах**

**Table 2. Characteristics of morpho-biophysical qualities of fresh intact eggs in experimental groups**

Показатели	Длительность хранения яиц, сутки				
	2 (n=60)	4 (n=60)	6 (n=60)	8 (n=60)	10 (n=60)
Масса, г	$13,56 \pm 0,20$	$13,28 \pm 0,27$	$13,68 \pm 0,33$	$13,29 \pm 0,24$	$13,53 \pm 0,31$
Плотность, г/см <sup>3</sup>	$1,0788 \pm 0,0001$	$1,0780 \pm 0,0001$	$1,0786 \pm 0,0002$	$1,0783 \pm 0,0001$	$1,0781 \pm 0,0001$
Индекс формы, %	$77,37 \pm 0,50$	$77,22 \pm 0,62$	$77,97 \pm 0,68$	$77,53 \pm 0,46$	$77,81 \pm 0,44$
Упругая деформация скорлупы, мкм	$27,58 \pm 1,26$	$28,7 \pm 0,87$	$28,8 \pm 1,36$	$29,16 \pm 1,49$	$29,23 \pm 1,68$

Следует отметить, что масса яиц соответствовала средним значениям породы, яйца обладали более округлой ( $77,2-77,8\%$ ) формой по сравнению с индексом формы у перепелов яичного направления ( $73-74\%$ ) и имели высокое значение упругой деформации скорлупы. В целом данные таблицы свидетельствуют об относительной однородности опытных групп по основным показателям, характеризующим их качества без нарушения скорлупы. Статистически достоверных различий по исследуемым показателям между опытными группами обнаружено не было.

Хранение яиц производилось в одинаковых условиях, рекомендованных ВНИТИП ( $8-10^\circ\text{C}$  при относительной влажности воздуха  $60-70\%$ ).

При завершении хранения яиц (на 2, 4, 6, 8, 10 сут.) был произведен анализ качественных характеристик яиц белой тexasской породы в опытных группах для определения динамики изменения их морфо-биофизических качеств за период хранения. Результаты исследования качества интактных яиц представлены в таблице 3.

Таблица 3. **Биофизические качества интактных яиц после хранения**  
 Table 3. **Biophysical qualities of intact eggs after storage**

Показатели	Длительность хранения яиц, сутки				
	2 (n=60)	4 (n=60)	6 (n=60)	8 (n=60)	10 (n=60)
Масса начальная, г	13,56±0,20	13,28±0,27	13,68±0,33	13,29±0,24	13,53±0,31
Масса после хранения, г	13,52±0,20	13,22±0,27	13,61±0,33	13,21±0,24	13,43±0,31
Плотность яиц после хранения, г/см <sup>3</sup>	1,0662±0,001	1,0645±0,001	1,0653±0,001	1,0635±0,002	1,0611±0,001
Потеря массы яиц, г %	0,04±0,003	0,06±0,007	0,07±0,002	0,08±0,014	0,1±0,012
	0,30±0,02	0,45±0,06	0,51±0,02	0,60±0,11	0,74±0,09
Упругая деформация скорлупы, мкм свежих яиц после хранения	27,58±1,26	28,7±0,87	28,8±1,36	29,16±1,49	29,23±1,68
	25,65±1,06	26,85±0,82	26,65±1,46	27,63±1,68	27,85±2,01

Данные, представленные в таблице 3, указывают на изменения, произошедшие у яиц исследуемых групп. Так, установлено, что при хранении яйца теряли массу за счет испарения влаги через поры скорлупы. Причем усушка яиц достоверно ( $P \geq 0,99$ ) увеличивалась с продолжительностью хранения от 0,3% (2 сут.) до 0,74% (10 сут.). Однако анализ среднесуточной потери влаги за весь период хранения в каждой группе показал обратную тенденцию (рис. 1).

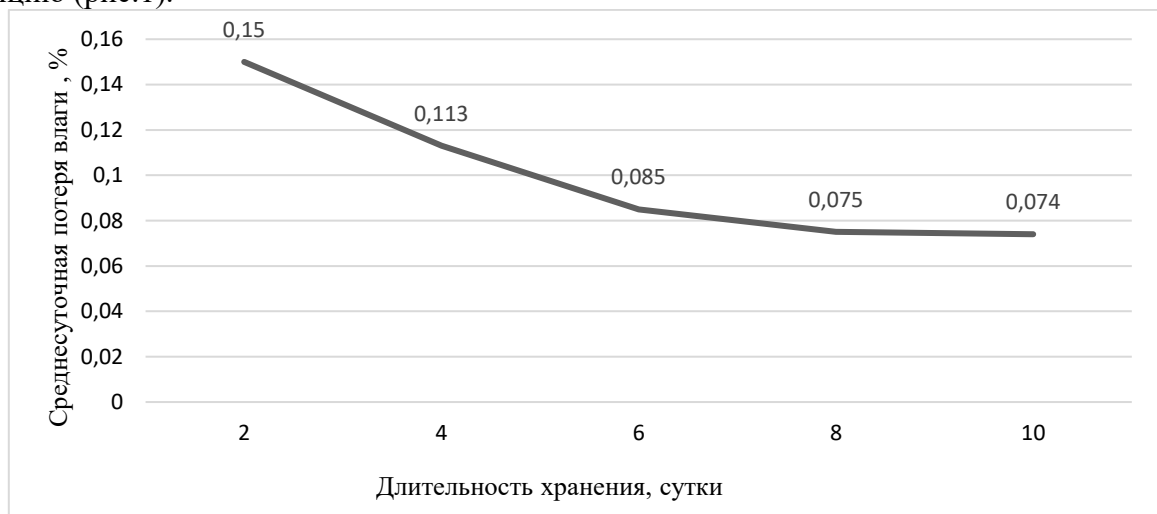


Рисунок 1. **Динамика среднесуточной потери влаги из яиц в процессе хранения**  
 Figure 1. **Dynamics of average daily moisture loss from eggs during storage**

Графический анализ полученных данных показал интенсивность снижения усушки. Так, в первые двое суток среднесуточная потеря массы яиц была в 2 раза выше и составляла 0,15%, а при 10–суточном хранении – 0,074%. Замечено, что после 6 суток хранения среднесуточная усушка в яйцах была минимальной и почти не отличалась в последних двух группах. Возможно, с этого периода жидкого наружного белка становится значительно меньше за счет испарения через поры скорлупы, а также миграции воды из наружного слоя жидкого белка в плотный, и усушка снижается.

Следует обратить внимание и на интенсивность изменения динамики упругой деформации скорлупы при хранении яиц (рис. 2).

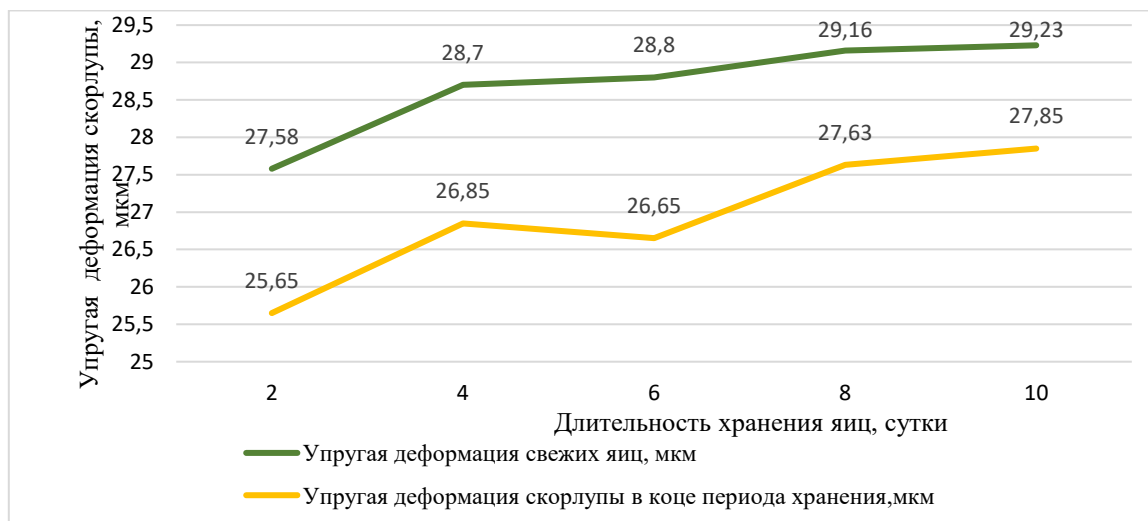


Рисунок 2. Динамика упругой деформации скорлупы яиц при хранении  
Figure 2. Dynamics of elastic deformation of egg shells during storage

Данные рисунка свидетельствуют о снижении показателя упругой деформации скорлупы в период хранения в сравнении с этим показателем у свежих яиц исследуемых групп. Причем в целом (кроме группы с хранением 6 сут.) выявлена тенденция снижения интенсивности улучшения качества скорлупы по этому показателю. Так, за двое суток хранения скорлупа (возможно, несколько подсыхая) стала менее упругой на 1,9 мкм (7,53 %), а за 10 сут. хранения – на 1,38 мкм, или на 4,96%.

Показателем, свидетельствующим о старении яиц, является их плотность. В литературе неоднократно указывалось о потере плотности яиц при хранении [7, 12, 4]. Анализ динамики плотности яиц показал, что она снижалась при хранении в течение 2 суток на 0,0126 г/см<sup>3</sup> (1,19%) и на 0,0170 г/см<sup>3</sup> (1,61%) при 10-суточном хранении по сравнению с плотностью свежих яиц. Динамика изменения плотности в группах с разным сроком хранения представлена на рисунке 3.

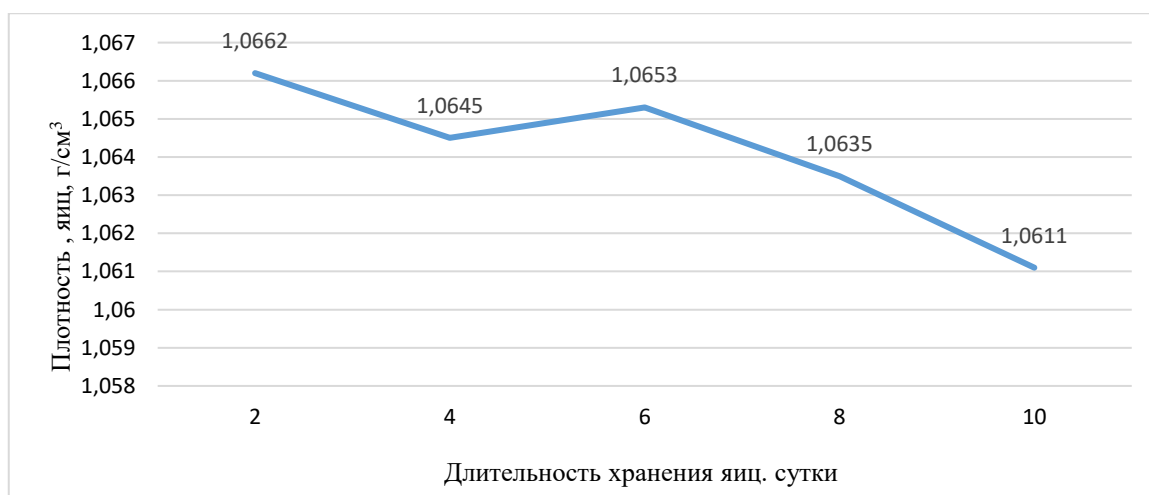


Рисунок 3. Динамика показателя плотности яиц при хранении  
у исследуемых групп

Figure 3. Dynamics of the egg density index during storage in the studied groups

Графический анализ показал не только направленность изменения плотности яиц при хранении, но и установил, что интенсивность снижения плотности яиц значительно увеличилась после 6 сут. хранения.

Таким образом, исследования показали, что при хранении происходили изменения, ухудшающие биофизические показатели интактных яиц исследуемой породы. Возможно, это повлечет за собой изменения их внутренних качеств. С этой целью были проведены исследования белка, желтка и скорлупы у яиц до и после хранения. Характеристика белка яиц после хранения представлена в таблице 4.

Таблица 4. Сравнительная характеристика качества белка яиц  
 Table 4. Comparative characteristics of egg white quality

Показатели	Свежие яйца (n=50)	Длительность хранения яиц, сутки				
		2 (n=60)	4 (n=60)	6 (n=60)	8 (n=60)	10 (n=60)
Масса яйца, г	13,47±0,15	13,52±0,20	13,22±0,27	13,61±0,33	13,21±0,24	13,43±0,31
Высота белка, мм	4,68±0,08	4,62±0,17	4,17±0,20	3,93±0,19	3,70±0,15	3,21±0,18
Масса белка, г	7,81±0,09	7,78±0,14	7,63±0,14	7,82±0,17	7,52±0,13	7,49±0,14
%	57,98±0,28	57,55±0,54	57,72±0,45	57,46±0,50	56,93±0,37	55,77±0,38
Индекс белка, %	11,22±0,23	10,51±0,47	9,85±0,64	7,61±0,39	6,73±0,42	6,05±0,71

Данные таблицы свидетельствуют о том, что доля белка у свежих яиц была высокой, но с продолжительностью хранения (10 сут.) эта доля достоверно ( $P \geq 0,999$ ) снизилась на 2,21%, что указывает на то, что вода в составе белка яйца находится в постоянном движении в процессе хранения. Результатом уменьшения массы белка явилось достоверное ( $P \geq 0,999$ ) снижение на 31,41% его высоты. Все это повлияло на индекс белка, который снизился в среднем за 10 суток на 5,17%. Следует отметить, что наиболее интенсивное уменьшение массы белка в яйце происходило после 8 суток хранения.

Таким образом установлено, что с хранением яиц за счет потери массы воды из белка через поры скорлупы и ее миграции в процессе хранения снижаются все показатели, характеризующие качество белка.

При хранении яиц, по данным литературных источников, снижаются показатели, характеризующие качества желтка [2, 3]. Показатели качества желтка и их изменение в процессе хранения в яйцах белой тexasской породы перепелов представлены в таблице 5.

Таблица 5. Сравнительная характеристика качества желтка яиц  
 Table 5. Comparative characteristics of egg yolk quality

Показатели	Свежие яйца (n=50)	Продолжительность хранения, сутки				
		2 (n=60)	4 (n=60)	6 (n=60)	8 (n=60)	10 (n=60)
Масса яйца, г	13,47±0,15	13,52±0,20	13,22±0,27	13,61±0,33	13,21±0,24	13,43±0,31
Высота желтка, мм	11,85±0,08	12,08±0,12	11,67±0,14	11,64±0,17	11,45±0,12	10,78±0,17
Масса желтка, г	4,18±0,06	4,28±0,07	4,18±0,12	4,30±0,17	4,22±0,14	4,38±0,13
%	31,50±0,27	31,64±0,50	31,62±0,48	31,60±0,67	31,95±0,62	32,62±0,66
Индекс желтка, %	47,02±0,34	45,63±0,65	45,16±0,52	44,88±0,83	44,26±0,71	43,57±0,85
Пигментация желтка, балл	4,77±0,08	4,63±0,17	4,85±0,21	4,75±0,18	4,75±0,19	5,35±0,15

Полученные данные свидетельствуют об изменениях, происходящих с желтком при хранении. Анализ качества желтка показал, что при хранении высота желтка и его индекс

снижались, что, по-видимому, объясняется ослаблением желточной оболочки, которая подвергалась действию проникающей в желток воды из белка. Исследования показали увеличение массы желтка при хранении 10 суток на 0,2 г (4,79%). Однако следует отметить, что динамика изменения доли желтка в процессе хранения имела криволинейную направленность, что свидетельствовало о разной интенсивности проникновения воды в желток. Однако с 6-х суток хранения доля желтка в яйцах стабильно увеличивалась с 31,6% до 32,62%.

В процессе исследования было выявлено изменение интенсивности пигментации желтка с 4,77 до 5,35 баллов, которая увеличилась к 10 суткам хранения на 12,16% по сравнению со свежими яйцами. Возможно, изменение пигментации желтка было связано с происходящими в желтке биохимическими изменениями, происходящими в процессе хранения [7].

Изменение массы желтка и массы белка в яйцах исследуемой породы при хранении изменило показатель отношения между белком и желтком (рис. 4).

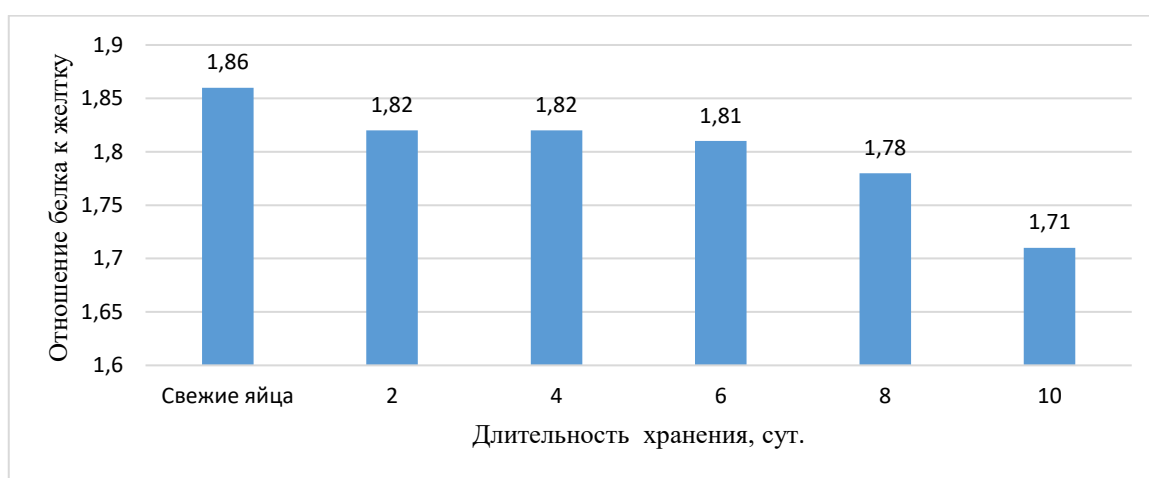


Рисунок 4. Динамика показателя отношения белка к желтку в процессе хранения  
Figure 4. Dynamics of the ratio of white to yolk during storage

Как и следовало ожидать, показатель отношения белка к желтку снижался. Это заметно стало после 6 суток хранения. Через 10 суток хранения отношение белка к желтку понизилось более чем на 8% по сравнению с показателем свежих яиц.

Таким образом, исследования внутренних качеств яиц показали, что наиболее сильно подвержен изменениям в процессе хранения белок яйца. Желток более консервативен к изменениям и, по нашему мнению, тесно связан с этапами миграции воды между белком и желтком.

**Вывод.** Данные, полученные в результате исследования, показали достоверные изменения морфо-биофизических качеств яиц белой техасской породы в процессе хранения. Выявлена прямая зависимость потери массы и плотности яиц в процессе хранения. Установлено снижение массы и качественных характеристик белка, а также увеличение массы желтка и снижение его качественных показателей при хранении яиц. Исследования показали, что заметные изменения морфо-биофизических показателей исследуемых яиц происходили после 6 суток хранения. Все это может оказывать негативное влияние на результаты инкубации яиц этой породы. Полученные данные указывают на необходимость корректировки длительности хранения инкубационных яиц исследуемой породы не более 6 суток.

#### Список источников литературы

1. Дегтярева О.Н. Селекция мясных перепелов на повышение воспроизводительных качеств // Птицеводство. – 2020. – № 3. – С. 10 – 14.

2. Царенко П.П., Васильева Л.Т. Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 280 с.
3. Царенко П.П., Васильева Л.Т. Биологическое обоснование режимов хранения яиц // Птицеводство. – 2016. – № 11. – С. 29–34.
4. Царенко П.П., Кулешова Л.А., Сафиулова Ю.Р. О сроках хранения яиц сельскохозяйственной птицы // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: сб. науч. трудов международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. Ч.1. (26-27 марта 2015 г.)/ СПбГАУ. – СПб, 2015. – С. 205-207.
5. Шульте-Дрюггелте Р. Предынкубация как способ улучшения выводимости хранящихся яиц // Poultry News. – 2015. – № 1. – С. 14 – 15.
6. Nowaczewski S. [et al.] Eggs weight of Japanese quail vs. eggs quality after storage time and hatchability results // Archiv Tierzucht. – 2010. – № 53. – P. 720-730
7. Кулешова Л.А. Влияние на качество перепелиных яиц условий хранения и материала упаковки // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 8. – С. 50-55.
8. Raji A. O. Effect of storage methods and time on egg quality traits of laying hens in hot dry climate // Journal of Agricultural and Biological Science. – 2009. – vol. 4. – № 4. – P. 1–7.
9. Бочинина К.Н., Щербатов В.И. Морфологические показатели и качество яиц перепелов разных пород // Птицеводство. – 2021. – № 6. – С.69 –72
10. Технология инкубации яиц сельскохозяйственной птицы: Руководство/ редактор В.Ф. Кузнецова. – Сергиев Посад, 2016. – 90 с.
11. Авдошина О. М., Пигарева Л.В., Клетникова Л.В. и [др.] Сравнительный анализ морфометрических и биохимических показателей перепелиных яиц // Успехи современной науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 25 – 28.
12. Царенко П.П., Кулешова Л.А. Методы оценки свежести яиц и их сравнительная характеристика // Современные тенденции научного обеспечения в развитии АПК: фундаментальные и прикладные исследования: материалы науч.- прак. конф. (10 ноября 2016 г.). – Омск, 2016. – С.177 – 183.

### References

1. Degtyareva, O.N. (2020), “Breeding of meat quails to improve reproductive qualities”, *Poultry farming*, no. 3, pp. 10-14.
2. Tsarenko P.P. and Vasilyeva L.T. (2016), *Methods of evaluation and improvement of the quality of poultry eggs: textbook*, St. Petersburg: Publishing House "Lan", 280 p.
3. Tsarenko P.P. and Vasilyeva L.T. (2016), “Biological justification of egg storage regimes”, *Poultry farming*, no. 11, pp. 29-34.
4. Tsarenko, P.P., Kuleshova, L.A. and Safiulova, Y.R. (2015), “On the shelf life of poultry eggs”, *sb.nauch.trudov mejdunarodnoi nauchno\_prakticheskoi konferencii molodih uchenih i studentov. Ch.1. 26\_27 marta 2015 g.*, [collection of scientific.Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists and students. Part 1. March 26-27, 2015] *Nauchnii vklad molodih issledovatelei v sohranenie tradicii i razvitie APK*, [Scientific contribution of young researchers to the preservation of traditions and the development of agriculture]., Proceedings of St. Petersburg State University, part 1.– St. Petersburg, 2015. – pp. 205-207.
5. Schulte-Druggelte R. (2015), “Pre–incubation as a way to improve the hatchability of stored eggs”, *Poultry News*, no. 1, pp. 14-15.
6. Nowaczewski, S. [et al.] (2010), “Eggs weight of Japanese quail vs. eggs quality after storage time and hatchability results”, *Archiv Tierzucht*, no. 53, P. 720-730.
7. Kuleshova, L.A. (2017), “Influence of storage conditions and packaging material on the quality of quail eggs”, *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 8, pp. 50-55.
8. Raji, A. O. (2009), “Effect of storage methods and time on egg quality traits of laying hens in hot dry climate”, *Journal of Agricultural and Biological Science*, vol. 4, no. 4, P. 1–7.
9. Bochinina, K.N. and Shcherbatov V.I.(2021), “Morphological parameters and quality of quail eggs of different breeds”, *Poultry farming*, no. 6, p.69 -72.
10. *Technology of incubation of poultry eggs (2016)*, [Technology of incubation of poultry eggs (2016)]: A guide, in editor Kuznetsova V.F.. Sergiev Posad, Russia 2016. 90 p.



11. Avdoshina, O.M., Pigareva L.V., Kletnikova L.V. and [others], (2015), "Comparative analysis of morphometric and biochemical parameters of quail eggs", *Successes of modern science and education*, no. 5, pp. 25-28.
12. Tsarenko, P.P. and Kuleshova, L.A. (2016), "Methods of assessing the freshness of eggs and their comparative characteristics", *materiali nauch.\_prak. konf.10 noyabrya 2016 g*, [materials of scientific research.- prak. conf. November 10, 2016], *Sovremennii tendencii nauchnogo obespecheniya v razvitii APK\_ fundamentalnie i prikladnie issledovaniya*, [Modern trends of scientific support in the development of agriculture], Omsk, Russia, pp.177-183.

#### Сведения об авторах

**Васильева Людмила Трофимовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1650-7162.

**Шабанова Светлана Анатольевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

#### Information about the authors

**Vasilyeva Lyudmila Trofimovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin code: 1650-7162.

**Shabanova Svetlana Anatolyevna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

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

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

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

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

*Статья поступила в редакцию 07.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 01.06.2022 г.; принята к публикации 10.06.2022 г.*

*The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted after publication 10.06.2022.*

**ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ  
PROCESSES AND MACHINES  
OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS**

---

Научная статья

УДК 621.311(07)

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-145-154

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНОГО  
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

**Сергей Васильевич Гулин<sup>1</sup>, Александр Григорьевич Пиркин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; serg.gulin2010@yandex.ru;  
<http://orcid.id/0000-0002-7355-0498>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; pirkin.ag@mail.ru;  
<http://orcid.id/0000-0003-1961-8831>

**Реферат.** Качественные исследования сложных электротехнологических систем, независимо от того, какими производственными процессами они управляют, должны носить комплексный характер, т.е. учитывать параметры как внутренней, так и внешней среды этих систем. В настоящей статье произведена оценка влияния такого важного элемента внешней среды, в которой функционирует электротехнологическая система, как энергосервисная компания (ЭСКО), осуществляющая ряд мероприятий по обслуживанию и ремонту используемого электрооборудования. Целью исследования является анализ работы ЭСКО и системы электроснабжения, обеспечивающих высокую эксплуатационную надежность используемого электротехнологического оборудования (ЭТО) и решающих задачи энергосбережения в процессе реализации производственного процесса. Поскольку все процессы, протекающие как во внутренней, так и во внешней среде электротехнологической системы, носят случайный характер, наиболее эффективным методом исследования этих процессов является метод вероятностного моделирования. Объектами исследования являются случайные параметры и события, характерные для обеспечения процесса эксплуатации ЭТО и оказывающие существенное влияние на его эффективность. В завершающей части статьи предложена методика всестороннего исследования сложного ЭТО, позволяющая оптимизировать процесс эксплуатации этого оборудования и производственный процесс в целом, что, в конечном счете, приведет к повышению прибыли и рентабельности предприятия АПК.

**Ключевые слова:** электротехнологическая система, эксплуатационная надежность электрооборудования, энергосервисная компания, эффективность производственного процесса

**Цитирование.** Гулин С.В., Пиркин А.Г. Комплексный подход к оценке эффективности сложного электротехнологического оборудования на предприятиях АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 145-154. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-145-154.

**INTEGRATED APPROACH TO EVALUATING THE EFFICIENCY OF COMPLEX ELECTROTECHNICAL EQUIPMENT AT AIC ENTERPRISES****Sergey V. Gulin<sup>1</sup>, Alexander G. Pirkin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Petersburg highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; serg.gulin2010@yandex.ru; <http://orcid.id/0000-0002-7355-0498>

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State Agrarian University, Petersburg highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; pirkin.ag@mail.ru; <http://orcid.id/0000-0003-1961-8831>

**Abstract.** Qualitative studies of complex electrotechnical systems, regardless of what production processes they control, should be of a complex nature, i.e. they should take into account the parameters of both the internal and external environment of these systems. This article assesses the impact of an important element of the external environment in which the electrotechnological system operates such as an energy service company (ESCO), which carries out a number of activities for the maintenance and repair of the electrical equipment used. The aim of the study is to analyze the operation of ESCOs and the power supply system, which ensure high operational reliability of the used electrotechnological equipment (ETE) and solve energy saving problems in the process of implementing the production process. Since all processes occurring both in the internal and external environment of the electrotechnological system are random in nature, the most effective method for studying these processes is the method of probabilistic modeling. The objects of the study are random parameters and events that are characteristic for ensuring the process of operation of ETE and have a significant impact on its efficiency. In the final part of the article, a methodology for a comprehensive study of complex ETE is proposed, which makes it possible to optimize the operating of this equipment and the production process as a whole, which ultimately will lead to an increase in the profit and profitability of the agro-industrial complex.

**Keywords:** *electrotechnological system, operational reliability of electrical equipment, energy service company, production process efficiency*

**Citation.** Gulin, S.V. and Pirkin, A.G. (2022), “Integrated approach to evaluating the efficiency of complex electrotechnical equipment at AIC enterprises”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol.67, no. 2, pp. 145-154, (In Russ), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-145-154.

**Введение.** На современном этапе развития отечественного агропромышленного комплекса (АПК) электротехнологическое оборудование (ЭТО), независимо от сферы своего применения, становится все более сложным. Внешняя среда, в которой осуществляется эксплуатация этого оборудования, как правило, носит случайный, а в отдельных случаях и непредсказуемый характер. В связи с вышеизложенным качественное исследование отдельных видов ЭТО, а также решение различных задач оценки эффективности электротехнологических систем весьма затруднительно без применения комплексного подхода, направленного на совместный анализ параметров и структурных изменений их внутренней и внешней среды. Рассмотрению вопросов, связанных с анализом таких критериев, определяющих эффективность внутренней среды электротехнологических систем, как эксплуатационная надежность, ремонтпригодность, энергоэффективность, квалификация персонала и др., посвящен ряд работ [1, 2, 3, 4, 9].

К характерным особенностям этих работ следует отнести разработку методик, позволяющих использовать вероятностный подход к определению и изучению вышеназванных критериев эффективности, путем определения их статистических характеристик, таких как математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение и др. В работах [4, 8] впервые была разработана вероятностная модель внешней среды, позволяющая исследовать случайный процесс поставки сырья, обеспечивающий эффективную работу электротехнологической поточной линии (ЭТЛ).

**Цель исследования** – анализ функционирования энергосервисной компании (ЭСКО) и системы электроснабжения как элементов внешней среды, позволяющих обеспечивать высокую надежность работы электротехнологического оборудования (ЭТО) и решающих задачи минимизации расхода электроэнергии в процессе энергообеспечения производственного или технологического процесса.

В общем случае под электротехническим оборудованием следует понимать некоторую совокупность электротехнических изделий, в которых в соответствии с их предназначением осуществляется производство, передача, преобразование, распределение или потребление электрической энергии.

В связи с вышеизложенным ЭТО следует рассматривать как составную часть электрооборудования – подсистему, потребляющую электроэнергию для технологических нужд.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Необходимым условием получения высоких производственных показателей является организация рациональной эксплуатации электроустановок, обеспечивающих все технологические процессы. Процесс эксплуатации в общем случае включает в себя некоторую совокупность сервисных мероприятий с ЭТО, включая производство, транспортировку, испытания, техническое обслуживание, ремонт и хранение.

В соответствии с материалами, представленными в работе [1], более развернутый вид процесса эксплуатации ЭТО включает в себя пять составляющих (рисунок 1):

- теоретические основы эксплуатации;
- производственная эксплуатация;
- техническая эксплуатация;
- организация эксплуатации;
- свойства, параметры и условия эксплуатации.



Рисунок 1. Составляющие процесса эксплуатации электрооборудования  
 Figure 1. Components of the operation of electrical equipment

Режим эксплуатации ЭТО следует считать оптимальным (рациональным), если потребность производственного процесса в электроэнергии удовлетворяется в полном объеме при минимальных удельных суммарных затратах.

При этом отдельные виды ЭТО следует рассматривать как некоторые подсистемы электротехнологической системы, являющейся в свою очередь частью производственной системы, предназначенной для выпуска определенных видов продукции. В связи с вышеизложенным можно сделать вывод о том, что эффективная организация технологического процесса и эксплуатации электрооборудования ведет к увеличению объема выпуска продукции, повышению её качества и снижению себестоимости.

На рисунке 2 показана упрощенная схема производственной системы (ПС), включающей различные виды используемых ресурсов (трудовые – Тр, материальные – Мр и энергетические – Эр) и технологические объекты – Т.

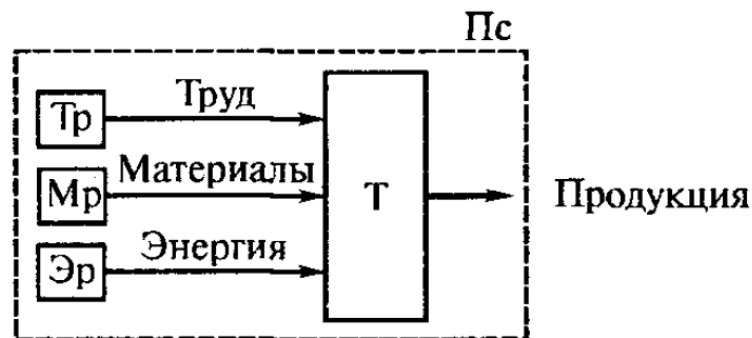


Рисунок 2. Упрощенная схема производственной системы  
 Figure 2. Simplified scheme of the production system

Для обеспечения оптимального процесса эксплуатации следует решить три промежуточные задачи:

- обеспечение требуемой надежности электрооборудования;
- рациональное использование электрооборудования и энергоресурсов;
- поддержание оптимального уровня затрат на эксплуатацию.

Обобщенная схема функционирования электротехнологической системы на предприятии АПК с привлечением энергосервисной компании (ЭСКО) представлена на рисунке 3 [10].

Система, представленная на рисунке 3, является замкнутой системой, особенностью которой является наличие обратных связей. Эти связи (обозначены пунктирными стрелками) позволяют осуществлять корректировку как объемов поставляемого сырья и энергетических ресурсов, так и требований, предъявляемых к работе ЭСКО.

На представленной схеме четко прослеживаются процессы взаимодействия элементов внутренней и внешней среды электротехнологической системы, с использованием как прямых, так и обратных связей. Внутренняя среда системы характеризуется такими показателями качества, как эксплуатационная надежность, ремонтпригодность, энергоэффективность, возможность использования энергосберегающих режимов, производственная эффективность и др. Внутренняя среда также может содержать автономный (резервный) источник энергии на случай выхода из строя системы централизованного энергоснабжения.

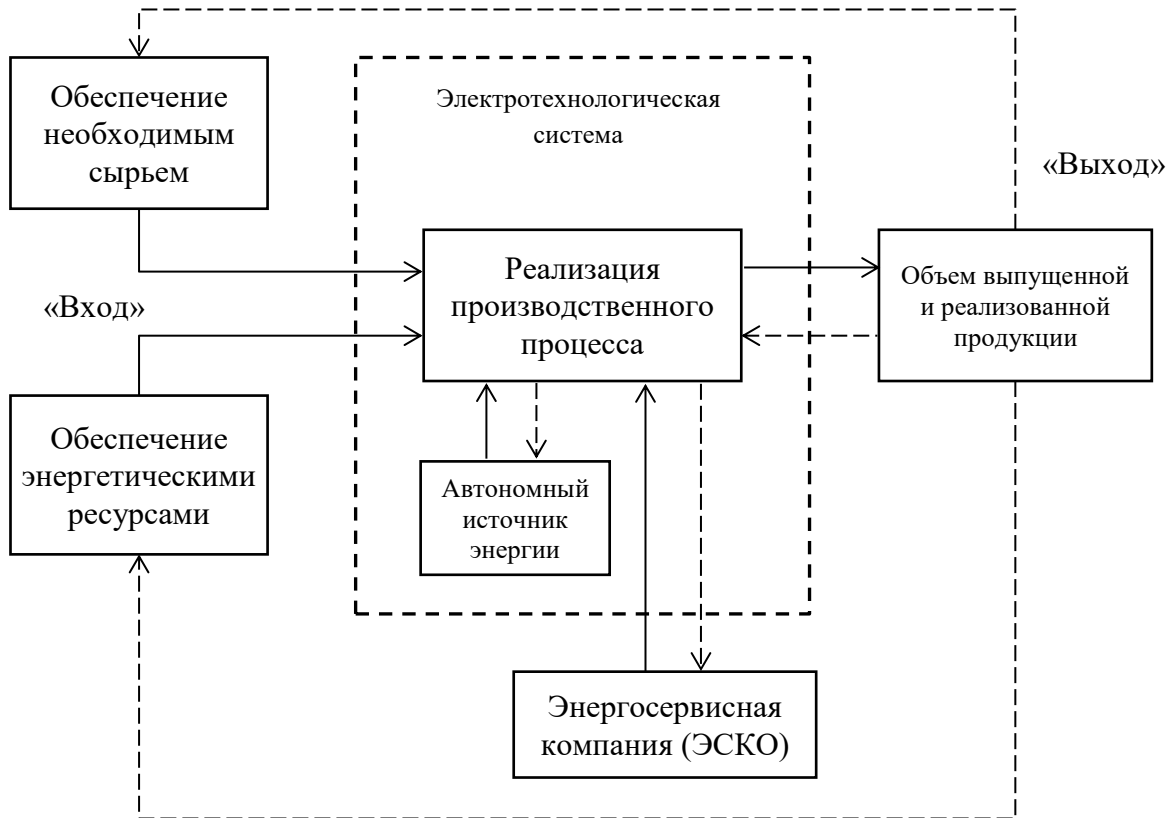


Рисунок 3. **Обобщенная схема процесса функционирования электротехнологической системы:**  
 Figure 3. **Generalized scheme of the process of functioning of the electrotechnological system:**

- - - - - - - граница внутренней среды [the boundary of the internal environment];
- - - - -> - потоки осведомительной информации [flows of informative information];
- > - результаты деятельности [results of activity].

К внешней среде электротехнологической системы следует отнести четыре основные компоненты:

- обеспечение необходимым сырьем;
- обеспечение энергетическими ресурсами;
- готовую продукцию, предназначенную к реализации на рынке;
- энергосервисную компанию (ЭСКО), обеспечивающую поддержание высокой эксплуатационной надежности ЭТО и, в конечном счете, необходимых параметров производственного процесса.

Такой важнейший компонент внешней среды, как объем реализуемой продукции, в значительной степени зависит от качества проведенных маркетинговых исследований [5].

Обратные связи электротехнологической системы, передающие потоки осведомительной информации, обеспечивают оптимальное управление как поставками сырья и энергетических ресурсов, так и работой ЭСКО.

ЭСКО, в сущности, представляет собой организацию, осуществляющую управление всеми стадиями (этапами) внедрения проекта энергоэффективности для конкретной электротехнологической системы и одновременно обеспечивает другие виды услуг [6, 7]:

- информационные (маркетинговые) услуги, позволяющие потребителям оптимизировать закупки различных видов энергии;
- услуги по обеспечению энергетических ресурсов в достаточных объемах;

- услуги по обеспечению необходимых показателей качества различных видов энергии.

Вышеперечисленные услуги позволяют обслуживаемому предприятию больше внимания уделять решению своих основных задач.

**Результаты исследований.** На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что проводимые ЭСКО энергосервисные мероприятия позволяют существенным образом повысить эксплуатационную надежность электрооборудования, оптимизировать процесс текущего потребления энергоресурсов, оценить возможный потенциал энергосбережения. Вместе с тем это позволит определить пути и средства, предназначенные для снижения потребления энергоресурсов, осуществить подготовку и реализацию комплекса энергосберегающих мероприятий, что в свою очередь обеспечит повышение экономической эффективности производственных процессов.

Рассмотрев в полном объеме основные элементы и факторы внутренней и внешней среды, эффективность производственного процесса в общем виде  $\mathcal{E}_{III}(t)$  можно представить как некоторый функционал  $F$  от нескольких функций времени:  $\mathcal{E}_{ЭТО}(t)$ ,  $\mathcal{E}_{ПС}(t)$ ,  $\mathcal{E}_{ПЭР}(t)$ ,  $\mathcal{E}_{ЭС}(t)$  [10].

$$\mathcal{E}_{III}(t) = F[\mathcal{E}_{ЭТО}(t), \mathcal{E}_{ПС}(t), \mathcal{E}_{ПЭР}(t), \mathcal{E}_{ЭС}(t)], \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{ЭТО}(t)$  – эффективность функционирования электротехнологического оборудования (ЭТО), являющегося внутренней компонентой среды рассматриваемой системы;

$\mathcal{E}_{ПС}(t)$ ,  $\mathcal{E}_{ПЭР}(t)$  – эффективности процессов обеспечения сырьем и различными видами энергетических ресурсов в полном объеме, соответственно;

$\mathcal{E}_{ЭС}(t)$  – эффективность функционирования энергосервисной компании.

Отдельные вопросы, связанные с оценкой эффективности сложных электротехнологических систем, изложены в работах [12, 13].

В связи с тем, что время нахождения конкретного вида ЭТО в сервисной компании (время обслуживания –  $t_{обсл.}$ ) является случайной величиной, его можно представить в виде математического ожидания:

$$MO[t_{обсл.}] = MO[t_1] + MO[t_2] + \dots + MO[t_i] + \dots + MO[t_n], \quad (2)$$

где  $n$  – общее число технологических операций (этапов реализации энергосервисного договора);

$i$  – номер технологической операции;

$MO[t_1], \dots, MO[t_i], \dots, MO[t_n]$  – величины математических ожиданий времени реализации отдельных этапов энергосервисного договора.

В процессе своей эксплуатации ЭТО либо обеспечивает производственные (технологические) нужды предприятия, либо находится в ЭСКО на сервисном обслуживании (в ремонте). В связи с вышеизложенным время его полноценной работы  $MO[t_{раб.}]$  (время, в течение которого предприятием осуществляется выпуск продукции) рассчитывается по следующей формуле:

$$MO[t_{раб.}] = MO[t_{общ.}] - MO[t_{обсл.}], \quad (3)$$

где  $MO[t_{общ.}]$  – математическое ожидание общего времени эксплуатации ЭТО.

Проанализировав формулу (3), можно утверждать, что основная задача ЭСКО сводится к минимизации величины  $MO[t_{обсл.}]$ , что в свою очередь приводит к обеспечению максимального времени полноценной работы электротехнологической системы в целом. В конечном счете мы получаем повышение таких экономических показателей предприятия, как прибыль, рентабельность и снижение срока окупаемости основных средств.

Все представленные выше математические выражения не учитывают возможности возникновения очередей на входе ЭСКО, представляющую собой систему массового обслуживания.

Изучив вопросы, связанные с обеспечением эксплуатационной надежности электрооборудования, рассмотрим два возможных варианта электроснабжения производственного процесса:

1-й вариант: осуществляется бесперебойное централизованное электроснабжение от распределительных электрических сетей;

2-й вариант: переход на электропитание от автономного источника в случае нарушения централизованного электроснабжения.

Поскольку работа электротехнологической системы в целом представляет собой некоторый случайный процесс, рассмотренные выше варианты представляют собой не что иное, как случайные события  $A_1$  и  $A_2$ .

Воспользовавшись основными теоремами теории вероятностей [11], получим общие формулы для расчета вероятностей успешной реализации производственного процесса  $P_{III}$ .

Для 1-го варианта электроснабжения:

$$P_{III1} = P(A_1) \times P(A_3) \times P(A_4), \quad (4)$$

где  $P(A_1)$  – вероятность надежного централизованного электроснабжения (событие  $A_1$ );

$P(A_3)$  – вероятность бесперебойной поставки сырья (событие  $A_3$ );

$P(A_4)$  – вероятность качественной работы ЭСКО по ремонту и обслуживанию ЭТО (событие  $A_4$ ).

Для 2-го варианта электроснабжения:

$$P_{III2} = P\left(\frac{A_2}{A_5}\right) \times P(A_3) \times P(A_4), \quad (5)$$

где  $A_2$  – событие, связанное с переходом на электропитание от автономного источника;

$A_5$  – событие, заключающееся в нарушении централизованного электроснабжения;

$P(A_2/A_5)$  – вероятность наступления события  $A_2$  при условии, что событие  $A_5$  произошло.

Приведем конкретный пример расчёта.

Исходные данные для 1-го варианта:  $P(A_1) = 0,93$ ;  $P(A_3) = 0,9$ ;  $P(A_4) = 0,95$ .

Исходные данные для 2-го варианта:  $P(A_2/A_5) = 0,85$ ; значения  $P(A_3)$  и  $P(A_4)$  те же, что для 1-го варианта.

Результаты расчета:

$$P_{III1} = 0,93 \times 0,9 \times 0,95 \approx 0,795.$$

$$P_{III2} = 0,85 \times 0,9 \times 0,95 \approx 0,727.$$

Поскольку ситуация в процессе работы электрооборудования постоянно меняется, эти результаты соответствуют достаточно короткому интервалу времени.

Примерный график зависимости вероятностей успешной реализации производственного процесса от времени  $P_{III}(t)$  может иметь следующий вид (рисунок 4).

Подобные зависимости для различных видов электрооборудования могут быть получены с использованием метода вероятностного моделирования.

Материалы, представленные в настоящей статье, позволят вплотную подойти к разработке обобщенной вероятностной модели процесса эксплуатации энерготехнологической системы, которая позволит детально исследовать работу ЭСКО и системы электроснабжения производственного процесса выпуска продукции.



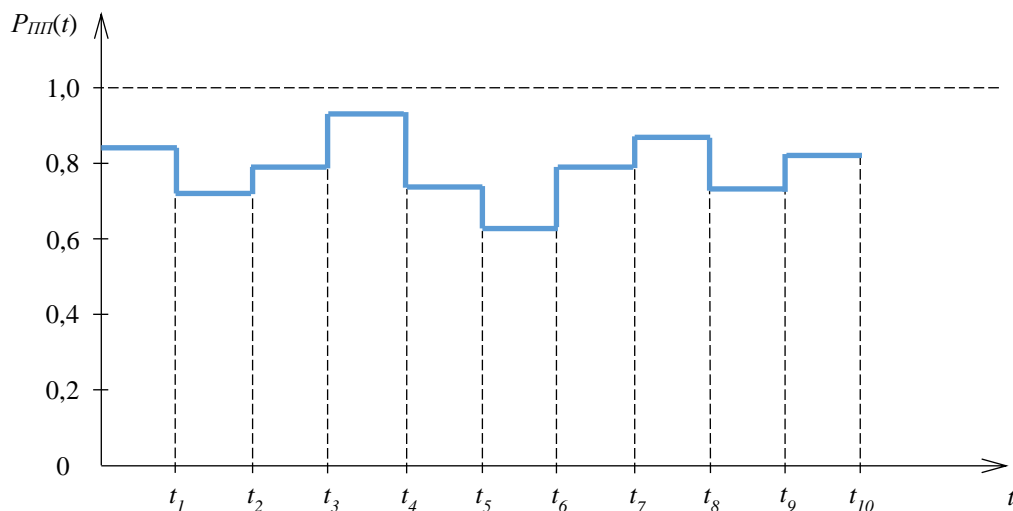


Рисунок 4. Примерная зависимость величин  $P_{III}$  от времени  
 Figure 4. Approximate dependence of  $P_{III}$  values on time

### Выводы.

1. В статье разработана методика исследования эффективности функционирования сложных электротехнологических систем, учитывающая параметры как их внутренней, так и внешней среды.

2. Полученные в статье результаты позволяют обеспечить использование метода вероятностного моделирования для всесторонних исследований электротехнологических процессов и систем.

### Список источников литературы

1. Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П.Коломиец, Н.П.Кондратьева, Ю.А.Медведько, М.А.Таранов. – М.:КолосС, 2007. – 344 с.
2. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. – Мн.; Дизайн ПРО, 2006. – 472 с.
3. Беззубцева М.М. Электротехнологии и электротехнологические установки: учебное пособие. – СПб.: СПбГАУ, 2011. – 242 с.
4. Исаенко Д.А., Пиркин А.Г. Вероятностный подход к оценке энергетической эффективности функционирования поточных линий на предприятиях АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. - № 23 –С. 434-441.
5. Голубков П.Е. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. – 4-ое изд., перераб и доп. – М.: Финпресс, 2018. – 496 с.
6. Беззубцева М.М., Гулин С.В., Пиркин А.Г. Энергетический менеджмент и энергосервис в аграрном секторе экономики: учебное пособие. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – 186 с.
7. Ракутько С.А. Теория энергосбережения: научные абстракции и практическая конкретность // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 32. – С. 268 - 275.
8. Исаенко Д.А. Методика формирования рациональной поставки сырья для энерготехнологических поточных линий на перерабатывающих предприятиях АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013.– № 33. – С. 238-243.
9. Ракутько С.А, Ракутько Е.Н. Моделирование и численный анализ энергоэкологичности светокультуры // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13. – С. 11-17.
10. Гулин С.В., Пиркин А.Г. Исследование комплексного подхода для решения задач эксплуатации сложных энерготехнологических систем на предприятиях АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 37. – С. 199 - 203.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник для вузов. – 6-ое изд. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.

12. Foley, A. M. A strategic review of electricity systems models / A.M.Foley, B. P. Ó Gallachóir, J. Hur, R. Baldick, E. J.McKeogh // *Energy*, Volume 35, Issue 12. - 2010. - pp. 4522 - 4530.
13. Schulze, M. Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework / M. Schulze, H. Nehler, M. Ottosson, P. Thollander // *Journal of Cleaner Production*. - 2015. - Vol. 112, №. 13/14. - pp. 3692 - 3708.

### References

1. Eroshenko, G.P., Kolomiye, A.P., Kondratiev, N.P., Medvedko, Yu.A. and Taranov, M.A. (2007), *Ekspluatatsiya elektrooborudovaniya* [Operation of electrical equipment], KolosS, Moscow, Russia.
2. Kutsenko, G.F. (2006), *Montazh, ekspluatatsiya i remont elektrooborudovaniya* [Installation, operation and repair of electrical equipment], Design PRO, Minsk, Belarusia.
3. Bezzubtseva, M.M. (2011), *Elektrotekhnologii i elektrotekhnologicheskiye ustanovki: uchebnoye posobiye* [Electrotechnologies and electrotechnological installations: textbook], Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University, Russia.
4. Isaenko, D.A. and Pirkin, A.G. (2011), "A probabilistic approach to assessing the energy efficiency of the functioning of production lines at agribusiness enterprises", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, No. 23, pp. 434 - 441.
5. Golubkov, P.Ye. (2018), *Marketingovyye issledovaniya: teoriya, metodologiya i praktika* [Marketing Research: Theory, Methodology and Practice], 4th ed., Finpress, Moscow, Russia.
6. Bezzubtseva, M.M., Gulin, S.V. and Pirkin, A.G. (2014), *Energeticheskiy menedzhment i energoservis v agrarnom sektore ekonomiki: uchebnoye posobiye* [Energy management and energy service in the agricultural sector of the economy: textbook], Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University, Russia.
7. Rakutko, S.A. (2013), "Theory of energy saving: scientific abstractions and practical concreteness", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, No. 32, pp. 268 - 275.
8. Isaenko, D.A. (2013), "Methodology for the formation of a rational supply of raw materials for energy technological production lines at the processing enterprises of the agro-industrial complex", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, No. 33, pp. 238 - 243.
9. Rakutko, S.A. and Rakutko, E.N. (2019), "Modeling and numerical analysis of the energy-ecology of light culture", *Agricultural machines and technologies*, vol. 13. pp. 11 - 17.
10. Gulin, S.V. and Pirkin, A.G. (2014), "Research of an integrated approach for solving the problems of operating complex energy-technological systems at agribusiness enterprises", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, No. 37, pp. 199 - 203.
11. Venttsel', Ye.S. (1999), *Teoriya veroyatnostey: uchebnyk dlya vuzov* [Probability theory: a textbook for universities], 6th ed., Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
12. Foley, A.M., Ó Gallachóir, B.P., Hur, J., Baldick, R. and McKeogh, E.J. (2010), "A strategic review of electricity systems models", *Energy*, vol. 35, Issue 12, pp. 4522 - 4530.
13. Schulze, M., Nehler, H., Ottosson, M. and Thollander, P. (2015), "Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework", *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, no. 13/14, pp. 3692 - 3708.

### Сведения об авторах

**Гулин Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры энергообеспечения производств и электротехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7418-4418, Scopus author ID: 57221205780.

**Пиркин Александр Григорьевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергообеспечения производств и электротехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6918-6735, Scopus author ID: 57221192886.

### Information about the authors

**Sergey V. Gulin** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Production and Electrical Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of

Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 7418-4418, Scopus avtor ID: 57221205780.

**Alexander G. Pirkin** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Production and Electrical Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6918-6735, Scopus avtor ID: 57221192886.

**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 10.05.2022 г.; одобрена после рецензирования 20.06.2022 г.; принята к публикации 24.06.2022 г.*

*The article was submitted 10.05.2022; approved after reviewing 20.06.2022; accepted after publication 24.06.2022.*

Научная статья

УДК 621.31

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-154-164

## АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СОЧЕТАНИЯ МОЩНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТИПОВОГО ОБЪЕКТА РАСТЕНИЕВОДСТВА

**Юлия Владимировна Даус<sup>1</sup>, Валерий Владимирович Харченко<sup>2</sup>,  
Игорь Викторович Юдаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; zirochka2505@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-9120-7637>

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия; kharval@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3725-2976>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; etsh1965@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>

**Реферат.** Актуальной задачей при обосновании параметров фотоэлектрических систем для электроснабжения объектов АПК является гармонизация различия между потреблением и генерацией электрической энергии с учетом реализуемого ресурса солнечной энергии и конструктивных особенностей зданий. Цель исследования – проанализировать варианты сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии на примере типового объекта растениеводства (овощехранилища) с учетом его конструктивных особенностей для различных вариантов пространственной ориентации. Были рассмотрены следующие режимы функционирования фотоэлектрической системы: минимальный режим генерации электрической энергии, режим генерации, обеспечивающий суточный объем потребляемой

электрической энергии в июне и декабре с и без использования аккумулирующих устройств, исходя из пространственных особенностей размещения фотоэлектрических модулей на выделенном под их установку участке и ресурса солнечной энергии в рассматриваемой географической точке на поверхности Земли. Анализ вариантов сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии для типового объекта растениеводства показал, что только минимальный режим генерации электрической энергии фотоэлектрической установкой, смоделированный по графику июня, позволяет снизить нагрузку на энергосистему без использования аккумулирующих устройств. Определение параметров фотоэлектрической системы для минимального и обеспечивающего суточную нагрузку потребителя режимов по графику декабря приводит к завышению мощности системы ввиду низкой интенсивности солнечной радиации и работы системы отопления, в результате чего в летние месяцы избыток вырабатываемой электрической энергии в разы превышает потребление. Установка фотоэлектрических модулей на крыше здания не под углом наклона ограждающей конструкции здания, на котором они размещены, а под оптимальным углом, вне зависимости от пространственной ориентации здания, позволяет уменьшить их количество на 20–40% при тех же режимных показателях.

*Ключевые слова:* объект АПК, график нагрузки, режим генерации, фотоэлектрическая система

**Цитирование.** Даус Ю.В., Харченко В.В., Юдаев И.В. Анализ вариантов сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии типового объекта растениеводства // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(67). – С. 154-164. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-154-164.

## ANALYSIS OF OPTIONS FOR COMBINING POWER OF ELECTRIC ENERGY GENERATION AND CONSUMPTION FOR TYPICAL PLANT PRODUCTION FACILITY

Yulia V. Daus<sup>1</sup>, Valery V. Kharchenko<sup>2</sup>, Igor V. Yudaev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; zirochka2505@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-9120-7637>

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russia; kharval@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3725-2976>

<sup>3</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; etsh1965@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>

**Abstract.** The urgent task in substantiating the photovoltaic systems' parameters for power supply of agro-industrial complex is to harmonize the difference between electrical energy consumption and generation, taking into account the utilized solar energy resource and the design features of buildings. The purpose of the study is to analyze options for combining power of electrical energy generation and consumption using the example of the typical plant production facility (vegetable storage), taking into account building design features for its different spatial orientations. The following operation modes of the photovoltaic system were considered: the minimum mode of generating electric energy, the generation mode that provides the daily volume of consumed electric energy in June and December with and without the storage devices' application, based on the spatial features of the placement of photovoltaic modules in the area allocated for their installation and solar energy resource in the considered geographical point on the surface of the Earth. The analysis of the options for combining the power of electrical energy generation and consumption for typical plant production facility showed that only the minimum mode of generating electrical energy by the photovoltaic system, modeled according to the June schedule, can reduce the load on the Energy System without storage devices' application. Determining the parameters of the photovoltaic system for the minimum and providing the daily load of the consumer modes according to the December schedule leads to the overestimation of the system power due to the low solar radiation intensity and

the heating system operation, as a result of which, in the summer months, generated electrical energy exceeds consumption by several times. Installing photovoltaic modules on the building roof not at the tilt angle of the enclosing building structure on which they are located, but at the tilt optimal angle, regardless of the spatial orientation of the building, allows reducing their number at the same regime indicators.

**Keywords:** *agro-industrial complex object, load schedule, generation mode, photovoltaic system*

**Citation.** Daus, Yu.V., Kharchenko, V.V. and Yudaev, I.V. (2022), "Analysis of options for combining power of electric energy generation and consumption for typical plant production facility", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 60, no. 3 pp. 154-164, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-154-164.

**Введение.** На выработку электрической энергии существенное влияние оказывает большое количество факторов, а нагрузка объекта электроснабжения определяется сложносвязанными технологическими процессами, что практически во всех случаях приводит к асимметрии между выработкой и потреблением электрической энергии на различных временных интервалах [1]. Существенное различие между закономерностями потребления и генерации электрической энергии требует решения задач по гармонизации графиков. Применение системы накопления энергии является одним из направлений исследований в данной области как способ повышения надежности и гибкости фотоэлектрических систем [2, 3]. Но высокая стоимость систем аккумуляции электрической энергии и недолгий срок службы являются основным ограничивающим фактором при обосновании целесообразности применения такого подхода [4]. Вторым способом гармонизации графиков потребления и выработки электрической энергии является управление нагрузкой, однако этот подход очень часто невозможно реализовать ввиду сложности и последовательной связанности осуществляемых технологических процессов.

Наиболее удобно и доступно использовать централизованную сеть в качестве основного источника энергии, а фотоэлектрическая система, интегрированная в действующую систему электроснабжения объекта АПК, может рассматриваться как отдельный или распределенный источник генерации [5]. При этом она может не только поставлять электроэнергию в сеть за счет фотоэлектрической выработки электроэнергии, но и генерировать излишки ее в энергосистему [6]. Основными преимуществами такого подхода является: использование уже эксплуатируемой электрической сети потребителя без вложения дополнительных средств [7]; снижение нагрузки на энергосистему [8]; снижение оплаты за потребляемую электрическую энергию за счет дополнительной генерации в местах подключения потребителей объекта электроснабжения [9]; снижение оплаты за потребляемую электрическую энергию за счет генерации в сеть [10, 11].

Таким образом, актуальным является при обосновании параметров фотоэлектрических систем для электроснабжения объектов АПК рассмотреть варианты сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии для типовых объектов АПК с учетом реализуемого ресурса солнечной энергии и конструктивных особенностей зданий.

**Цель исследования** – проанализировать варианты сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии на примере типового объекта растениеводства с учетом его конструктивных особенностей для различных вариантов пространственной ориентации.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Для обеспечения высокой степени эффективной утилизации приходящего солнечного излучения фотоэлектрическими модулями является учет ресурса солнечной энергии, приходящей на его приёмную поверхность, и согласование режимов генерации и потребления электрической энергии потребителем. Результатом такого согласования является выбор параметров элементов фотоэлектрической системы, который определяется графиком нагрузки потребителя в течение суток, периодом эксплуатации фотоэлектрических модулей, интенсивности приходящего солнечного

излучения в течение дня, системой пространственной ориентации приемной поверхности модуля и т.д.

Режимы функционирования фотоэлектрической системы могут быть классифицированы по следующим видам:

1. Минимальный режим генерации электрической энергии фотоэлектрической системой ( $W_t \cdot \eta_{инв} \leq W_{tload}$ , где  $W_t$ ,  $W_{tload}$  – часовые значения генерируемой фотоэлектрическими панелями и потребляемой нагрузкой электроэнергии, кВт·ч;  $\eta_{инв}$  – КПД инвертора).

2. Режим генерации, обеспечивающий суточный объем потребляемой электрической энергии в июне и декабре с использованием аккумулирующих устройств ( $\sum_{t=1}^{24} W_t \cdot \eta_{инв} \leq \sum_{t=1}^{24} W_{tload}$ ).

3. Режим генерации, обеспечивающий суточный объем потребляемой электрической энергии в июне и декабре без использования аккумулирующих устройств ( $W_t \cdot \eta_{инв} \geq W_{tload}$ ).

Для компоновки фотоэлектрической установки были использованы монокристаллические модули ФСМ-200 [12] со следующими параметрами: номинальная мощность 200 Вт, КПД 14,9 %, габаритные размеры 1580x808x35 мм, номинальное напряжение 24 В.

Интенсивность солнечного излучения на произвольно ориентированные в пространстве приемные поверхности определяется согласно методике [13, 14].

*Объект исследования.* В качестве типового объекта растениеводства из перечня [15] выбрано овощехранилище на 1000 тонн. На рисунке 1 приведен план и размеры здания.

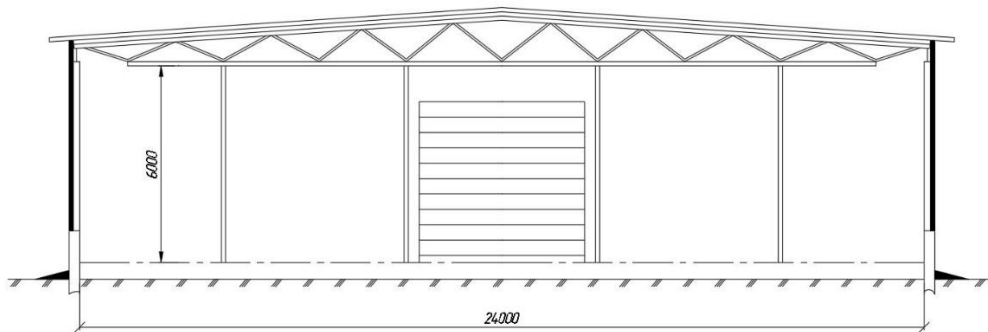


Рисунок 1. План и размеры здания овощехранилища  
 Figure 1. The plan and dimensions of the vegetable store building

Суточные и годовой графики нагрузки овощехранилища представлены на рисунке 2 [15].

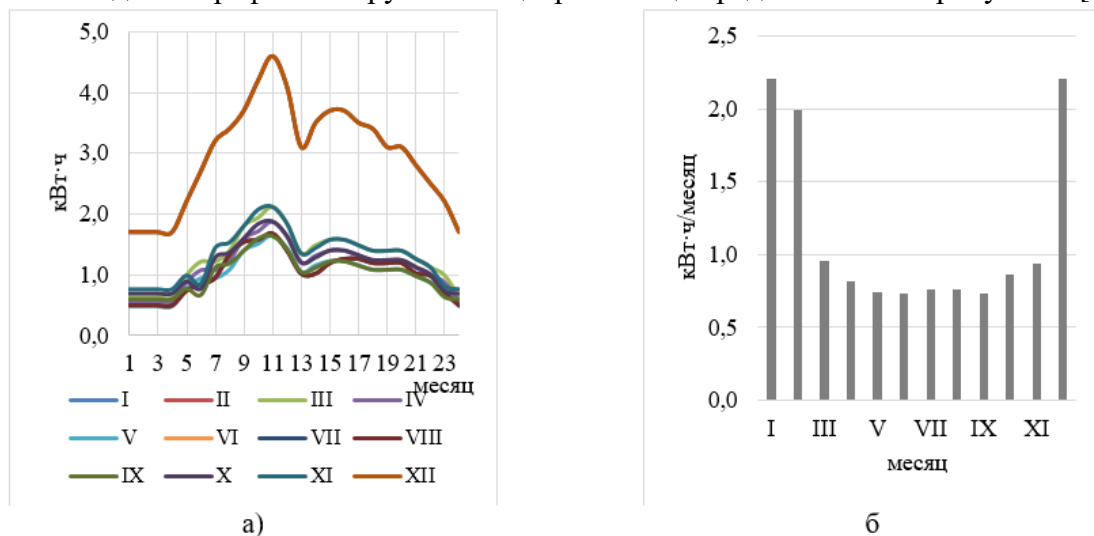


Рисунок 2. Суточные (а) и годовой (б) графики нагрузки овощехранилища  
 Figure 2. Daily (a) and annual (b) load schedules of the vegetable store

Из суточного графика нагрузки овощехранилища (рисунок 2а) можно сделать вывод, что он имеет два максимума нагрузки: в 11.00 и в 16.00. В 11.00 максимум нагрузки наибольший за сутки и составляет от 1,6–1,7 кВт·ч с мая по ноябрь; до 4,6 кВт·ч – в зимний период и 1,9–2,1 кВт·ч – в остальное время года. В зимние месяцы (рисунок 2б) потребление электрической энергии максимальное и составляет 2,0–2,2 МВт·ч/месяц, которое снижается до 0,7–0,8 кВт·ч с марта по ноябрь, в остальное время года – 0,9–1,0 МВт·ч/месяц. Как видно из рисунка 2, график нагрузки овощехранилища существенно отличается от типового графика генерации электрической энергии фотоэлектрической установки, который имеет один максимум – в 13.00–14.00, и наибольшее значение в летние месяцы, что обусловлено высокой интенсивностью солнечной радиации в этот период.

**Результаты исследований.** Типовое овощехранилище на 1000 тонн имеет крышу, состоящую из двух скатов размером 12х96 м, размещенных под углом 15° к горизонту (рисунок 1). На крыше модули могут быть размещены под углом конструкции, тогда максимально на одном скате может быть установлено 475 фотоэлектрических модулей и под оптимальным углом к горизонту (для южной ориентации – 34°, юго-восточной и юго-западной ориентации – 29° и восточной и западной – 0° [16]), тогда с учетом условий взаимной затененности максимально может быть установлено 190 фотоэлектрических модулей. Рассмотрим 3 варианта ориентации здания по сторонам света ( $\beta^\circ/\gamma^\circ$ ): юг–север (15°/0°, 15°/180°), восток – запад (15°/±90°), юго-восток – юго-запад (15°/±45°).

Результаты расчета по различным режимам генерации электрической энергии фотоэлектрической системы, если модули размещены под углом ограждающей конструкции и под оптимальным углом, представлены в таблице 1: величины, количество модулей (N<sub>фм</sub>, шт.), годовая выработка электрической энергии (W<sub>год</sub>, МВт·ч/год), доля покрытия годового объема потребляемой электрической энергии (w<sub>год</sub>, %).

На рисунках 3 и 4 представлены суточные графики нагрузки овощехранилища и выработки электрической энергии согласно минимальному режиму генерации для характерных дней года, если фотоэлектрические модули размещены под углом ограждающей конструкции и под оптимальным углом наклона к горизонту соответственно.

Таблица 1. Результаты расчета различных режимов генерации для электроснабжения овощехранилища, если фотоэлектрические модули размещены под углом ограждающей конструкции (I) и под оптимальным углом (II) к горизонту

Table 1. The results of calculating different generation modes for power supply of the vegetable store, if the photovoltaic modules are placed at the tilt angle of the enclosing structure (I) and at the optimal tilt angle (II) relatively to horizon

Месяц	$\beta^\circ/\gamma^\circ$	N <sub>фм</sub> , шт (I) / (II)	W <sub>год</sub> , МВт·ч/год (I) / (II)	w <sub>год</sub> , % (I) / (II)
Минимальный режим генерации				
По декабрю	15°/0°	40 / 33	18,5 / 15,9	135% / 116%
	15°/±90°	51 / 46	21,5 / 19,7	157% / 144%
	15°/±45°	43 / 35	19,4 / 16,0	142% / 117%
По июню	15°/0°	4 / 4	1,7 / 1,9	12% / 14%
	15°/±90°	4 / 4	1,7 / 1,9	12% / 12%
	15°/±45°	4 / 4	1,8 / 1,8	13% / 13%
Режим генерации, обеспечивающий суточный объем потребляемой электрической энергии с использованием аккумулирующих устройств				
По декабрю	15°/0°	168 / 135	77,8 / 64,9	568% / 473%
	15°/±90°	454 / 200	190,9 / 83,4	1394% / 609%
	15°/±45°	255 / 143	115,0 / 131,2	839% / 957%
По июню	15°/0°	13 / 13	5,5 / 6,2	40% / 46%

Окончание таблицы 1.

	15°/±90°	13 / 13	5,5 / 5,6	40% / 41%
	15°/±45°	13 / 13	5,9 / 5,9	43% / 41%
Режим генерации, обеспечивающий суточный объем потребляемой электрической энергии без использования аккумулирующих устройств				
По декабрю	15°/0°	475 / 190	220,0 / 91,3	310% / 310%
	15°/±90°	850 / 385	357,5 / 91,8	339% / 339%
	15°/±45°	531 / 380	351,8 / 174,3	329% / 398%
По июню	15°/0°	71 / 53	32,9 / 37,0	52% / 52%
	15°/±90°	74 / 53	31,1 / 22,7	51% / 51%
	15°/±45°	74 / 76	33,4 / 34,9	51% / 51%

Минимальный режим генерации по графику июня обеспечивает 4 фотоэлектрических модуля независимо от пространственной ориентации здания и угла их наклона относительно горизонта, которые занимают 1% площади ската крыши и снижают потребление электрической энергии из сети на 13–14% в год. Суточные графики выработки электрической энергии находятся всегда ниже графика нагрузки при моделировании по июню. При моделировании по графику декабря минимального режима генерации электрической энергии необходимо 40, 51 и 43 модуля, размещенных под углом ограждающей конструкции, на которой они установлены, при ориентации длинного края ската на юг, восток/запад и юго-восток/юго-запад, соответственно, которые займут 8–10% площади ската крыши. При этом перевыработка электрической энергии в год составит от 35 до 57%. При установке модулей на крыше здания овощехранилища под оптимальным углом к горизонту необходимо 33, 46 и 35 модуля при ориентации длинного края ската на юг, восток/запад и юго-восток/юго-запад, соответственно, которые займут 5–8% площади ската крыши. При этом перевыработка электрической энергии в год составит от 16 до 44%. Также генерация превышает потребление электрической энергии в течение дня: с 8.00 до 18.00 в 2,5–3 раза в весенний характерный день, с 7.00 до 21.00 в 4–5 раз в летний характерный день и с 8.00 до 19.00 в 4–6 раз в осенний характерный день.

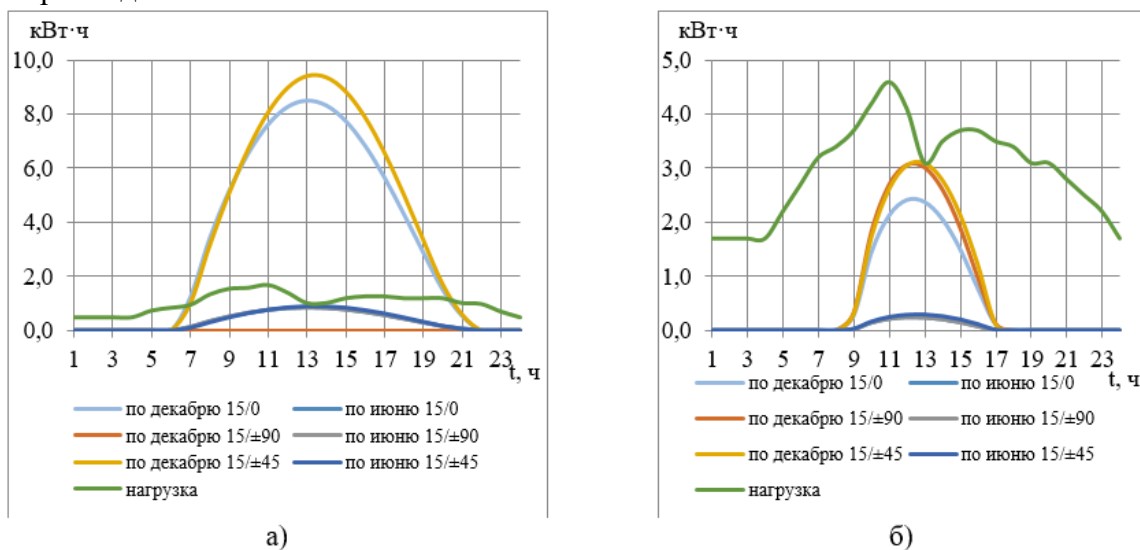


Рисунок 3. Суточные графики нагрузки овощехранилища и выработки электрической энергии согласно минимальному режиму генерации для июня (а) и декабря (б), если фотоэлектрические модули размещены под углом ограждающей конструкции

Figure 3. Daily load graphs of vegetable storage and electricity generation according to the minimum generation mode for June (a) and December (b), if photovoltaic modules are placed at tilt angle of the building envelope



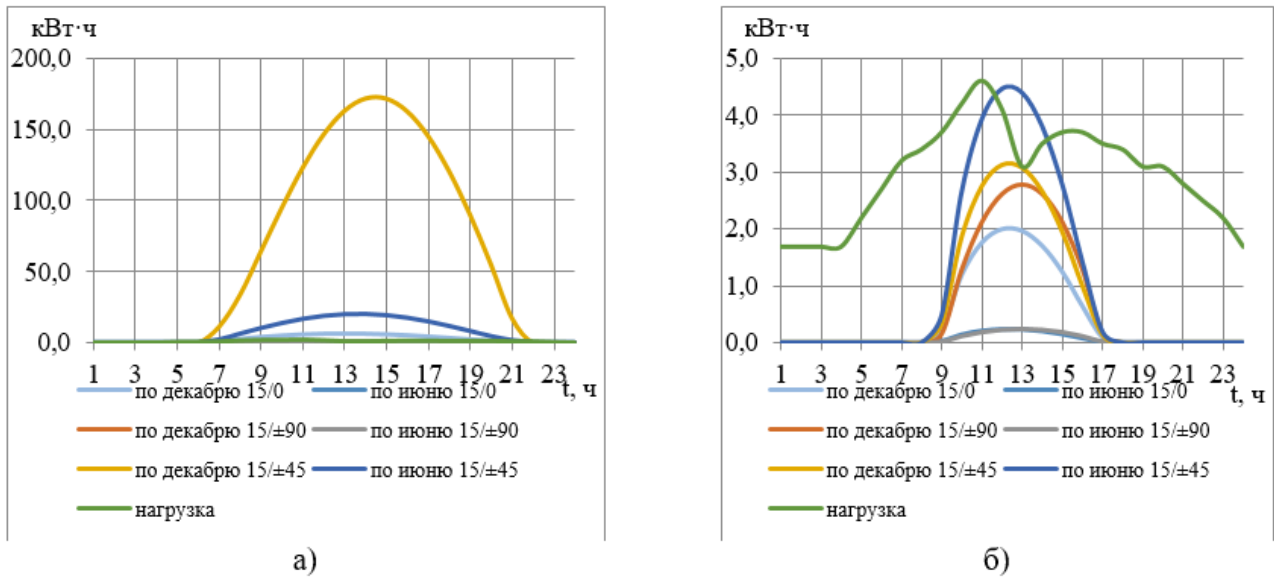


Рисунок 4. Суточные графики нагрузки овощехранилища и выработки электрической энергии согласно минимальному режиму генерации для июня (а) и декабря (б), если фотоэлектрические модули размещены под оптимальным углом наклона к горизонту

Figure 4. Daily load graphs of vegetable storage and electricity generation according to the minimum generation mode for June (a) and December (b), if the photovoltaic modules are placed at the optimal tilt angle to the horizon

Доведение угла наклона фотоэлектрического модуля до оптимального значения, а не установка под углом ограждающей конструкции, где он размещен, позволяет уменьшить количество используемых модулей на 20-40%, при этом режимные показатели останутся прежними.

Годовые графики потребления электрической энергии овощехранилища и выработки электрической энергии согласно различным режимам генерации электрической энергии при ориентации здания на юг представлены на рисунке 5 соответственно.

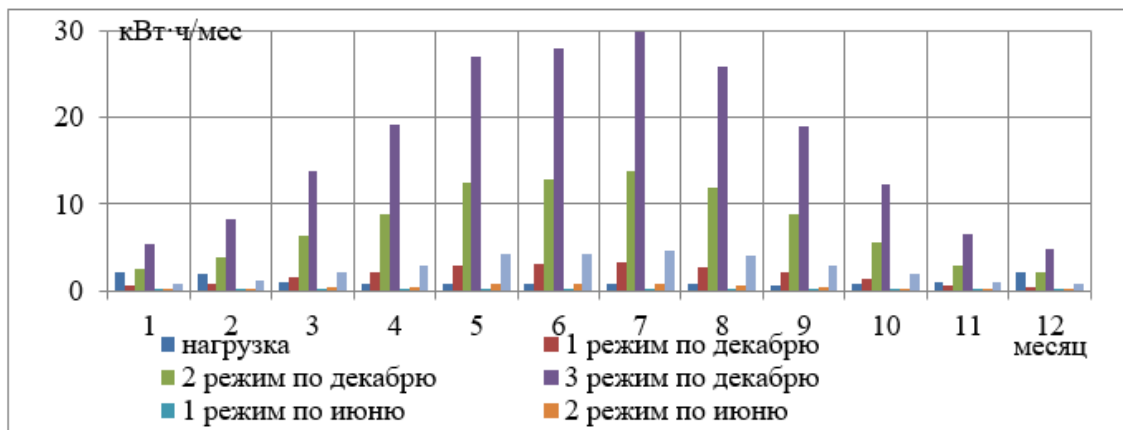


Рисунок 5. Годовые графики нагрузки овощехранилища и выработки электрической энергии согласно различным режимам генерации электрической энергии при ориентации здания на юг

Figure 5. Annual load graphs of vegetable storage electrical and energy generation according to different electrical energy generation modes for the building oriented to the south

Выработка электрической энергии в пределах её потребления объектом электроснабжения осуществляется только в режиме минимальной генерации и режиме, обеспечивающем суточный объем потребляемой электрической энергии с использованием аккумулирующих устройств, смоделированным по графику июня. Согласно минимальному

режиму генерации (рисунок 5) выработка электрической энергии составляет от 2 до 6% с ноября по март до 29–31% с мая по сентябрь, при этом в остальное время года она равна 12–22% нагрузки. Установка количества модулей, которые соответствуют режиму, обеспечивающему суточный объем потребляемой электрической энергии с использованием аккумулирующих устройств, смоделированным по графику июня, позволяет снизить потребление электрической энергии из сети практически полностью с мая по сентябрь (93–100%), на 6–11% зимой, на 39–71% в остальное время года.

**Выводы.** Анализ вариантов сочетания мощности генерации и потребления электрической энергии для типового объекта АПК (растениеводство) показал, что только минимальный режим генерации электрической энергии фотоэлектрической установкой, смоделированный по графику июня, позволяет снизить нагрузку на энергосистему без использования аккумулирующих устройств. Моделирование режима, который обеспечивает электрической энергией в течение суток потребителя по графику июня, требует использования аккумулирующих устройств круглый год. Определение параметров как минимального, так и обеспечивающего суточную нагрузку потребителя режима по графику декабря чаще всего приводит к завышению мощности фотоэлектрической системы ввиду низкого уровня интенсивности солнечной радиации и работы системы отопления, в результате чего в летние месяцы избыток вырабатываемой электрической энергии в разы превышает потребление. Установка фотоэлектрических модулей на крыше здания не под углом наклона ограждающей конструкции здания, на котором они размещены, а под оптимальным углом, вне зависимости от пространственной ориентации здания, позволяет уменьшить их количество на 20–40% при тех же режимных показателях.

#### Список источников литературы

1. Qi L., Jiang M., Lv Y., Zhang Z., Yan J. Techno-economic assessment of photovoltaic power generation mounted on cooling towers // *Energy Conversion and Management*. – 2021. – Vol. 235. – 113907.
2. Babacan O., Torre W., Kleissl J. Siting and sizing of distributed energy storage to mitigate voltage impact by solar PV in distribution systems // *Sol. Energy*. – 2017. – Vol.146. – pp. 199–208.
3. Hashemi S., Ostergaard J., Yang G. A scenario-based approach for energy storage capacity determination in LV grids with high PV penetration// *IEEE Trans. Smart Grid*. – 2014. – № 5 (3). – pp. 1514–1522.
4. Salim H.K., Stewart R.A., Sahin O., Dudley M. Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: a systematic literature review // *J. Clean. Prod.* – 2019/ – Vol. 211. – pp. 537–554.
5. Fina B., Fleischhacker A., Auer H., Lettner G. Economic assessment and business models of rooftop photovoltaic systems in multiapartment buildings: case studies for Austria and Germany // *J Renewable Energy*. – 2018. – pp.1–16.
6. Liu J., Xu F., Lin S. Site selection of photovoltaic power plants in a value chain based on grey cumulative prospect theory for sustainability: a case study in Northwest China // *J Cleaner Prod.* – 2017. – Vol. 148. – pp. 386–397.
7. Chen W., Zhu Y., Li Y., Zhao N., Lv Z. Research on grid parity predictions of centralized photovoltaic electricity // *Emerging Markets Finance and Trade*. – 2021. – Vol.57 (3), pp. 786–787.
8. Sulaiman S.I., Rahman T.K.A., Musirin I., Shaari S. Sizing grid-connected photovoltaic system using genetic algorithm // *IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications*. – 2011. – Vol. 429. – pp. 505–509.
9. Ramli M. A., Hiendro A., Sedraoui K., Twaha S. Optimal sizing of grid-connected photovoltaic energy system in Saudi Arabia // *Renewable Energy*. – 2015. –Vol. 75. – pp. 489–495.

10. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» от 27.12.2019 № 471-ФЗ (последняя редакция). Принят Государственной Думой 11 декабря 2019 года. Одобрен Советом Федерации 23 декабря 2019 года.
11. Юдаев И.В., Даус Ю.В., Гамага В.В. Возобновляемые источники энергии: учебник. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2020. – 328 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-8114-4680-3.
12. Официальный сайт «Квант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://npp-kvant.ru/> (дата обращения: 15.01.2022).
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016612047 Российская Федерация. Оценка потенциала солнечной энергии в заданной точке Южного федерального округа: № 2015662511: заявл. 18.12.2015: опубл. 18.02.2016 / Ю.В. Даус, В.В. Харченко, И.В. Юдаев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Донской ГАУ).
14. Даус Ю.В. Оценка потенциала солнечной энергии Южного федерального округа // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 4(14). – С. 190-193.
15. РД 34.20.178. Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38–110 кВ сельскохозяйственного назначения [Текст]: руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. – Москва, 1981. – 109 с.
16. Daus Y. V., Yudaev I. V., Pavlov K. A., Dyachenko V. V. Increasing Solar Radiation Flux on the Surface of Flat-Plate Solar Power Plants in Kamchatka Krai Conditions // Applied Solar Energy. – 2019. – Vol. 55. – No 2. – pp. 101-105.

### References

1. Qi, L., Jiang, M., Lv, Y., Zhang, Z., Yan, J. (2021), Techno-economic assessment of photovoltaic power generation mounted on cooling towers, *Energy Conversion and Management*, vol. 235, 113907.
2. Babacan, O., Torre, W., Kleissl, J. (2017), Siting and sizing of distributed energy storage to mitigate voltage impact by solar PV in distribution systems, *Sol. Energy*, vol.146, pp. 199–208.
3. Hashemi, S., Ostergaard, J., Yang, G. (2014), A scenario-based approach for energy storage capacity determination in LV grids with high PV penetration, *IEEE Trans. Smart Grid*, no. 5 (3), pp. 1514–1522.
4. Salim, H.K., Stewart, R.A., Sahin, O., Dudley, M. (2019), Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: a systematic literature review, *J. Clean. Prod.*, vol. 211, pp. 537–554.
5. Fina, B., Fleischhacker, A., Auer, H., Lettner, G. (2018), Economic assessment and business models of rooftop photovoltaic systems in multiapartment buildings: case studies for Austria and Germany, *J Renewable Energy*, pp.1–16.
6. Liu, J, Xu, F, Lin, S. (2017), Site selection of photovoltaic power plants in a value chain based on grey cumulative prospect theory for sustainability: a case study in Northwest China, *J Cleaner Prod*, vol. 148, pp. 386–397.
7. Chen, W, Zhu, Y, Li, Y, Zhao, Na, Lv, Z. (2021), Research on grid parity predictions of centralized photovoltaic electricity, *Emerging Markets Finance and Trade*, vol.57(3), pp. 786–787.
8. Sulaiman, S.I., Rahman, T.K.A., Musirin, I., Shaari, S., (2011), Sizing grid-connected photovoltaic system using genetic algorithm, *IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications*, vol. 429, pp. 505–509.
9. Ramli M. A., Hiendro A., Sedraoui K., Twaha S. (2015), Optimal sizing of grid-connected photovoltaic energy system in Saudi Arabia, *Renewable Energy*, Vol. 75, pp. 489–495.
10. Federal Law No. 471-FZ dated December 27, 2019 *O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon "Ob elektroenergetike" v chasti razvitiya mikrogeneratsii* [On Amendments to the Federal Law On the Electric Power Industry in Part of the Development of Microgeneration] (last edition) Adopted by the State Duma on December 11, 2019. Approved by the Federation Council on December 23, 2019. (In Russ.)

11. Yudayev, I. V., Daus Yu. V., Gamaga V. V. (2020), *Vozobnovlyayemyye istochniki energii: uchebnik* [Renewable energy sources: textbook], Izdatel'stvo "Lan", Saint-Petersburg, Russia.
12. "Quantum" official website (2022) Electronic Resources, Retrieved from: <http://npp-kvant.ru/> (Accessed 15 January 2022).
13. Daus, Yu.V., Kharchenko, V.V., Yudaev, I.V. (2015), Certificate of state registration of the computer program No. 2016612047 Russian Federation. *Otsenka potentsiala solnechnoy energii v zadannoy tochke Yuzhnogo federal'nogo okruga* [Assessment of the potential of solar energy at a given point in the Southern Federal District], No. 2015662511: Appl. 12/18/2015: publ. 02/18/2016; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" (FGBOU VO Donskoy GAU).
14. Даус, Ю. В. Оценка потенциала солнечной энергии Южного федерального округа // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2015. – № 4(14). – С. 190-193.
15. Daus, Yu. V. (2015), [Assessment of the solar energy potential of the Southern Federal District], *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2015, No. 4 (14), pp. 190-193.
16. RD 34.20.178. (1981), *Metodicheskiye ukazaniya po raschetu elektricheskikh nagruzok v setyakh 0,38–110 kV sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: rukovodyashchiye materialy po proyektirovaniyu elektrosnabzheniya sel'skogo khozyaystva* [Guidelines for the calculation of electrical loads in networks of 0.38–110 kV for agricultural purposes: guidelines for the design of agricultural power supply], Moscow, 109 p.
17. Daus, Y. V., Yudaev, I. V., Pavlov, K. A., Dyachenko, V. V. (2019), Increasing Solar Radiation Flux on the Surface of Flat-Plate Solar Power Plants in Kamchatka Krai Conditions, *Applied Solar Energy*, vol. 55, no 2, pp. 101-105.

#### Сведения об авторах

**Даус Юлия Владимировна** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры экономики и организации аграрного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6048-0509, Scopus author ID: 57191261343, Researcher ID: ABB-5354-2020.

**Харченко Валерий Владимирович** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», spin-код: 4096-0130, Scopus author ID: 7201365590, Researcher ID: A-5807-2016.

**Юдаев Игорь Викторович** – доктор технических наук, профессор, декан электроэнергетического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6836-5529, Scopus author ID: 57191251878, Researcher ID: AAN-8298-2019.

#### Information about the authors

**Yulia V. Daus** – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Economics and Organization of Agricultural Production department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6048-0509, Scopus author ID: 57191261343, Researcher ID: ABB-5354-2020.

**Valery V. Kharchenko** – Doctor of Technical Sciences, professor, Chief Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", spin-code: 4096-0130, Scopus author ID: 7201365590, Researcher ID: A-5807-2016.

**Igor V. Yudaev** – Doctor of Technical Sciences, professor, Dean of the Electrical Power Faculty, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6836-5529, Scopus author ID: 57191251878, Researcher ID: AAN-8298-2019.

**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 07.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 30.05.2022 г.; принята к публикации 10.06.2022 г.*

*The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 30.05.2022; accepted after publication 10.06.2022.*

Научная статья

УДК 631.362.3

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-164-174

## АНАЛИЗ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ СЕМЯН КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

Виктор Александрович Смелик<sup>1</sup>, Михаил Алексеевич Новиков<sup>2</sup>,  
Александр Николаевич Перекопский<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>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д. 3, п. Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Россия; aperekopskii@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>

**Реферат.** Из многолетних бобовых трав в Северо-Западном регионе России наибольшее распространение получили посевы клевера лугового. Однако расширение посевов данной культуры сдерживается из-за недостатка высококачественных семян, потребность хозяйств в которых обеспечивается только на 70%. Перевод семеноводства трав на промышленную основу – качественно новый этап, предъявляющий повышенные требования к технологии производства семян.

Клевер луговой отличается неравномерностью и растянутостью сроков созревания семян. Уборка данной культуры на семена осуществляется зерноуборочными комбайнами раздельным способом, прямым и двукратным комбайнированием. В настоящее время специальных машин для уборки семенников трав наша промышленность не выпускает. Уборку производят в основном зерноуборочными комбайнами, оборудованными приспособлениями. Как объект машинной уборки клевер луговой значительно отличается от зерновых культур. Это необходимо учитывать при организации уборки семенных посевов клевера зерноуборочными комбайнами.

Отличительной особенностью семян клевера является то, что они прочно связаны с бобом. Поэтому для выделения семян из бобов целесообразно применять рабочие органы, работающие на принципе вытирания семян.

При уборке семенных посевов клевера важно правильно выбрать время для начала уборки. При слишком ранних сроках всхожесть семян снижается. Запоздывание с уборкой приводит к большим потерям семян от осыпания.

Исследованиями выявлена эффективность применения химических препаратов (десикантов), обеспечивающих: подсушку стеблестоя клевера на корню, ускорение созревания семян и уменьшение их осыпания в период уборки. По данным многих исследователей, десикация повышает качество семян: всхожесть на 2 – 4%, энергию прорастания – на 7 – 8%. Обработка десикантами обеспечивает увеличение сбора семян при уборке прямым комбайнированием на 15 – 30% в сравнении с отдельным способом.

В представленной статье рассмотрено несколько вариантов машинных технологий уборки клевера на семена с обработкой массы на стационаре – как технологий с минимальными потерями семян. Хозяйственная проверка технологий уборки трав с обмолотом на стационаре, проведенная во многих хозяйствах страны, показала, что сбор урожая за счет снижения потерь увеличивается на 20 – 40%.

На основании выполненных исследований также установлено, что для освоения и внедрения в производство новых технологий требуется создать высокопроизводительную транспортно-уборочную технику, новые машины и оборудование для пунктов обмолота и обработки всей биологической массы и семенного вороха, а также разработка устройств для равномерной укладки необмолоченной биологической массы и последующей подачи ее в обмолачивающие и сепарирующие машины.

**Ключевые слова:** клевер луговой, технология уборки семян, комбайн, обмолот

**Цитирование.** Смелик В.А., Новиков М.А., Перекопский А.Н. Анализ машинных технологий уборки семян клевера лугового в условиях Северо-Западного региона РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – №2 (67). – С. 164-174. doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-164-174.

## ANALYSIS OF MACHINE TECHNOLOGIES FOR HARVESTING MEADOW CLOVER SEEDS UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTHWESTERN REGION OF RF

Viktor A. Smelik<sup>1</sup>, Mikhail A. Novikov<sup>2</sup>, Aleksandr N. Perekopskiy<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>Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of FNATS VIM, Filtration Highway, 3, Tyarlevo village, St. Petersburg, 196625, Russia; aperekopskii@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>

**Abstract.** The expansion of meadow clover crops is constrained by the lack of high-quality seeds, the need for which is met by only 70%. Meadow clover is characterized by unevenness and stretching of terms of seed maturation. Harvesting for seeds for this crop is carried out by combine harvesters in a separate way by direct and double harvesting. Studies have revealed the effectiveness of the use of chemical preparations (desiccants) which provide: drying the stem of clover on the root, accelerating the maturation of seeds and reducing their crumbling during harvesting. In the presented article several options of machine technologies for harvesting clover for seeds with treatment the mass at the stationary object are considered as technologies with minimal seed losses. Based on the studies carried out, it was also established that in order to master and introduce new technologies into production, it is necessary to create high-efficiency transport and harvesting equipment, new machines and equipment.

**Keywords:** meadow clover, seed harvesting technology, combine, threshing

**Citation.** Smelik, V.A., Novikov, M.A. and Perekopsky A.N., (2022), “Analysis of machine-technologies for harvesting meadow clover seeds under the conditions of the Northwestern region of RF”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 67, no. 2, pp. 164-174, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-164-174.

**Введение.** Для достижения намеченных объемов производства продукции животноводства первостепенное значение имеет создание прочной кормовой базы за счет увеличения посевов и повышения урожайности трав с высоким содержанием протеина.

Из многолетних бобовых трав в Северо-Западном регионе России наибольшее распространение получили посевы клевера лугового, один центнер зеленого корма этой культуры содержит 21 к.ед. при содержании в 1 кг 138 г перевариваемого протеина [1]. Однако дальнейшее расширение посевов клевера сдерживается из-за недостатка высококачественных семян, потребность хозяйств в которых обеспечивается только на 70%. Из-за недостатка семян хозяйства вынуждены увеличивать с 2-х до 5-ти лет сроки использования площадей, засеянных клевером, что приводит почти к двукратному снижению урожайности и значительному недополучению высокобелкового корма для животных.

Перевод семеноводства трав на промышленную основу – качественно новый этап, предъявляющий повышенные требования к технологии производства семян.

Неравномерное созревание семенников многолетних трав, их повышенная влажность и засоренность значительно затрудняют механизацию уборки. Ввиду этих и других сложностей, связанных в том числе и с большим разнообразием физико-механических свойств семян многолетних трав, промышленность не выпускает специализированных машин. Для механизированной уборки многолетних трав переоборудуют серийные зерноуборочные комбайны, устанавливая на них специальные приспособления [2, 3].

По агротехническим требованиям общие потери семян за комбайном при уборке клевера на семена не должны превышать 5%, степень выживания бобовых трав не должна быть менее 95%, дробление – не более 1,5%, чистота семян в бункере – не ниже 70%. Однако практика показывает, что потери семян при уборке значительно превышают указанные значения и могут достигать 25 – 35%, а иногда и половину урожая.

Особенно неудовлетворительно при уборке клевера на семена работает воздушно-решетная очистка комбайна. Потери семян после системы очистки комбайна достигают 70 – 90% от общих потерь и в пересчете от общей урожайности составляют 25 – 35%. Причем большая часть потерь (60 – 80%) приходится на невытертые семена. Поэтому чрезвычайно важно правильно регулировать воздушно-решетную очистку и другие рабочие органы комбайна.

**Цель исследования** – провести анализ используемых машинных технологий уборки семян клевера лугового в условиях Северо-Западного региона РФ и выявить наиболее эффективные приемы обработки, обеспечивающие получение вороха любой, в том числе повышенной, влажности и засоренности.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Как объект машинной уборки клевер луговой значительно отличается от зерновых культур. Это необходимо учитывать при организации уборки семенных посевов клевера зерноуборочными комбайнами [1, 2, 3, 4, 5]. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики клевера и пшеницы как объектов комбайновой уборки. Из таблицы следует, что клевер характеризуется неравномерностью и растянутостью сроков созревания семян. Вследствие этого семена, созревшие раньше, осыпаются, а недозревшие семена практически невозможно вымолотить и при уборке они остаются в соломе и полове. Многие сорта клевера имеют слабый стебель и это затрудняет скашивание клевера, режущий аппарат жатки комбайна не обеспечивает качественный срез растений: при высоте среза 10 см потери семян в несрезанном (полеглом) травостое могут достигать 10%.

Таблица 1. Сравнительные характеристики клевера и пшеницы как объектов комбайновой уборки  
 Table 1. Comparative characteristics of clover and wheat as objects of combine harvesting

Сравнительные показатели	Культура		Отклонение -/+
	пшеница	клевер луговой	
Число стеблей, шт./м <sup>2</sup>	300-400	100-250	-
Число колосьев (для пшеницы)			
головок или кистей (для клевера), шт./м <sup>2</sup>	300-400	500-800	+
Высота стеблей растений, м	0,50-1,10	0,50-1,20	+
Высота расположения колосьев или головок, кистей над поверхностью поля, м	0,35-0,50	0,10-0,20	-
Общая биологическая масса, ц/га	60-150	20-55	-
Средний урожай семян, ц/га	30-50	1-7,5	-
Массовая доля семян в растительной массе	до 1: 2	до 1: 60	+
Полевая влажность, % соломы	16-18	40-70	+
семян	12-16	16-30	+
Засоренность посевов сорняками, %	-	10-60	+
Размеры семян, мм			
длина	5,8-6,2	1,2-2,7	-
ширина	2,7-2,9	1,0-2,0	-
толщина	2,4-2,7	0,6-1,4	-
Размеры бобов клевера, мм			
длина	-	3,5-8,8	
ширина	-	1,2-3,0	
толщина	-	1,1-2,4	

Как отмечают исследователи [2, 3, 4, 5], основной особенностью посевов клевера и других бобовых трав является их высокая засоренность в уборочный период сорняками, имеющими повышенную влажность. Стебли убираемого клевера в период уборки имеют влажность почти 70% при влажности семян, находящихся в головках, от 7 до 30%. При обмолоте комбайном такой неоднородный ворох поступает на систему очистки комбайна. В таблице 2 приведены свойства убираемого вороха клевера в системе очистки комбайна, затрудняющие её работу.

Таблица 2. Показатели свойств убираемого вороха клевера в системе очистки комбайна  
 Table 2. Indicators of the properties of the removed pile of clover in the harvester cleaning system

Показатели свойств семенного вороха клевера	
Наименование	Значения
Процентная масса семенников в общем ворохе, %	25,7-57,5
Общая влажность убираемого вороха, %	18-40
Углы естественного откоса, град	
вороха / семян	(0,70-0,80)/(0,51-0,57)
Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	
вороха / семян / бобов	(70-310)/(780-830)/584
Плотность семян, кг/м <sup>3</sup>	1100-1340
Масса 1000 семян, г	1,4-2,2
Скорость витания, м/с	
семян / бобов / половы	(4,0-8,0)/(2,0-5,6)/(0,5-4,0)



Из молотильного аппарата комбайна на транспортную доску системы очистки поступает ворох, в котором всего от 10 до 20% семян. Транспортная доска не в состоянии расщепить такой материал, как это происходит при уборке зерновых культур. Вследствие этого на решетках системы очистки комбайна посторонние примеси, оказываясь одновременно с семенами на решетках, затрудняют очистку, что приводит к потерям семян, которые оказываются в отходах.

Также из-за значительной парусности семян трав они под воздействием потока воздуха от вентилятора системы очистки уносятся в копнитель комбайна, что увеличивает потери.

Отличительной особенностью семян клевера является то, что они прочно связаны с бобом и для их разделения необходимо затратить в 3 – 4 раза больше энергии, чем на отделение (обмолот) семян зерновых культур от колоса [6]. Средняя величина работы, затрачиваемой на выделение одного семени клевера методом вытирания их из бобов, составляет  $34,5 \cdot 10^{-4}$  Дж, а при выделении ударом – в 17 – 20 раз больше. Поэтому для выделения семян из бобов целесообразно применять рабочие органы, работающие на принципе вытирания семян [1, 4, 5].

Молотильный аппарат и сепарирующие органы зерноуборочного комбайна не приспособлены для обработки такого вороха. Для улучшения показателей качества работы комбайна их оборудуют специальными приспособлениями, обеспечивающими вытирание семян и выделение сепарирующими органами из семенного вороха чистых семян.

При уборке семенных посевов клевера важно правильно выбрать время для начала уборки. При слишком ранних сроках в результате механического повреждения во время обмолота и самосогревания собранного вороха высокой влажности всхожесть семян снижается. Запаздывание с уборкой приводит к большим потерям семян от осыпания.

В различных зонах страны раздельную уборку клевера начинают при побурении 65 – 80% головок, прямое комбайнирование – при побурении 90 – 95% головок, а раздельное – при созревании 50 – 75% семян. Однако практика показывает, что не всегда указанные показатели являются наилучшими для начала уборки.

Для более точного определения начала срока уборки разработан специальный метод определения уборочной спелости. Сущность его заключается в следующем. Во время побурения 40 – 50% головок с различных мест поля отбирают два контрольных снопа, каждый с площади 1 м<sup>2</sup>. Срезанные головки одного снопа разделяют на фракции: 1) переспелые; 2) спелые с темно-бурыми чашечками; 3) спелые с бурыми чашечками; 4) с зеленовато-бурыми чашечками; 5) отцветающие, цветущие и бутоны. Определяют количество головок по фракциям и число семян с десяти головок каждой группы. Если наибольший запас семян в головках с темно-бурыми и бурыми чашечками, убирать клевер нужно немедленно, если с бурыми и зелено-бурыми – через 5 – 7 дней, с зеленовато-бурыми и зелеными – через 10 – 14 дней.

**Результаты исследований.** Клевер луговой на семена с применением зерноуборочных комбайнов убирают раздельным способом, прямым и двукратным комбайнированием [1, 2, 3, 7, 8, 9].

Раздельная уборка дает хорошие результаты при устойчивой сухой погоде на уборке влажных, засоренных участков неравномерно созревающей культуры.

Скашивание клевера в валки производят при побурении в двух смежных группах с наибольшим содержанием семян 75 – 80% бобов. Для этой цели используют самоходные навесные и прицепные (чаще бобовые) жатки, самоходные косилки-плющилки с семеуловительным приспособлением для уборки бобовых культур ПБ-2,1 с устройством ПБА-4 для сдваивания валков. Как только семена созревают, а стебли подсыхнут до влажности 10 – 20% (через 1 – 5 дней), валки подбирают и обмолачивают комбайном. Использование для подбора валков полотенно-транспортного подборщика ППТ-3А уменьшает в 2 – 3 раза потери семян в сравнении с барабанным подборщиком 54-102.

Для уменьшения потерь семян и повышения их качества при раздельной уборке была организована уборка семенников клевера со скашиванием их в прокосы без образования валков. Это позволило увеличить сбор семян на 30% по сравнению с прямым комбайнированием.

При раздельном способе уборки получаемые семена более полноценны (выше их жизнеспособность), потери в 1,5 – 2,0 раза меньше, а производительность комбайнов на 25 – 30% выше, чем при прямом комбайнировании. Несмотря на то, что при раздельном способе уборки производительность комбайнов на треть выше, чем при прямом комбайнировании, и меньше потери, но они все же остаются высокими и составляют от 14 до 43% от урожая.

Прямое комбайнирование позволяет провести уборку урожая в сжатые сроки и с минимальными затратами труда. Это основной способ уборки семенников трав в США, Швеции, Италии и др. [2, 6, 7]. В России прямое комбайнирование применяют там, где условия погоды затрудняют или делают невозможным раздельный способ уборки. Следует учитывать, что прямым способом лучше убирать невысокие и полеглые растения с дружными созревающими семенами. Такую уборку можно начинать при побурении в двух смежных группах с наибольшим содержанием семян 90 – 95% головок. Для проведения комбайновой уборки весьма важно, чтобы стебли растений подсохли (достигли влажности около 30%).

Качество уборки семян клевера лугового прямым комбайнированием определяется состоянием травостоя, погодными условиями, загрузкой комбайна, режимом его работы и характеризуется величиной потерь семян, их чистотой, степенью вытирания и повреждением. Подача массы в комбайн колеблется в диапазоне 0,4 – 5 кг/с, в 40% случаев она составляет 1,5 кг/с, в 95% – от 0,5 до 2,5 кг/с.

При неблагоприятных погодных условиях уборки потери семян клевера могут достигнуть 70%, а при нормальных – 15 – 20%. Почти 80% потерь приходится на невытертые семена. Допустимая величина потерь семян клевера за комбайном (5%) отмечается при уборке лишь в 27% случаев. Чистота семян, получаемых от комбайнов, колеблется от 44 до 90%, агротехническим требованиям она соответствует в 70% случаев. Степень вытирания семян клевера составляет в среднем около 80%.

Основные потери семян при прямом комбайнировании наблюдаются за молотилкой комбайна (от нескольких процентов до половины урожая).

Чрезвычайно эффективно применение химических препаратов (десикантов), обеспечивающих подсушку стеблей клевера на корню, ускорение созревания семян и уменьшение их осыпания в период уборки [1].

Десикация проводится на семенных посевах клевера лугового контактными препаратами типа Реглон Супер. Опрыскивание проводится в период побурения 75 – 80% головок. Расход препарата составляет 2-4 л/га, рабочей жидкости – 200-300 л/га. Срок начала уборки — через 7 дней после проведения десикации.

В Северо-Западном регионе России использование указанного препарата позволяет уменьшить влажность травостоя с 50 – 70 до 15 – 38%. Эффективность действия препарата снижается при увеличении влажности и уменьшении температуры воздуха.

В зависимости от погодных условий комбайнирование проводят через 3 – 10 дней после обработки, причем желательно убрать в течение двух-трех дней, поскольку потери в первый день после десикации составляют 8,5 кг/га, а на девятый – уже 139,5 кг/га. Десиканты ядовиты, поэтому нельзя выпасать животных на убранном поле в течение 27 дней и применять в качестве корма солому и полону.

По данным зарубежных исследователей, десикация повышает качество семян: всхожесть – на 2 – 4%, энергию прорастания – на 7 – 8%. Обработка десикантами обеспечивает увеличение сбора семян при уборке прямым комбайнированием на 15 – 30% в сравнении с раздельным способом.

Двукратное комбайнирование применяют при уборке неравномерно созревающих, склонных к осыпанию семенных травостоев. Этот способ сочетает положительные стороны прямого комбайнирования и раздельной уборки, хотя и более трудоемок [1, 2, 9].

Сущность способа заключается в том, что при созревании 50 – 75% семян растения скашивают и обмолачивают зерноуборочным комбайном, с которого снимают днище копнителя и устанавливают сузитель валков. Таким образом обмолачивается до 80% в основном спелых семян. Остальную растительную массу с невымолоченными недозревшими семенами укладывают в валок. Через 3 – 5 дней после дозревания семян в валке комбайн, оборудованный подборщиком, подбирает и обмолачивает валки при более интенсивном режиме работы молотильного устройства.

Двукратная уборка в 2 – 2,5 раза снижает потери в сравнении с прямым комбайнированием при лучшем качестве семян. Однако потери остаются высокими и достигают 14 – 20%. Этот способ не всегда дает требуемый эффект, так как применение его ограничено определенной фазой созревания семян – 65 – 70%. Уборка семенников при других фазах спелости приводит к еще большим потерям семян.

Из-за приведенных особенностей убираемых семенников трав потери при комбайновой технологии уборки, как правило, выше допустимых агротребованиями, особенно при неблагоприятных погодных условиях, поэтому рядом ученых [2, 4, 10 и др.] предлагаются новые технологии, при которых обмолот, вытирание и очистку всей биологической массы или ее части предлагается перенести на стационар.

Такая технология уборки клевера с обработкой всей биологической массы на стационаре [2, 10] предназначена преимущественно для зон с устойчивой погодой в период уборки, которая предусматривает скашивание трав в валки, после подсушки в валках – подбор валков кормоуборочными машинами РСМ - 1401, Jaguar - 830, John Deere - 780 и др. с измельчением и погрузкой в транспортные прицепы большой вместимости, доставку измельченной массы на стационар. Обмолот доставленной биологической массы осуществляется двумя последовательно установленными зерноуборочными комбайнами, оборудованными приспособлениями типа 54-108А. С целью улучшения вытирания бобов переднюю половину деки закрывают металлической сеткой с отверстиями 2х2 или 3х3 мм.

Хозяйственная проверка этой технологии показала, что прямые эксплуатационные затраты увеличились на 40 – 45%. Экономический эффект от ее применения за счет снижения потерь семян примерно в 4 раза превышает все эксплуатационные затраты.

Технологию уборки со сбором и обработкой на стационаре невяного вороха можно применять во всех зонах выращивания клевера на семена [2, 7, 10]. В некоторых европейских странах она известна под названием «грубое комбайнирование».

В зависимости от погодных условий, а также состояния травостоя, невяный ворох собирают в бункер комбайна прямым комбайнированием или же раздельным способом. При необходимости травостой может быть обработан реглоном.

В состав невяного вороха входят семена, разрушенные головки соцветий, невытертые бобы, листья и кусочки стеблей растений, солома, сбойна, органические и неорганические примеси, пылевидные и мелкодисперсные частицы. Для повышения содержания семян в ворохе обмолот растений проводят при частоте вращения молотильного барабана 800 – 900 мин<sup>-1</sup> комбайна «Акрос-530» и 750 – 850 мин<sup>-1</sup> комбайна «Дон-1500», при зазорах между бичами и подбарабаньем на входе 18 мм, на выходе – 2 – 3 мм. Чтобы довести потери семян в копнитель до минимума, окна вентилятора системы очистки закрывают щитками, а решета очистки открывают полностью. Такой режим работы молотилки позволяет повысить полноту вымолота семян, что ускоряет процесс выгрузки невяного вороха из бункера. Для выгрузки связанного вороха бункер комбайна оборудуют различными приспособлениями для ворошения вороха. Наиболее эффективными являются устройства, обеспечивающие аэрацию вороха, разрушение сводообразования воздушными или газовыми струями. Одним из них является устройство, которое своды, образующиеся в полости бункера комбайна между

днищем и козырьком шнека, разрушает с помощью осесимметричной газовой струи. Эта струя формируется цилиндрическим соплом. В качестве газового потока использованы отработавшие газы дизельного двигателя комбайна. С тем, чтобы не ухудшилась очистка цилиндров двигателя и не возник более напряженный тепловой режим работы турбокомпрессора, длина трубопроводов выгрузного устройства взята минимальной. Опыты показали, что из бункера, оборудованного разработанным устройством, выгрузка невяного вороха происходит за несколько минут. При этом качественные показатели семян в зависимости от времени воздействия выхлопных газов (температура их 127°С) не снижается (таблица 3).

Собранный невяный ворох от комбайнов доставляют специально подготовленными автомобилями-самосвалами на стационарный пункт и выгружают в сушилку [11]. Для этих целей используются напольные сушилки с аэрожелобами, конвейерно-ленточные или карусельные сушилки [12, 13]. В зависимости от исходной влажности семенного вороха, продолжительность сушки может продолжаться от 3 до 20 и более часов.

Таблица 3. Качественные показатели семян клевера в зависимости от времени воздействия выхлопных газов двигателя комбайна

Table 3. Qualitative indicators of clover seeds depending on the time of exposure to the exhaust gases of the combine engine

Показатели	Продолжительность воздействия, мин					Контроль
	3	5	10	20	30	
Всхожесть, %	86	86	91	89	89	88
Энергия прорастания, %	60	55	54	58	54	54
Количество твердых семян, %	14	19	22	17	18	19

Высушенный в сушилке семенной ворох обмолачивают либо специально переоборудованным для этих целей комбайном, либо молотилкой-веялкой МВ-2,5А. Для лучшего выделения семян из бобов материал пропускают через молотилку комбайна 2 – 3 раза. Обработку высушенного вороха для выделения семян и бобов можно производить на специально подготовленных машинах [14] или ворохоочистителях типа ОВС-25, а для дотирания бобов использовать клеверотерку К- 0,5 или К-310А.

Применение этой технологии позволяет снизить потери семян на 15 – 40% по сравнению с традиционной комбайновой уборкой.

Технология уборки со сбором семян в бункер, а невяного вороха в тракторный прицеп осуществляется прямым или раздельным комбайнированием комбайном с измельчителем, настроенным на подачу материала в прицепляемый к комбайну тракторный прицеп. В процессе уборки семена, вымолоченные молотильным устройством, после очистки подаются в бункер, стебли укладываются в валок, а невяный ворох отправляется в тракторный прицеп. Солому, уложенную в валки, убирают сеноуборочными машинами.

Семена из бункеров выгружают в герметизированные кузова автомобилей и отправляют на доработку. Тракторный прицеп с невяным ворохом транспортируют на стационарный пункт и при необходимости подсушивают. Затем ворох обрабатывают для дотирания бобов и выделения примесей. Эту операцию следует выполнять комбайном, подобным КЗС-1218 с приспособлением типа 54-108А или комбайном КЗС-1218, у которого половина подбарабья закрыта сеткой с ячейками размером 3х3 мм, что обеспечивает эффективное вытирание семян. Воздушно-решетную очистку снабжают дополнительным решетом с круглыми отверстиями диаметром 2,5 – 2,8 мм, а на входные окна вентилятора устанавливают заслонки.

Экономический эффект от применения этой технологии до трёх раз превышает прямые эксплуатационные затраты.

Хозяйственная проверка технологий уборки трав с обмолотом на стационаре, проведенная во многих хозяйствах страны, показала, что сбор урожая за счет снижения потерь увеличивается на 20 – 40%. Расчетные технико-экономические показатели данных технологий уборки клевера на семена представлены в таблице 4.

Из материалов таблицы следует, что при этой технологии затраты труда возрастают в 2,3 раза, расход горючего – в 4 раза.

Таблица 4. Расчетные технико-экономические показатели технологий уборки семян клевера

Table 4. Calculated technical and economic indicators of clover seed harvesting technologies

Показатель	Прямое комбайнирование	
	со сбором невеяного вороха и обработкой его на стационаре	со сбором семян в бункер (базовый)
Удельные затраты труда, чел-ч/га	6,7	2,8
Расход горючего, кг/га	147,9	35,7
Дополнительный сбор семян, кг/га	30	–

Однако, несмотря на то, что технологии с обработкой урожая на стационаре по приведенным затратам уступают базовым, за счет сокращения потерь и дополнительного сбора семян, все дополнительные затраты на их внедрение окупаются.

**Выводы.** На основании выполненных исследований установлено, что для освоения и внедрения в производство новых технологий уборки клевера лугового на семена требуется создать высокопроизводительную транспортно-уборочную технику, новые машины и оборудование для пунктов обмолота и обработки всей биологической массы и семенного вороха. Требуется также разработка устройств для равномерной укладки необмолоченной биологической массы многолетних кормовых трав и последующей подачи ее в обмолачивающие и сепарирующие машины.

#### 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. Федоренко В.Ф. Уборка и послеуборочная обработка семян трав: дис... докт. техн. наук. – М: МГАУ, 2004. – 288 с.
3. Ломакин С.Г., Бердышев В.Е., Гусев А.П. Уборка семенников клевера с использованием зерноуборочных комбайнов // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2012. – Выпуск 1(52). – С. 30-34.
4. Федоренко В.Ф. Повышение эффективности работы молотильного аппарата зерноуборочных комбайнов на уборке семян трав // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – №12. – С. 17-24.
5. Петренко В. Особенности уборки семян многолетних злаковых трав / Зямля і людзі - Могилёв. 2018. С. 2.
6. Oje K., Ugbar E. C. Some physical properties of oilbean seed // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1991. – Vol. 50. – P. 305-313.
7. Иванов А.Е., Митрофанов Н.М., Эрк Ф.Н. Механизация производства семян многолетних трав. – Л.: Колос, 1981. – 192 с.

8. Патент РФ № 2021677 С1. Способ уборки семенников клевера. Авторы: Гриньков С.Г., Жалнин Э.В., Лосев В.И., Милькото Н.Н., Маткевич В.И. опубл. 30.10.1994.
9. Агроэкологическое семеноводство многолетних трав [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vniikormov.ru/pub/agroekologicheskoe-semenovodstvo-mnogoletnikh-trav> (дата обращения: 28.12.2021).
10. Типовые технологии уборки трав на семена с обработкой урожая на стационарном пункте. / Под ред. Э.В. Жалнина. – М., 1985. – 48 с.
11. Дианов Л.В., Смелик В.А., Ширяев А.С. Механизация сушки урожая зерновых и кормовых культур (монография). – Ярославль: ЯГСХА, 2005. - 150 с.
12. Патент РФ № 2259527 С2. Аэрожелоб для сушки сыпучих материалов. Авторы: Дианов Л.В., Смелик В.А., Юнкин П.А., Карповский Д.А. опубл. 27.08.2005.
13. Perekopskiy A.N., Smelik V.A. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer // *British Journal of Innovation in Science and Technology*, 2016, T.1, №2, P. 11-20.
14. Fraczek J., Slipek Z., Kaszorowski S. Analysis of invention development in the seed cleaning machines. // *Przegląd techniki rolniczej i lesnej*. – 1994. – № 1. – P. 14-18.

### 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 SZNIIMESKh Rosselkhozakademii, SPb, 92 p.
2. Fedorenko, V.F., (2004), “Cleaning and post-harvest treatment of grass seeds”, Thesis Ph.D. dissertation, technical sciences, MGAU, Moscow.
3. Lomakin, S.G., Berdyshev, V.E. and Gusev, A.P. (2012), “Harvesting of clover seeds using combine harvesters”, *Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin*, Issue 1(52), pp. 30-34.
4. Fedorenko, V.F. (2002), “Increasing the efficiency of the threshing apparatus of combine harvesters on the harvesting of grass seeds”, *Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, no.12, pp. 17-24.
5. Petrenko, V. (2018), “Features of harvesting seeds of perennial cereal grasses”, [Zyamlya i ludzi], Mogilev, p. 2.
6. Oje, K. and Ugbar, E.C. (1991), “Some physical properties of oilbean seed”, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 50, pp. 305-313.
7. Ivanov, A.E., Mitrofanov and N.M., Erk, F.N. (1981), *Mechanization of production of seeds of perennial herbs*, [Mekhanizaciya proizvodstva semyan mnogoletnih trav], Kolos, Leningrad, 192 p.
8. Grinkov, S.G., Zhalnin, E.V., Losev, V.I., Milkoto, N.N. and Matkevich, V.I. Central'nyj Nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii i elektrifikacii sel'skogo hozyajstva (1994), *The method of harvesting clover testes*, RU, Pat. № 2021677 С1.
9. Agroecological seed production of perennial grasses, (2013), available at: <https://www.vniikormov.ru/pub/agroekologicheskoe-semenovodstvo-mnogoletnikh-trav/agroekologicheskoe-semenovodstvo-mnogoletnikh-trav-44.php> asp. (Accessed 28 December 2021).
10. Zhalnin, E.V. (ed.) (1985), *Typical technologies for harvesting grasses for seeds with crop processing at a stationary point*, Moscow.
11. Dianov, L.V., Smelik, V.A. and Shiryaev, A.S. (2005), *Mechanization of grain and fodder crop drying* [Mekhanizaciya sushki urozhaya zernovyh i kormovyh kul'tur], (monograph) YAGSHA, Yaroslavl.
12. Dianov, L.V., Smelik, V.A., Yunkin, P.A. and Karpovsky, D.A. YAroslavskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya (2005), *An air chute for drying bulk materials*, RU, Pat. № 2259527.
13. Perekopskiy, A.N. and Smelik, V.A. (2016), Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer // *British Journal of Innovation in Science and Technology*, Vol. 1, no. 2, pp. 11-20.
14. Fraczek, J., Slipek Z. and Kaszorowski, S. (1994), “Analysis of invention development in the seed cleaning machines”, *Przegląd techniki rolniczej i lesnej* no.1, pp. 14-18.

**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.

**Перекопский Александр Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела «Технологии и технические средства производства зерна и кормов», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», spin-код: 5656-1108.

**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.

**Perekopsky Alexander Nikolaevich** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, leading researcher of the Department "Technologies and Technical Means of Grain and Feed Production" of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IAEP) - branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", spin-code: 5656-1108.

**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 10.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 26.05.2022 г.; принята к публикации 15.06.2022 г.*

*The article was submitted 10.04.2022; approved after reviewing 26.05.2022; accepted after publication 15.06.2022.*

Научная статья

УДК 621.822

doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-175-183

## ВЛИЯНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН НА РИСКИ ПОТЕРЬ КОРМОВ ПРИ ЗАГОТОВКЕ СИЛОСА ИЗ ТРАВ

Александр Петрович Картошкин<sup>1</sup>, Александр Мартынович Валге<sup>2</sup>,  
Ярослав Сергеевич Соловьев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия;  
akartoshkin@yandex.ru. <http://orcid.org/0000-0003-3407-4844>

<sup>2</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –  
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия;  
valgeab@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7967-6449>

<sup>3</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –  
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия;  
solyar10@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2016-6214>

**Реферат.** Силос из трав занимает до 70% в рационе кормления при ведении интенсивного животноводства. При выполнении заготовки силоса возникает риск потерь качества и объемов кормов, который связан с нарушениями агротехнических сроков. Надежность машин при этом является одним из важных элементов риска технологического процесса заготовки силоса. Определение риска включает в себя применение метода количественной оценки риска и выбор наиболее надежных машин. Для этих целей использовался метод цепей Маркова, для которого была составлена модель в виде поглощающей цепи. Для применения этого метода в качестве обобщенного показателя надежности системы принята вероятность выполнения поставленных задач сельскохозяйственной машиной в установленные сроки при соблюдении правил эксплуатации. Данный показатель был более подробно исследован в другой нашей работе. В настоящей статье были определены вероятности возникновения отказов системы в случае использования разных комплексов и дана сравнительная характеристика. Так, например, для технологического комплекса 1 вероятность выполнения задания сельскохозяйственной машиной  $K_{\text{ВВЗСМ}}$  составляет 0,72. В этом случае вероятность выполнения комплексом заготовки силоса без отказов составляет 51,2 %. Для технологического комплекса 2 вероятность выполнения задания сельскохозяйственной машиной  $K_{\text{ВВЗСМ}}$  составляет 0,88. В этом случае вероятность выполнения комплексом заготовки силоса без отказов составляет 68 % и является выше, чем у комплекса 1. Это говорит о том, что комплекс 2 выполнит технологический процесс заготовки силоса с меньшим риском на 16,8 %. С учетом стоимости 8-9 тыс. руб. при простое техники даже в 10 минут при заготовке силоса величина потенциальных потерь имеет существенное значение.

**Ключевые слова:** надежность машин, оценка рисков, цепи Маркова, заготовка кормов, силос из трав, технологический процесс

**Цитирование.** Картошкин А.П., Валге А.М., Соловьев Я.С. Влияние надежности машин на риски потерь кормов при заготовке силоса из трав // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (67). – С. 175-183. doi: 10.24412/2078-1318-2022-175-183.



**THE INFLUENCE OF MACHINE RELIABILITY ON THE RISKS  
OF FEED LOSSES WHEN HARVESTING GRASS SILAGE****Alexander P. Kartoshkin<sup>1</sup>, Alexander M. Valge<sup>2</sup>, Yaroslav S. Solovev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye Shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; akartoshkin@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3407-4844>

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

<sup>2</sup>Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of FSBI FNAC VIM, Filitrovskoe Highway, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; valgeam@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3407-4844>

<sup>3</sup>Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of FSBI FNAC VIM, Filitrovskoe Highway, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; solyar10@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3407-4844>

**Abstract.** Grass silage takes up to 70% of the feeding ration in intensive animal husbandry. When performing silage harvesting, there is a risk of loss of feed quality and volume, which is associated with violations of agrotechnical deadlines. The reliability of machines, at the same time, is one of the important elements of the risk of the technological process of silage harvesting. Risk determination involves the application of a quantitative risk assessment method and the selection of the most reliable machines. For these purposes, the Markov chain method was used, for which a model in the form of an absorbing chain was compiled. To apply this method as a generalized indicator of the reliability of the system as a whole, the probability of completing the tasks set by an agricultural machine in a timely manner and in compliance with the rules of operation is accepted. Given indicator has been studied in more detail in our other work. In this article, the probabilities of system failures in the case of using different complexes were determined and a comparative characteristic was given. So, for example, for technological complex 1, the probability of completing the task by an agricultural machine of  $K_{vvzsm}$  is 0.72. In this case, the probability of the complex performing silage harvesting without failures is 51.2%. For technological complex 2, the probability of completing the task by an agricultural machine of the  $K_{vvzsm}$  is 0.88. In this case, the probability of the complex performing silage harvesting without failures is 68%. And it is higher than that of complex 1. This suggests that complex 2 will perform the technological process of silage harvesting with a lower risk of 16.8%. Taking into account the cost of 8-9 thousand rubles when the equipment is idle, even in 10 minutes when harvesting silage, the magnitude of potential losses is essential.

**Keywords:** machine reliability, risk assessment, Markov chains, forage harvesting, grass silage, technological process

**Citation.** Kartoshkin, A.P., Valge, A.M. and Soloviev, Ya.S. (2022), "The influence of machine reliability on the risks of feed losses when harvesting grass silage", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, voi. 67, no.2, pp., 175-183, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-175-183.

**Введение.** При выполнении заготовки силоса возникает риск потерь качества и объемов кормов, который связан с нарушениями агротехнических сроков. Надежность машин, входящих в состав технологического варианта для выполнения отдельных операций, является одним из важных элементов риска технологического процесса заготовки силоса.

Силос, приготовленный в плохих условиях, может получиться с низким содержанием сухого вещества (СВ), низкой усвояемостью (энергетической ценностью), низким содержанием сырого протеина, высоким уровнем аммиака и высокой кислотностью. Эти характеристики силоса приведут к низкому потреблению сухого вещества и плохой продуктивности животных [1]. Например, при первом укосе на кормовых угодьях с каждым днем задержки начала уборки происходят следующие изменения. Урожайность на один га составит: + 3 см роста, + 300 г органической массы на 1 м<sup>2</sup>, + 15 ц зеленой массы, + 3-5 ц СВ,

+ 2-3 ГДж чистой энергии (ЧЭ). Кормовая ценность на один кг сухого вещества будет: + 4,5 г сырой клетчатки, + 3,5 г целлюлозы, + 0,9 г лигнина, минус 0,1 МДж ЧЭ, минус 6 г сырого протеина, минус 3 г сырой золы [2, 3]. В этом случае продуктивность на одну голову коровы составит: минус 300 г СВ, минус 2 МДж ЧЭ, минус 0,6 кг молока в день, минус 180 кг молока в год, + 0,5 цента затрат на 1 кг молока [2, 3]. Урожайность во втором укосе сильно зависит от сроков заготовки в первом. Чем позднее убирали, тем слабее отрастание и ниже урожай.

Для снижения фактора риска потерь кормов по причине нарушения агротехнических сроков необходимо подобрать такой состав машин, который наиболее эффективно и с наименьшим количеством простоев из-за возникновения технических отказов или технологических нарушений выполнит заданный технологический процесс заготовки силоса.

**Цель исследования** – оценка влияния надежности машин на риски потерь кормов при заготовке силоса из трав.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Определение риска включает в себя применение метода количественной оценки риска и выбор наиболее надежных машин. Вопросы обеспечения надежности технологического процесса широко рассматривались в период 60-80 гг. прошлого столетия. Исследования, посвященные сохранению надежности технологического процесса, были отражены в работах ученых Лурье А.Б., Агеева Л.Е. и др. Отличительной особенностью являлась типизация машин. Это позволяло набрать достаточный объем статистической информации о надежности. В настоящее время для выполнения отдельных технологических операций используются единичные образцы машин, что в свою очередь затрудняет исследование надежности по статистическим данным наработки такого же образца в тех же условиях. В связи с этим для оценки рисков потерь кормов использована модель в виде поглощающей цепи Маркова. Более подробно работа данного метода описана в статье [4].

В качестве примера рассмотрен кормоуборочный комплекс для технологического процесса заготовки силоса. Граф-схема модели приведена на рисунке 1, где цифрами 0 – 16 обозначены состояния технологического процесса заготовки силоса.

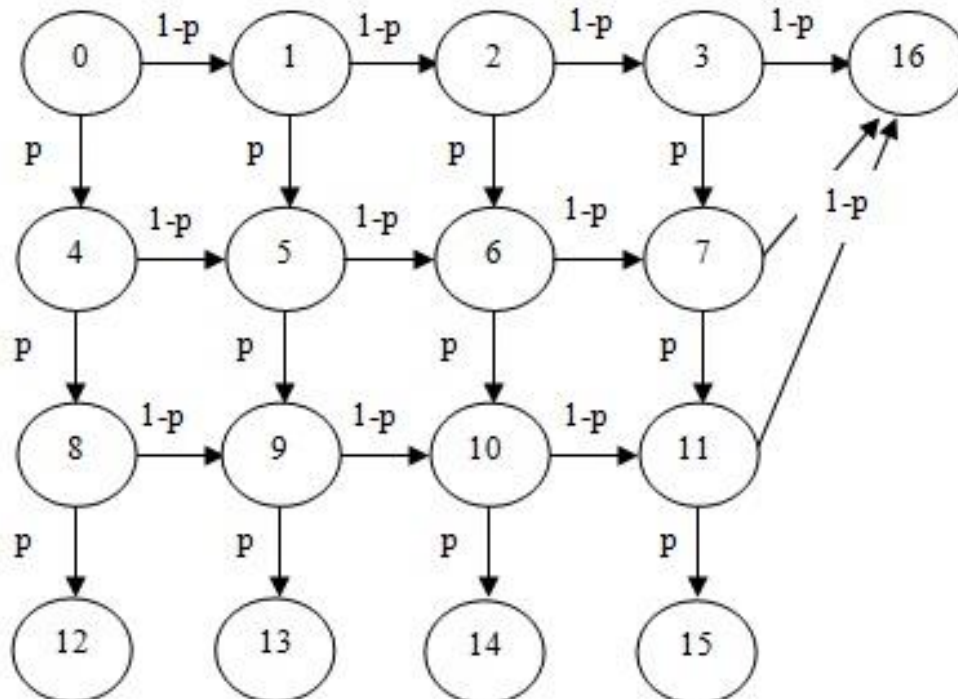


Рисунок 1. Цепь Маркова состояний системы заготовки силоса в зависимости от надежности применяемых машин  
 Figure 1. Markov chain of states of the silo harvesting system depending on the reliability of the machines used

Цепь имеет пять невозвратных (поглощающих) состояний. Поглощающее состояние 12 означает, что система заготовки силоса заканчивает выполнение технологического процесса без технических отказов и (или) нарушений технологического процесса. Поглощающие состояния 13, 14, 15 и 16 характеризуют вероятность возникновения технических отказов и (или) нарушений технологического процесса (рисков) и тем самым могут оказывать влияние на качество и объем заготавливаемых кормов в течение агротехнического срока (3-4 дней).

Вероятность того, что машина (кормоуборочный комбайн, транспортное средство или трамбовщик) окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени (кроме планируемых периодов, в течение которых применение машины по назначению не предусматривается), определяется коэффициентом готовности.

Период времени, при котором машина находится в технически исправном состоянии, но не способна выполнять технологический процесс с заданными параметрами, считается нарушением технологического процесса и оценивается соответствующим коэффициентом (в соответствии с СТО АИСТ 002-2010 «Эксплуатационно-технологическая оценка сельскохозяйственной техники. Термины и определения»). Примером такого состояния может быть забивание травой измельчающего аппарата комбайна, когда необходимо вмешательство оператора для устранения такого нарушения. Коэффициент готовности и коэффициент надежности технологического процесса являются комплексными показателями надежности.

В качестве обобщенного показателя надежности системы принимают вероятность выполнения поставленных задач сельскохозяйственной машиной в установленные сроки при соблюдении правил эксплуатации. Более подробно мы рассмотрели подход к его определению в работе [5].

Формула для расчета вероятности выполнения задания сельскохозяйственной машиной имеет следующий вид:

$$K_{\text{в.в.з.см}} = \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m (T_{41_i} + T_{42_i})}{T_i} \right)^{-1}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{в.в.з.}}$  – вероятность выполнения задания сельскохозяйственной машиной;  $T_{41_i}$  – время на устранение  $i$ -го нарушения технологического процесса, ч;  $T_{42}$  – время устранения  $i$ -го технического отказа сельскохозяйственной машины, ч;  $T_i$  – время работы машины, ч.

Из формулы (1) следует, что значение вероятности выполнения задания сельскохозяйственной машиной должно быть [5]:

- ниже значения коэффициента готовности в случае, когда за время работы машины происходили и технические отказы, и нарушения технологического процесса;
- равно значению коэффициента готовности, когда нарушений технологического процесса за время работы не отмечалось.

В соответствии с методом исследования Марковских цепей представим рисунок 1 в виде таблицы 1, используя метод декомпозиции. Для вычислений отобразим эту таблицу в виде совокупности матриц (Q, R, 0, E). Она называется фундаментальной и состоит из четырех составляющих: Q – матрицы вероятностей; R – матрицы перехода; 0 – нулевой матрицы; E – единичной матрицы.

Такая запись приводит матрицу к уравнению Колмогорова-Чепмена, решение которого позволяет получить ряд показателей для стационарного состояния Марковской цепи:

- число попаданий в каждое из состояний,  $N$ ;
- математическое ожидание длительности пребывания в каждом из состояний для системы заготовки силоса,  $M$ ;
- вероятность перехода из промежуточных состояний в поглощающее состояние,  $B$ .

Расчеты представляют значительные трудности, так как необходимо обращать матрицу большой размерности. Поэтому расчеты осуществлялись на ПК в компьютерной системе Math Cad.

Таблица 1. Вероятности состояний системы заготовки силоса при возникновении отказов машин и нарушений технологического процесса  
 Table 1. Probabilities of states of the silo harvesting system in the event of machine failures and process disruptions

		Состояние выполнения технологического процесса заготовки кормов из трав по причинам отказов машин																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Состояние выполнения технологического процесса заготовки кормов из трав по причинам отказов машин	0		1-p			p												
	1			1-p		p												
	2				1-p		p											
	3							p										1-p
	4					1-p		p										
	5						1-p		p									
	6							1-p		p								
	7										p							1-p
	8									1-p		p						
	9										1-p		p					
	10											1-p		p				
	11														p		1-p	
	12												1					
	13													1				
	14														1			
	15															1		
	16																	1

$$= \begin{bmatrix} Q & R \\ 0 & E \end{bmatrix}$$

**Результаты исследований.** В качестве данных для оценки рисков потерь качества и количества кормов при выполнении заготовки силоса использовали результаты испытаний машин в ФГБУ «Северо-Западная МИС» за 2014-2019 год [6, 7, 8, 9]. Данные по некоторым машинам с учетом обобщенного показателя надежности (вероятности выполнения задания сельскохозяйственной машиной) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Данные по надежности машин и рассчитанные по ним значения вероятности выполнения задания сельскохозяйственными машинами  
 Table 2. Data on the reliability of machines and the calculated values of the probability of completing the task by agricultural machines

Марка машины	Наработка, ч*	Число отказов, шт.*	Группа сложности*	Наработка на отказ, ч*	Коэффициент готовности K <sub>г</sub> *	Коэффициент надежности технологического процесса K <sub>ч1</sub> *	Вероятность выполнения задания сельскохозяйственной машиной K <sub>выполн</sub>
Косилка дисковая ELHO Arrow NM 9000 Delta Roller в комбинации с косилкой дисковой ELHO Arrow 3200F Roller	111	8 3	I II	13,9	0,91	1,00	<b>0,91</b>

Окончание таблицы 2.

Косилка дисковая Таагур 5090 ВХ в комбинации с косилкой дисковой Таагур 3632 FT	130	2	II	14,4	0,92	1,00	<b>0,92</b>
Косилка навесная дисковая KDD 941 Perfect Cut в комбинации с косилкой дисковой KDF-300 Perfect Cut	193	12	II	16,1	0,95	1,00	<b>0,95</b>
Грабли-валкователь HIBISCUS 655SD CLASSIC	80	5	II	16	0,92	1,00	<b>0,92</b>
Грабли-ворошилки роторные ГВР-6Р	93	6	II	15,5	0,90	1,00	<b>0,90</b>
Комбайн кормоуборочный самоходный КСК 600	318	2	II	159	0,98	1,00	<b>0,98</b>
Комбайн кормоуборочный самоходный К-Г-6	284	2	II	142,2	0,97	0,88	<b>0,87</b>
Комбайн прицепной кормоуборочный FCT 1460 MD	145	7	II	20,7	0,96	1,00	<b>0,96</b>
Полуприцеп самосвальный ПС-15БМ							

\* Значения основаны на данных отчетов Северо-Западной машиноиспытательной станции за период 2014-2019 гг.

На примере косилки-триплекс дисковой ELHO Arrow NM 9000 Delta Roller в комбинации с косилкой ELHO Arrow 3200F Roller, как наименее надежной из представленных в таблице 2, по программе была рассчитана матрица В со значением вероятности выполнения задания сельскохозяйственной машиной  $K_{\text{ВВЗСМ}}$ . Матрица приведена на рисунке 2.

	0	1	2	3	4
0	0.7787	0.1869	0.0299	0.004	0.0005
1	0	0.7787	0.1869	0.0299	0.0045
2	0	0	0.7787	0.1869	0.0344
3	0	0	0	0.7787	0.2213
4	0.8464	0.1354	0.0163	0.0017	0.0002
5	0	0.8464	0.1354	0.0163	0.0019
6	0	0	0.8464	0.1354	0.0182
7	0	0	0	0.8464	0.1536
8	0.92	0.0736	0.0059	0.0005	0
9	0	0.92	0.0736	0.0059	0.0005
10	0	0	0.92	0.0736	0.0064
11	0	0	0	0.92	0.08

$B := N \cdot R =$

Рисунок 2. Результаты расчета вероятностей перехода в поглощающее состояние системы заготовки кормов из трав при надежности косилки  $p = 0,91$

Figure 2. The results of calculating the probabilities of transition to the absorbing state of the grass forage harvesting system with the reliability of the mower  $p = 0.91$

При таком значении  $K_{\text{ВВЗСМ}}$  в течение выполнения операции скашивания вероятность того, что отказов не возникнет и машина будет в работоспособном состоянии, составляет 77,8 %. Возникновение одного отказа машины вероятно на 18,7 %, 2 отказов – на 3 %, 3 отказов и более практически не возникнет.

Значение рисков для других машин, входящих в технологический комплекс для заготовки силоса, были определены таким же образом (по такой же процедуре). В качестве примера приведем два варианта технологических комплексов для заготовки силоса (таблица 3).

Таблица 3. **Варианты технологических комплексов для заготовки силоса**  
 Table 3. **Variants of technological complexes for silage harvesting**

Наименование операции	Наименование машины	$K_{\text{ВВЗ}}$	Наименование машины	$K_{\text{ВВЗ}}$
	<b>Технологический комплекс 1</b>		<b>Технологический комплекс 2</b>	
Скашивание	ELHO Arrow NM 9000 Delta Roller в комбинации с косилкой дисковой ELHO Arrow 3200F Roller	0,91	Косилка-плющилка ротационная трехсекционная навесная КПП-9	0,99
Валкование	Грабли-ворошилки роторные ГВР-6	0,94	Грабли-валкователь HIBISCUS 655SD CLASSIC	0,92
Подбор с измельчением и погрузкой	Комбайн кормоуборочный полуприцепной К-Г-6	0,87	Комбайн кормоуборочный КСК-600	0,99
Транспортировка к хранилищу	Полуприцеп самосвальный ПС-15БМ	1,00	Полуприцеп самосвальный ПС-15БМ	1,00
Трамбование	John Deere 7830	0,98	Трактор «Кировец» К-701	0,98
<b>Итоговое значение для всего комплекса</b>		<b>0,72</b>		<b>0,88</b>

Для технологического комплекса 1 вероятность выполнения задания сельскохозяйственной машиной  $K_{\text{ВВЗСМ}}$  составляет 0,72. Тогда вероятность рисков при заготовке имеет следующее распределение: что отказов не возникнет и машины будут находиться в работоспособном состоянии, составляет 51,2 %, что возникнет один отказ машины – 30,7 %, что возникнет 2 отказа – 12,3 %, 3 отказа и более – 5,8 %.

Для технологического комплекса 2 вероятность выполнения задания сельскохозяйственной машиной  $K_{\text{ВВЗСМ}}$  составляет 0,88. Тогда вероятность рисков при заготовке силоса имеет следующее распределение: что отказов не возникнет и машины будут находиться в работоспособном состоянии, составляет 68 %, что возникнет один отказ машины – 24 %, возникнет 2 отказа – 5 %, 3 отказа и более практически не может возникнуть – 0,1 %.

**Выводы.** Если принять за 1,0 вероятность выполнения технологического процесса заготовки силоса в течение 4 дней без прерывания процесса по причине технических отказов и нарушений технологического процесса, то объем заготовленного корма в хранилище траншейного типа составит 2500 т стоимостью 2,5 тыс. руб./т (на ноябрь 2021 года). В таком случае потенциально общая стоимость заложенного силоса составит 5 млн. руб. С учетом объема траншеи и сроков необходимо закладывать порядка 50-55 т/ч. Из этих требований следует, что задержка в выполнении технологического процесса даже на 10 минут (по причинам технических отказов или нарушений технологического процесса) потенциально может составлять 8-9 тыс. руб.

Данный подход позволит на этапе проектирования более эффективно подобрать комплекс машин для выполнения технологического процесса заготовки силоса. Сведения о надежности позволят сформировать номенклатуру запасных частей. В приведенной статье оба комплекса примерно сопоставимы по производительности. В сезон за два укоса хозяйства заготавливают порядка 15-20 тыс. тонн силоса. Это означает, что комплекс машин с учетом длительности смены в 10-12 часов должен поработать до 400 часов (20 тыс. т силоса – это 8

траншей по 2,5 тыс. т, при этом на каждую траншею должно уйти не более 3-4 дней). Тогда суммарное время неработоспособного состояния для комплекса 1 составит 112 ч по техническим отказам или нарушениям технологического процесса. Для комплекса 2 время не работоспособного состояния составляет 48 ч, что в 2,3 раза меньше, чем у комплекса 1.

Силос будет заготовлен в срок с вероятностью 51,2 % в случае использования технологического комплекса 1 и с вероятностью 68 % с использованием технологического комплекса 2.

#### Список источников литературы

1. By Sinéad Devaney, Teagasc Adviser, Galway/Clare Regional Unit. “Silage Analysis - Why it's important and what it all means”, available at: <https://www.teagasc.ie/publications/2017/silage-analysis> (дата обращения 10.11.2021).
2. Повторение пройденного: распространённые ошибки при заготовке грубых кормов [Электронный ресурс] – URL: <https://pandia.ru/text/78/570/23313.php> (дата обращения: 12.11.2021).
3. Заготовка силоса [Электронный ресурс] – URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/fodder-production-tech/zagotovka-silosa.html> (дата обращения: 21.01.2022).
4. Попов В.Д., Картошкин А.П., Соловьев Я.С. Оценка рисков технологического процесса заготовки кормов из трав по показателю надежности машин // Известия Международной академии аграрного образования. – 2020. – № 49 (6). – С. 50-56.
5. Соловьев Я.С. Моделирование условий определения коэффициента вероятности выполнения задания сельскохозяйственной машиной при испытаниях // Известия Международной академии аграрного образования. – 2020. – № 41-2. – 2018. – С. 65-70.
6. Научный отчёт // Журнал «Вестник испытаний Северо-запада. 2016 год» ФГБУ «СЗМИС». – Калитино, 2017. – 62 с.
7. Научный отчёт // Журнал «Вестник испытаний Северо-запада. 2017 год» ФГБУ «СЗМИС». – Калитино, 2018. – 66 с.
8. Научный отчёт // Журнал «Вестник испытаний Северо-запада. 2018 год» ФГБУ «СЗМИС». – Калитино, 2019. – 75 с.
9. Научный отчёт // Журнал «Вестник испытаний Северо-запада. 2019 год» ФГБУ «СЗМИС». – Калитино, 2020. – 73 с.
10. Хабардин В.Н. Условия и затраты труда при техническом обслуживании машин на местах их использования // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 2(54). – С. 80-84.

#### References

1. By Sinéad Devaney and Teagasc Adviser, Galway/Clare Regional Unit. “Silage Analysis - Why it's important and what it all means”, available at: <https://www.teagasc.ie/publications/2017/silage-analysis> (Accessed 10 December 2021).
2. Repetition of the past: common mistakes in the preparation of coarse feed, available at: <https://pandia.ru/text/78/570/23313.php> (Accessed 12 November 2021).
3. Silage harvesting, available at: <https://agrovesti.net/lib/tech/fodder-production-tech/zagotovka-silosa.html> (Accessed 21 November 2022).
4. Popov, V.D., Kartoshkin, A.P., Solovev, Ya.S. (2020), “Risk assessment of the technological process of harvesting grass forage by the reliability of machines”, *Izvestiya mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*, no. 49, pp. 50-56.
5. Solovev, Ya.S. (2018), “Modeling of the conditions for determining the probability coefficient of task completion by an agricultural machine during tests” *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*, no. 41, pp. 65-70.
6. Vestnik ispy`tanij Severo-zapada 2016 god. (2017), FGBU «SZMIS», Kalitino, Russia, 62 p.
7. Vestnik ispy`tanij Severo-zapada 2017 god. (2018), FGBU «SZMIS», Kalitino, Russia, 66 p.
8. Vestnik ispy`tanij Severo-zapada 2018 god. (2019), FGBU «SZMIS», Kalitino, Russia, 75 p.
9. Vestnik ispy`tanij Severo-zapada 2019 god. (2020), FGBU «SZMIS», Kalitino, Russia, 73 p.
10. Xabardin, V.N. (2020), “Conditions and labor costs during the maintenance of machines at the places of their use” *Nauchno-prakticheskij zhurnal «Dal`nevostochny`j agrarny`j vestnik»*, Blagoveshensk: Izd-vo Dal`GAU, no. 54, pp. 80-84.



### Сведения об авторах

**Картошкин Александр Петрович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобиля, тракторы и технический сервис машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1245-0618.

**Валге Александр Мартынович** – доктор технических наук, профессор, ведущий специалист, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», spin-код: 284559.

**Соловьев Ярослав Сергеевич** – научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», spin-код: 6076-8405.

### Information about the authors

**Alexander P. Kartoshkin** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Cars, tractors and technical Service", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", RSCI spin-code: 1245-0618.

**Alexander M. Valge** – Doctor of Technical Sciences, Professor, leading specialist, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", RSCI spin-code: 284559;

**Yaroslav S. Solovev** - research associate, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", RSCI spin-code: 6076-8405.

**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 01.04.2022 г.; одобрена после рецензирования 02.06.2022 г.; принята к публикации 10.06.2022 г.*

*The article was submitted 01.04.2022; approved after reviewing 02.06.2022; accepted after publication 10.06.2022.*



**К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРАСКОВЬИ АНДРЕЕВНЫ АДАМЕНКО**

Пожалуй, не найдется в нашем университете человека, чей трудовой стаж был бы так велик, как у Прасковьи Андреевны Адаменко. Она пришла молодой сотрудницей на кафедру иностранных языков в 1948 г. и работала здесь непрерывно до 2012 г. Без малого шесть с половиной десятилетий Прасковья Андреевна преподавала английский язык студентам и аспирантам биологических специальностей. В этой области ей не было равных.

Прасковья Андреевна Адаменко родилась 3 июня 1922 г. в селе Чугуевка Приморского края в семье инженера-дорожника. Ее отец, Адриан Михайлович Адаменко, в начале XX в. переехал из Чернигова, мать, Анна Тимофеевна Соловчук, — с белорусско-литовского пограничья, по государственной программе заселения Дальнего Востока. В семье было восемь детей, Прасковья Андреевна была четвертым ребенком. При оформлении документов делопроизводителем была допущена ошибка, и вместо отчества Адриановна было записано Андреевна. Этот вариант отчества традиционно и закрепился в дальнейшем. В связи со спецификой работы отца семья часто перемещалась по Приморскому краю. Школу она закончила в г. Спасск-Дальний. Отец Прасковьи Андреевны был выдающейся личностью, оказал большое влияние на детей, все они получили высшее образование. У одного из братьев было три высших образования. В конце 1930-х гг. она поступила в Хабаровский

педагогический институт. Уровень образования в этом вузе был очень высоким. В 1941 г., незадолго до начала войны, вышла замуж за Иосифа Шлемовича Мазо, который был летчиком-техником, участником Великой Отечественной войны. Окончила институт в 1945 г., получив профессию преподавателя английского языка. Также Прасковья Андреевна владела итальянским и французским языками. Курс, на котором она училась, был очень дружным, и с большинством однокурсников Прасковья Андреевна дружила всю дальнейшую жизнь. В 1948 г. она переехала вместе с мужем в г. Пушкин и начала работать преподавателем английского языка в Ленинградском сельскохозяйственном институте (в дальнейшем СПбГАУ), с которым связана вся ее последующая жизнь.

С самых первых лет преподавания она очень ответственно и творчески отнеслась к своей работе. Ее стала интересовать английская лексика в области животноводства. Для того чтобы переводить тексты по животноводству, у специалистов в то время не было специального словаря, они должны были использовать англо-русский биологический словарь, в котором, конечно, не доставало сельскохозяйственной лексики. Прасковья Андреевна начинает составлять картотеку английской лексики по животноводству, а также и по другим отраслям сельского хозяйства. Для того чтобы правильно понимать и переводить эти термины, она постоянно обращается за консультациями к ведущим преподавателям зооинженерного факультета. В те годы это были корифеи животноводства, профессора и академики А.П. Дмитроченко, С.И. Боголюбский, М.М. Лебедев, П.И. Кокуричев, А.Д. Курбатов, А.А. Шестиперов и многие другие. Общение со многими из них переросло и в личную дружбу. Все эти выдающиеся личности оставили в ее душе неизгладимый след, и Прасковья Андреевна всегда чтит их память, с восторгом и благодарностью рассказывала о них молодому поколению своих учеников.

Общение с такими специалистами и систематическая работа с английскими и русскими текстами по животноводству сделали Прасковью Андреевну также специалистом и в этой области, хотя она скромно называла себя английским термином «аутсайдер». Кропотливая работа в данной сфере в течение двух десятилетий привела к защите в 1971 г. кандидатской диссертации по филологии на тему «Лексико-семантическая группа слов, обозначающих сельскохозяйственных животных: на материале английского языка». Она была соискателем в педагогическом институте им. Герцена. Научным руководителем ее диссертации была Елена Ивановна Чупилина. А через год, в 1972 г., при участии Прасковьи Андреевны вышел в свет единственный в своем роде Англо-русский словарь по животноводству, содержащий около 25000 терминов. Он является незаменимым для многих поколений животноводов, которые работают со статьями на английском языке. Позже большим коллективом авторов был выпущен Англо-русский сельскохозяйственный словарь, содержащий около 75000 терминов. Один из главных его авторов – также П.А. Адаменко.

Помимо работы над словарями, Прасковья Андреевна также является автором множества учебных и методических пособий для студентов и аспирантов как зооинженерного, агрономического факультетов, так и для других специальностей. Занималась она и совершенствованием методики преподавания иностранных языков. По ее инициативе для повышения объективности оценки знаний было введено правило сдавать экзамен студентами не тому преподавателю, который их обучал, а другому, не знавшему их.



Рис. 1. Словари и учебные пособия, подготовленные П.А. Адаменко для студентов и аспирантов

Работа П.А. Адаменко на кафедре иностранных языков в основном проходила при таких заведующих, как Т.В. Солтицкая, Я.Н. Любарский, И.Я. Липидус. Неоднократно она также получала предложения быть заведующим кафедрой, но отказывалась от них. В коллективе Прасковья Андреевна пользовалась непререкаемым авторитетом. Жизнь кафедры была очень дружной, сплоченной. Регулярно проходили встречи сотрудников в неформальной обстановке в кафе или у кого-то дома, на которых были шуточные запреты – не разговаривать о работе и не приносить с собой плохое настроение. Также устраивались конкурсы девушек. Прасковья Андреевна всегда была душой этих встреч.

За многие десятки лет, будучи доцентом, а в последние годы и профессором кафедры иностранных языков, Прасковья Андреевна постоянно использовала английский язык на практике, была переводчицей на различных международных мероприятиях и посещала зарубежные страны в качестве туриста. Например, одна из таких запоминающихся поездок – в Лондон на Международный конгресс по птицеводству. Уровень нашего представительства был очень высоким, следующим после министерского (академики, профессора), и включение в состав делегации П.А. Адаменко говорит об ее очень высоком профессиональном уровне. Была также интересная поездка в Индию. Такие же мероприятия проходили в Киеве, Одессе, Омске, Владивостоке и многих других городах. За долгую творческую жизнь в университете Прасковья Андреевна имела многие награды, грамоты, благодарности, такие как «Отличник народного образования» и др.





Рис. 2. 90-летний юбилей П. А. Адаменко, июнь 2012 г.

В личной жизни Прасковья Андреевна была также счастливым человеком. Она была любимой и любящей женой, матерью двоих сыновей, воспитывала троих внуков, четверых правнуков. По словам младшей сестры, она была для нее словно второй матерью. Родные и коллеги отмечают такие качества Прасковьи Андреевны, как трудолюбие, целеустремленность, неиссякаемую жизненную энергию, постоянное самосовершенствование, оптимизм, юмор, любовь к прошлому, к истории, и в то же время устремленность в будущее, большой интерес к молодежи.

В конце этой статьи мне хочется поделиться личными впечатлениями о Прасковье Андреевне Адаменко. Впервые я ее встретил, будучи студентом, в начале 1990-х гг., когда ей было уже 70 лет. Для преподавателя это почтенный возраст, тогда я и не предполагал, что меня ждут еще более 20 лет общения с Прасковьей Андреевной. В студенческие годы она занятий у меня не вела, и я с интересом наблюдал ее только со стороны, видя в ней выдающуюся личность. С конца 1990-х гг., когда я был аспирантом кафедры разведения с.-х. животных, началось более плотное общение с Прасковьей Андреевной. Она вела у нас аспирантские занятия, проверяла переводы специальных текстов, обучала грамматике, особенностям английского языка в области животноводства, а в этой сфере именно она была одним из наиболее крупных специалистов в стране. Эти занятия проходили по два раза в неделю. Аспирантов было немного, иногда приходил только я один, так что, можно сказать, это были индивидуальные занятия. Позже, когда я выполнил всю программу по английскому языку, благополучно сдал кандидатский экзамен, у меня появилась возможность поехать на полгода работать в Великобританию. Прасковья Андреевна порадовалась за меня и одобрила это решение. Через полгода я вернулся домой, обогащенный знанием английского языка, привез с собой множество английских книг, которые мы с ней часа полтора внимательно

рассматривали, долго с восторгом рассказывал Прасковье Андреевне о своих впечатлениях. А она вдруг неожиданно спросила:

- А Вы не хотели бы, Вадим, попробовать преподавать английский язык у нас на кафедре?

Вопрос был неожиданным, я засомневался. Но Прасковья Андреевна успокоила меня и сказала, что все получится, что она в меня верит. И вот так, с ее легкой руки, я на протяжении восьми лет по совместительству преподавал английский язык у себя на факультете. В эти годы мы много общались с Прасковьей Андреевной, и, если так можно сказать, подружились – все-таки разница в возрасте у нас была более чем в полвека. Часто мы виделись на кафедре, вместе принимали экзамены у студентов, я бывал у нее дома, она была на защите моей кандидатской диссертации в 2002 г. Она много мне рассказывала об истории нашего университета, факультета, о выдающихся ученых, различных интересных событиях, встречах с людьми. Мне кажется, именно так и сохраняются традиции – при живом общении, из уст в уста. Много позже, когда Прасковьи Андреевны уже не было с нами, мне удалось побывать в Эстонии, Франции, Бельгии с чтением лекций по разведению с.-х. животных на английском языке. Каждый раз при этом я, прежде всего, мыслями обращался именно к ней, думая о том, как бы она порадовалась за меня в эти моменты. По-видимому, последним ярким событием в университете для нее был 90-летний юбилей столь любимого ею зооинженерного факультета осенью 2012 г. Сама Прасковья Андреевна была его ровесницей, ей к тому времени уже исполнилось 90 лет. Весь день она провела на факультете, присутствовала на торжественном заседании, общалась с коллегами, учениками, которые высказывали ей всеобщую любовь и уважение. В этом же году, к ее 90-летию, вышло и второе издание Англо-русского словаря по животноводству, обновленное и дополненное.

Прасковья Андреевна Адаменко скончалась 12 апреля 2017 г. на 95-м году жизни. Только последние пять лет не работала она в университете, но и тогда все ее мысли были о своей любимой работе, о любимом вузе, кафедре. Благодарная память об этом замечательном ученом, педагоге, человеке навсегда останется в сердцах тех, кто ее знал – родных, близких, коллег, учеников, и мы обязательно сохраним эту память и передадим следующим поколениям.

**Кандидат биологических наук В.С. Грачев**

## **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 № 2 (67)

Подписано к печати 27.06.2022 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. 23,5 Тираж 1000. Заказ 255.  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2