

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 3 (64)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2021**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 3 (64)



# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2021

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 3 (64)

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  
№ 3 (64)

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  
№ 3 (64)

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

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

Выпускающий редактор  
**Баранова Марина Дмитриевна**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Алдошин Николай Васильевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

**Анисимов Анатолий Иванович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);

**Атрощенко Геннадий Парфёнович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

**Болгов Анатолий Ефремович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство» ФГБОУ ВО ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

**Ганусевич Фёдор Фёдорович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство);

**Дидманидзе Отари Назирович**, Академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

**Долженко Виктор Иванович**, Академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений);

**Долженко Татьяна Васильевна**, доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);

**Донских Нина Александровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

**Иванов Алексей Иванович**, член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом физико-химической мелиорации и опытного дела ФГБНУ АФИ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.04 Агрохимия);

**Карпов Валерий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологий» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

**Карташевич Анатолий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и машины для природоустройства» УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве)

**Карынбаев Аманбай Камбарбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

**Киру Степан Димитрович**, доктор биологических наук, профессор кафедры «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений);

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Станишевская Ольга Игоревна**, доктор биологических наук, руководитель отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц ВНИИГРЖ ФГБНУ «ФИЦЖ — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

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

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

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

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

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

QUARTERLY ISSUED SCIENTIFIC JOURNAL

№ 3 (64)

Editor-in-Chief

**Morozov Vitaliy Yurievich**

Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputies Editor-in-Chief

**Kolesnikov Roman Olegovich**

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

**Vorontsov Yaroslav Alekseyevich**

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

Executive Journal Editor

**Baranova Marina Dmitrievna**

**EDITORIAL BOARD**

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

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

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

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

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

**Didmanidze Otari Nazirovich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobile Transport, FSBEI HE RSAU – MTAA (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

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

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

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

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

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

**Kartashevich Anatoly Nikolaevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Tractors, Cars and Machines for Nature Management, EI «Belarusian State Agricultural Academy» (05.20.03 Technologies and means of maintenance in agriculture)

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

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

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

**Lavrishchev Anton Viktorovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry named after L.N. Alexandrova, FSBEI HE SPbSAU (06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry);

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Saleeva Irina Pavlovna**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Poultry Meat Production Technology, FSC ARRTPI RAS (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals; 06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology)

**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

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

<b>Найда Н.М.</b> Морфологические и анатомические особенности плодов лигустикума китайского <i>Ligusticum sinense</i> .....	9
<b>Донских Н.А., Уманец М.С.</b> Сравнительная оценка семенной продуктивности сортов клевера лугового в условиях Ленинградской области.....	15
<b>Лапшин Ю.А., Максимов В.А., Золотарёва Р.И.</b> Сравнительная оценка сортов и линий ярового тритикале по зерновой продуктивности в условиях Республики Марий Эл.....	24
<b>Данилова Т.Н.</b> Влияние гидрогелей на показатели структуры урожая зерновых культур в условиях модельной почвенной засухи «засушник» и в полевых условиях.....	31
<b>Лебедев В.Н., Хуаз С.Х., Ураев Г.А.</b> Влияние возрастающих доз азота на продуктивность и качество зеленой массы редьки масличной.....	39
<b>Малашин С.Н., Саморуков В.И., Саморуков Д.В.</b> Оценка качества плодородия почв сельскохозяйственных угодий хозяйств Ленинградской области.....	47
<b>Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Баширов Р.Р.</b> Баланс углерода и способ его улучшения в полупустынных ландшафтах Северо-Западного Прикаспия.....	58

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Васильева О.К.</b> Долголетие коров голштинской породы в зависимости от эффективности производства молока.....	66
<b>Алексеева Е.И., Дорофеева А.В., Подобаева Н.В.</b> Сравнение модели прыжка жеребцов-производителей тракненской породы России и голштинской породы Германии.....	76

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

<b>Новиков М.А., Павлов С.Б.</b> Повышение эффективности перевозки рулонов льнотресты (на примере ООО «Уторгошский льнозавод» Новгородской области) .....	84
<b>Джабборов Н.И., Добринов А.В.</b> Закономерности изменения эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата со скобообразными рабочими органами с трактором тягового класса 3.....	92
<b>Сухопаров А.И., Иванов И.И., Плотникова Ю.А.</b> Влияние конструктивных параметров центробежно-роторного измельчителя на качественные показатели его работы.....	106
<b>Шкрабак Р.В.</b> Инновационные пути обеспечения безопасности работ в колодцах и жижесборниках канализационных систем АПК.....	115

## **AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY**

<b>Naida N.M.</b> Morphological and anatomical features of the fruits of the Chinese ligusticum ( <i>Ligusticum sinense</i> ).....	9
<b>Donskikh N.A., Umanets M.S.</b> Comparative assessment of seed productivity of meadow clover varieties in the conditions of the Leningrad region.....	15
<b>Lapshin Y.A., Maksimov V.A., Zolotareva R.I.</b> Comparative assessment of varieties and lines of spring triticale by grain productivity in the conditions of the Republic of Mari El.....	24
<b>Danilova T.N.</b> Influence of hydrogels on indicators of the harvest structure of grain crops under model soil dry "dryer" and in field conditions.....	31
<b>Lebedev V.N., Khuaz S.H., Uraev G.A.</b> The effect of increasing nitrogen doses on the productivity and quality of the green biomass of oilseed radish.....	39
<b>Malashin S.N., Samorukov V.I., Samorukov D.V.</b> Assessment of the quality of soil fertility of agricultural lands of farms of the Leningrad region.....	47
<b>Gasarov G.N., Asvarova T.A., Bashirov R.R.</b> Carbon balance and a way to improve it in the semi-desert landscapes of the North-Western precaspian.....	58

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

<b>Vasilyeva O.K.</b> Longvity cows of the holstein breed depending on the efficiency of milk production	66
<b>Alekseeva E.I., Dorofeeva A.V., Podobaeva N.V.</b> Comparison of the jump model of stallions-producers of the trakenen breed of Russia and the holstein breed of Germany.....	76

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

<b>Novikov M.A., Pavlov S.B.</b> Improving the efficiency of transportation of flax rolls on the example of llc "Utorgosh flax factory of the Novgorod region .....	84
<b>Jabbarov N.I., Dobrinov A.V.</b> Change patterns in operational indicators of a soiltillage unit with bracket-shaped working bodies for traction class 3 tractor.....	92
<b>Sukhoparov A.I., Ivanov I.I., Plotnikova Yu.A.</b> The influence of the design parameters of the centrifugal-rotary shredder on the quality indicators of its operation.....	106
<b>Shkrabak R.V.</b> Innovative ways to ensure safety works in the wells and liquid manure collectors of the sewerage systems of agro-industrial complex.....	115

Научная статья

УДК 58:633.8

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-9-15

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОВ ЛИГУСТИКУМА КИТАЙСКОГО *LIGUSTICUM SINENSE*

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.** Опыт применения лекарственных растений в Китае насчитывает несколько тысячелетий, в традиционной китайской медицине (ТКМ) применяется около 12000 видов растений, из них 300 видов лекарственных растений выращивают в культуре.

Изучение лекарственных растений из традиционной китайской медицины позволит рационально подбирать виды для их интродукции и культивирования в России, а также увеличит арсенал лекарственных растений и препаратов на их основе.

В рамках сотрудничества Санкт-Петербургского государственного аграрного университета с Научно-исследовательским институтом технических культур Сычуаньской академии сельскохозяйственных наук (г. Чэнду, Китайская Народная Республика) были получены семена (мерикарпии) лигустикума китайского. Виды лигустикума используются в традиционных медицинах Востока и в медицине стран Западной Европы. Их применяют при гипертонии, ишемической болезни сердца, они обладают анальгезирующим, антиревматическим, успокаивающим, антисептическим действием, улучшают циркуляцию крови.

Целью наших исследований было изучение морфологических и анатомических особенностей плодов лигустикума китайского (*Ligusticum sinense* Oliver, *Apiaceae*). Морфологию и анатомию плодов изучали на живом и фиксированном в ацетоалкоголе материале.

Плод лигустикума китайского эллиптический, двусемянный, распадающийся на два мерикарпия (части плода), семя не освобождается от околоплодника. Мерикарпии имеют коричневую окраску, не сжаты со спины, спинная сторона выпуклая с тремя, хорошо выраженными, ребрами и двумя боковыми. В ребрах проходят проводящие пучки, в зрелых плодах они почти не просматриваются. В ложбинках между спинными ребрами лежат по 1-2 эфирно-масляных канальца, на боковой стороне – по 2-3, на брюшной – 2-4. Клетки паренхимы околоплодника в зрелых плодах сдавлены и смяты. Хорошо сохраняется не одревесневший эндокарпий, семенная кожура.

Исследования выявили специфические морфологические и анатомические особенности плодов *Ligusticum sinense*, отличающие их от других видов рода *Ligusticum*. Дальнейшие исследования лигустикума китайского позволят судить о перспективе его интродукции, возделывания и применения в России.

**Ключевые слова:** лигустикум, лекарственные растения, плод, семя, ребро, мерикарпий, перикарпий, эфирно-масляный каналец

**Цитирование.** Найда Н.М. Морфологические и анатомические особенности плодов лигустикума китайского *Ligusticum sinense* // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64).– С. 9-15. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-9-15

## MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL FEATURES OF THE FRUITS OF THE *LIGUSTICUM SINENSE*

**Nadezhda Mikhailovna Naida**

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

**Abstract.** The experience of using medicinal plants in China has several millennia, about 12,000 species of wild and cultivated plants are used in traditional Chinese medicine (TCM), of which 300 species of medicinal plants are grown in culture.

The study of medicinal plants from traditional Chinese medicine will allow rational selection of species for their introduction and cultivation in Russia and will increase the arsenal of medicinal plants.

Within the framework of cooperation between the St. Petersburg State Agrarian University and the Research Institute of Technical Cultures of the Sichuan Academy of Agricultural Sciences (Chengdu, People's Republic of China), Chinese ligusticum seeds were obtained. Ligusticum species are used in traditional medicines of the East and in medicine of Western Europe.

The purpose of our research was to study the morphological and anatomical features of the fruits of Chinese ligusticum (*Ligusticum sinense* Oliver, *Apiaceae*). The morphology and anatomy of fetuses were studied on live and fixed in acetoalcohol material.

The fruit of the Chinese ligusticum is elliptical, two-seeded, splitting into two mericarps. The mericarps are brown in color, not compressed from the back, the dorsal side is convex with three well-defined ribs and two lateral ones. Conducting bundles pass through the ribs, they are almost not visible in mature fruits. In the hollows between the dorsal ribs there are 1-2 essential oil tubules, on the lateral side – 2-3, on the abdominal side – 2-4. The cells of the parenchyma of the pericarp in mature fruits are compressed and crushed. The seed rind, which is not lignified, is well preserved.

Studies have revealed specific morphological and anatomical features of *Ligusticum sinense* fruits that distinguish them from other species of the genus *Ligusticum*. Further studies of Chinese ligusticum will allow us to judge the prospects of its introduction, cultivation and application in Russia.

**Keywords:** *ligusticum, medicinal plants, fruit, seed, rib, mericarp, pericarp, essential oil channel*

**Citation.** Naida Nadezhda M. (2021) “Morphological and anatomical features of the fruits of the Chinese ligusticum (*Ligusticum sinense*)”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, p. 9-15 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-9-15

**Введение.** Из года в год растет интерес к лекарственным растениям как в России, так и во всем мире. Чтобы удовлетворить потребность медицины в лекарственном растительном сырье, одни виды растений собирают в природе, другие – выращивают в культуре. Однако природные запасы многих видов лекарственных растений находятся под угрозой уничтожения, все это ведет к уменьшению биологического разнообразия растений. Антропогенное воздействие пагубно сказывается на состоянии растительных ресурсов. Некоторые виды растений не переносят вытаптывания и страдают от неконтролируемых сборов, особенно в пригородных лесах. Многие виды лекарственных растений имеют статус охраняемых и исчезающих.

Совершенно очевидно, что проблема сохранения лекарственных растений, угроза уничтожения их природных ресурсов, а также быстрое изменение климата подводят к пониманию необходимости поиска новых видов и форм лекарственных растений и возделывания их в почвенно-климатических зонах РФ. Эта проблема актуальна не только для России, но и для других стран. Как сообщили китайские исследователи из Сычуаньского исследовательского центра ТКМ, ими организованы экспедиции в Тибет, выявлены редкие виды лекарственных растений, используемых в традиционной китайской медицине. Ведется разработка методов сохранения редких видов, а также технологий их возделывания в культуре [1]. Возделывание лекарственных растений имеет ряд преимуществ, главные из них – это достижение высокой урожайности, качества и однородности сырья, его экологическая безопасность, использование средств механизации, одновременная и быстрая уборка урожая и др. [2]. Как известно, опыт применения лекарственных растений в Китае насчитывает несколько тысячелетий, в традиционной китайской медицине (ТКМ) применяется около 12000 видов растений, из них 300 видов лекарственных растений выращивают в культуре. Поэтому изучение лекарственных растений из традиционной китайской медицины позволит нам рационально подбирать виды для их интродукции и культивирования в России и увеличит арсенал лекарственных растений, а это, в конечном итоге, будет способствовать расширению ассортимента лекарственных препаратов растительного происхождения [3].

В рамках сотрудничества Санкт-Петербургского государственного аграрного университета с Научно-исследовательским институтом технических культур Сычуаньской академии сельскохозяйственных наук (г. Чэнду, Китайская Народная Республика) были получены семена (мерикарпии) лекарственного растения, используемого в традиционной китайской медицине – лигустикума китайского из семейства сельдерейных *Apiaceae*.

Виды лигустикума используются в народной медицине и как пищевые растения. Так, лигустикум шотландский, произрастающий в Европейской части РФ, на Дальнем Востоке и на Аляске, употребляется в пищу как овощное растение. Лигустикум арафе – эндем Западного Закавказья, имеет ароматное корневище, из которого готовят порошок для ароматизации табака. Лигустикум Валлиха, или Уоллича (*Ligusticum wallichii*=*Ligusticum chuanxiong* Hort.), близкий вид – лигустикум китайский (*L. sinense*) и лигустикум жехоленский (*L. jeholense*) используются в традиционной китайской медицине (ТКМ) и в медицинах стран Западной Европы. Лекарственным сырьем являются корневища и корни этих растений. Корневища лигустикума Валлиха содержат эфирное масло с многочисленными компонентами, алкалоиды и органические кислоты (ферулловая). Препараты из корневищ применяют при гипертонии, ишемической болезни сердца, они обладают анальгезирующим действием, улучшают циркуляцию крови. Корни и корневища лигустикума китайского обладают антиревматическим, успокаивающим, антисептическим и потогонным действием [4-9].

Лигустикум китайский – *Ligusticum sinense* Oliver – многолетнее травянистое растение высотой 80–100 см. В почве имеет короткое, ветвистое корневище. В естественных условиях распространен в Восточной Азии (Китай, Япония), произрастает в лесах на высоте до 3000 м над уровнем моря, встречается в кустарниковых зарослях, на лугах, склонах, по берегам рек. Любит влажные места и затенение. Этот вид культивируют в странах Восточной Азии и в Европе. В России его пока не выращивают.

**Цель исследования** – изучить морфологические и анатомические особенности плодов лигустикума китайского для выявления диагностических признаков.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследования были семена (мерикарпии) *Ligusticum sinense*, образец из провинции Сычуань (Китай). Морфологию и анатомию плодов изучали на живом и фиксированном в ацетоалкоголе материале. Для размягчения плодов использовали смесь этилового спирта, глицерина и воды (1:1:1). Готовили временные препараты по общепринятым методикам [ВИР]. Изучение объектов проводили при помощи бинокля МБС-9 и микроскопа Биолам.

**Результаты исследований.** У лигустикума китайского специализированный, невскрывающийся, дробный плод, распадающийся при созревании на 2 мерикарпия (полуплодика). Он образуется из нижней завязи, по форме – эллиптический или яйцевидный, двусемянный, семя не освобождается от околоплодника. Мерикарпии имеют окраску от светло- до темно-коричневой, их длина – 2,4–3,1 мм, ширина – 1,0–1,3 мм, не сжаты со спины, спинная сторона выпуклая, с тремя хорошо выраженными ребрами и двумя боковыми, крыльев нет. Ребра первичные, почти равные, округлые, краевые ребра располагаются на ширине боковых, у некоторых мерикарпиев отмечается появление на спинной стороне дополнительных ребер. Брюшная сторона имеет выступающий киль. На верхушке – заметный носик длиной 1,0–1,2 мм (рис. 1).



Рисунок 1. Мерикарпии лигустикума китайского *Ligusticum sinense*  
Figure 1. Mericarps of the *Ligusticum sinense*

Масса 1000 семян (мерикарпиев) – 1,76 г. В ребрах проходят проводящие пучки, в зрелых плодах они почти не просматриваются. В ложбинках между спинными ребрами лежат по 1–2 эфирно-масляных канальца, на боковой стороне – по 2–3, на брюшной – 2–4 (рис. 2). Реберные эфирно-масляные канальцы не просматриваются.

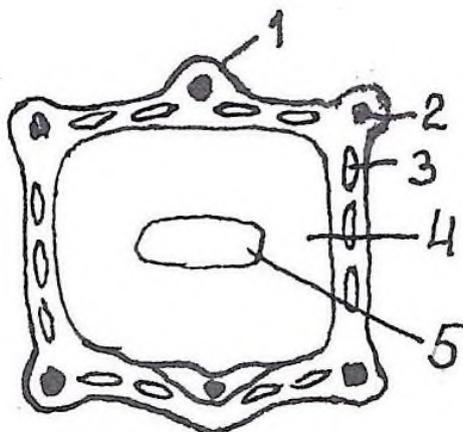


Рисунок 2. Поперечный срез мерикарпия лигустикума китайского *Ligusticum sinense* (схема):  
1 – ребро спинной стороны; 2 – проводящий пучок; 3 – эфирно-масляный каналец; 4 – эндосперм;  
5 – зародыш

Figure 2. Cross-section of the mericarp of the *Ligusticum sinense* (diagram): 1-the rib of the dorsal side;  
2 – the conducting bundle; 3 – the essential oil channel; 4-the endosperm; 5 – the embryo

Анатомическое изучение мерикарпиев показало, что в зрелых плодах клетки паренхимы околоплодника сминаются (рис. 3) и заполняются дубильными веществами. Экзокарпий покрыт мелкоскладчатой кутикулой, его клетки почти изодиаметрические с четковидными боковыми стенками.

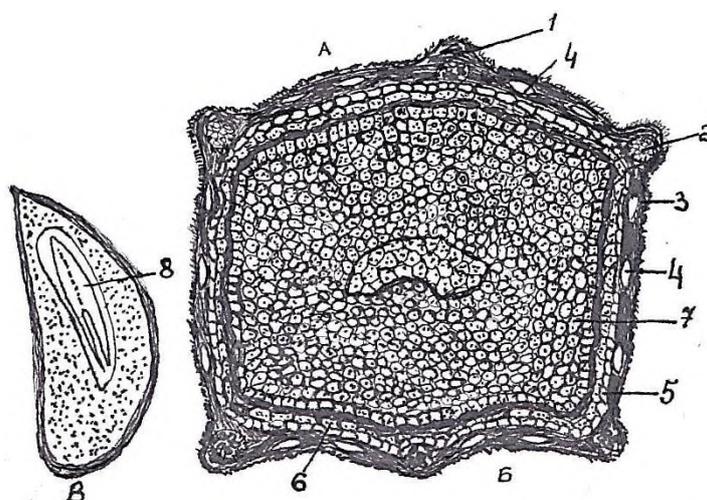


Рисунок 3. Поперечный срез мерикарпия лигустикума китайского *Ligusticum sinense*:

А – спинная сторона мерикарпия; Б – брюшная сторона; В – продольный разрез мерикарпия; 1 – ребро; 2 – проводящий пучок; 3 – экзокарпий; 4 – эфирно-масляный каналец в мезокарпии; 5 – эндокарпий; 6 – семенная кожура; 7 – эндосперм; 8 – зародыш

Figure 3. Cross section of the mericarp of the *Ligusticum sinense*: А – dorsal side of the mericarp; Б – abdominal side; В – longitudinal section of the mericarp; 1 – rib; 2 – conducting bundle; 3 – exocarp; 4 – essential oil channel in the mesocarp; 5 – endocarp; 6 – seed peel; 7 – endosperm; 8 – embryo

Мезокарпий состоит из 4–6 слоев паренхимных клеток, кристаллы в клетках отсутствуют, эфирно-масляные каналцы веретеновидные (рис. 4). Эндокарпий не одревесневший, сохраняется в зрелых плодах и представлен крупными клетками. Как у всех представителей семейства сельдерейных, семенная кожура слабо развита, плотно прижата к эндокарпию. Внутри семени лежит мощный эндосперм, клетки которого заполнены маслом, алейроновыми зернами, кристаллами оксалата кальция. С брюшной стороны эндосперм плоский или слегка выпуклый.

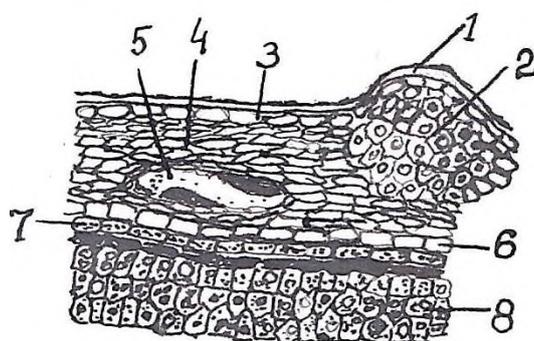


Рисунок 4. Поперечный срез мерикарпия лигустикума китайского *Ligusticum sinense* (фрагмент): 1 – кутикула; 2 – проводящий пучок; 3 – экзокарпий; 4 – мезокарпий; 5 – эфирно-масляный каналец; 6 – эндокарпий; 7 – семенная кожура; 8 – эндосперм

Figure 4. Cross-section of the mericarp of the *Ligusticum sinense* (fragment): 1 – cuticle; 2 – conducting bundle; 3 – exocarp; 4 – mesocarp; 5 – essential oil channel; 6 – endocarp; 7 – seed peel; 8 – endosperm

Сравнительный анализ полученных нами данных и содержащегося в литературе материала [10–12] показывает, как общее сходство и однотипность структуры плодов у видов

рода *Ligusticum*, так и различия в морфометрических и анатомических деталях. Отличительными особенностями мерикарпиев лигустикума китайского являются их сравнительно небольшие размеры (2,4–3,1 мм), в сечении мерикарпии почти квадратные, не сжаты со спины, имеют небольшие округлые ребра, число канальцев варьирует в зависимости от размеров мерикарпиев, в зрелых плодах сохраняются эндокарпий и семенная кожура, отмечено образование вторичных ребер.

**Выводы.** Проведенные исследования выявили специфические морфологические и анатомические особенности плодов *Ligusticum sinense*, отличающие их от других видов рода *Ligusticum* и способные служить диагностическими признаками. Дальнейшее изучение лигустикума китайского позволит выявить перспективу его интродукции, возделывания и применения в России.

### Список источников литературы

1. Peng Fang. Breeding and cultivation of Traditional Chinese Medicine (TCM) in Sichuan Province. – Chengdu, November, 2019 (устное сообщение).
2. Терехин А.А., Вандышев В.В. Технология возделывания лекарственных растений: учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 201 с.
3. Найда Н.М., Цыганова Н.А. Изучение лекарственных растений в Китае // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1 (58). – С. 9-14.
4. Кьосев П.А. Русский травник. Описание и применение лекарственных растений. – М.: Эксмо, 2015. – 896 с.
5. Баторова С.М., Яковлев Г.П., Асеева Т.А. Справочник лекарственных растений традиционной тибетской медицины. – Новосибирск: Наука, 2013. – 292 с.
6. Виноградова В.М. Apiaceae Lindl. (Umbelliferae Juss.) — Сельдереевые (Зонтичные). // Флора Восточной Европы. – М. – СПб.: Т-во научн. изданий КМК, 2004. – Т. 11. – С. 315-437.
7. Пименов М.Г., Тихомиров В.Н. Apiaceae Lindl. (Umbelliferae Juss., Hydrocotylaceae Hyl.) // Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб.: Мир и Семья, 1995. – С.19-58.
8. Фармакогнозия. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения: учеб. пособие / под. ред. Г.П. Яковлева. – СПб.: Спецлит, 2013. – 741 с.
9. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений: учебное пособие/Под ред. Г.П. Яковлева. – 3-е изд., исп. и доп. – СПб.: Спецлит, 2015. – 759 с.
10. Пименов М.Г., Остроумова Т.А. Карпологические признаки в систематике зонтичных: Мемориальный каденский сборник / ред. Л.И. Лотова, А.К. Тимонин. – М.: МаксПресс, 2014. – С. 171-190.
11. Пименов М.Г., Остроумова Т.А. Зонтичные (Umbelliferae) России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 477 с.
12. Arenas Posada J.A., Garcia Martin F. Atlas carpologico y corologico de la subfamilia Apioideae Drude (Umbelliferae) en Espana peninsular y Baleares //Ruizia, 1993. – Т. – 12. – 245 p.

### References

1. Peng Fang. (2019) *Breeding and cultivation of Traditional Chinese Medicine (TCM) in Sichuan Province*, Chengdu, November (ustnoe soobshchenie).
2. Terekhin A.A., Vandyshev V.V. (2008) *Tekhnologiya vzdelyvaniya lekarstvennyh rastenij, ucheb. posobie*, RUDN, 201 p.
3. Najda N.M., Cyganova N.A. (2020) *Izuchenie lekarstvennyh rastenij v Kitae*, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, № 1 (58), pp. 9-14.
4. K'osev P.A. *Russkij travnik*. (2015) *Opisanie i primenenie lekarstvennyh rastenij*, Eksmo, 896 p.
5. Batorova S.M., YAkovlev G.P., Aseeva T.A. (2013) *Spravochnik lekarstvennyh rastenij tradicionnoj tibetskoj mediciny*, 292 p.
6. Vinogradova V.M. (2004) *Apiaceae Lindl. (Umbelliferae Juss.) — Sel'dereevye (Zontichnye)*, *Flora Vostochnoj Evropy*, T-vo nauchn. izdaniy KMK, T. 11, pp. 315-437.

7. Pimenov M.G., Tihomirov V.N. (1995) Apiaceae Lindl. (Umbelliferae Juss., Hydrocotylaceae Hyl.), *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv*, pp.19-58.
8. Farmakognosiya. Lekarstvennoe syr'e rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya, *Ucheb. posobie*, SPb.: Speclit, 2013, 741 p.
9. Bol'shoj enciklopedicheskiy slovar' lekarstvennyh rastenij, *Uchebnoe posobie*, 3-e izd., isp. i dop., 2015, 759 p.
10. Pimenov M.G., Ostroumova T.A. (2014) Karpologicheskie priznaki v sistematike zontichnyh, *Memorial'nyj kadenskiy sbornik*, M.: MaksPress, pp. 171-190.
11. Pimenov M.G., Ostroumova T.A. (2012) Zontichnye (Umbelliferae) Rossii, M.: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 477 p.
12. Arenas Posada J.A., Garsia Martin F. (1993) Atlas carpologico y corologico de la subfamilia Apioideae Drude (Umbelliferae) en Espana peninsular y Baleares, Ruizia, T. 12., 245 p.

#### Сведения об авторах

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

#### Information about the authors

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

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

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

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

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

*Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 26.07.2021; принята к публикации 23.08.2021*

*The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 26.07.2021; accepted after publication 23.08.2021*

Научная статья

УДК 633

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-15-23

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Нина Александровна Донских<sup>1</sup>, Марина Сергеевна Уманец<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601; nin-donskikh@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-7017-3359>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601; mar.umanets@yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-5702-3858>

**Реферат.** В данной статье рассматриваются вопросы создания семенных посевов клевера лугового разных сортов при выращивании в условиях Ленинградской области на дерново-карбонатной почве. Приводится сравнительная оценка двух сортов отечественной селекции – Волосовский 86 и Добряк и двух сортов зарубежной селекции – Лестрис и Леммон. Посев исследуемых сортов проведен в середине июня 2019 г. рядовым способом, беспокровно. Норма высева составила 7 кг/га. В опыте изучены некоторые агротехнические приемы: инокуляция семян штаммом Ультрастим и минеральные удобрения, внесенные поверхностно по созданному семенному посеву. Определение полевой всхожести семян изучаемых сортов позволяет сделать вывод, что инокуляция семян не оказала положительного влияния из-за засушливых условий, применение этого агроприема в экстремальных условиях даже снизило этот показатель, но при улучшении экологической обстановки она положительно сказалась на сохранности растений после перезимовки. Так, у сорта Волосовский 86 при обработке штаммом полевая всхожесть снизилась на 14%, у сорта Добряк – на 11%, у зарубежных сортов – на 3–7%. Определение сохраняемости растений клевера лугового весной 2020 г. свидетельствует, наоборот, о положительном влиянии инокуляции семян: у всех изучаемых сортов этот показатель существенно повысился, кроме с. Лестрис голландской селекции, который и на контроле, и при обработке Ультрастимом показал самые низкие показатели: 10 и 5%. Измерение высоты растений клевера лугового свидетельствует, что самым высокорослым из всех изучаемых сортов выделился Волосовский 86, который превышал другие сорта на 12–16 см, что способствовало в большей мере к полеганию растений и в конечном итоге снизило всхожесть убранных семян. К тому же следует отметить и его феноритмику как типично позднеспелого сорта. Сорт Добряк характеризуется как менее рослый и менее урожайный, но обеспечивающий более качественные семена. Исследуемые сорта зарубежной селекции, хотя по всем параметрам и не уступают двум отечественным, но из-за растянутого срока созревания не соответствуют семенному назначению. Таким образом, по результатам двухлетних исследований выделился сорт Добряк, наиболее соответствующий семенному назначению.

**Ключевые слова:** сравнительная оценка, клевер луговой, отечественные и зарубежные сорта, семенная продуктивность, Ленинградская область

**Цитирование.** Донских Н.А., Уманец М.С. Сравнительная оценка семенной продуктивности сортов клевера лугового в условиях Ленинградской области// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64). – С. 15-23. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-15-23

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF SEED PRODUCTIVITY OF MEADOW CLOVER VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE LENINGRAD REGION

Nina A. Donskikh<sup>1</sup>, Marina S. Umanets<sup>2</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601; nin-donskikh@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7017-3359>

<sup>2</sup> St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601; mar.umanets@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5702-3858>

**Abstract.** The issues of creating seed crops of different varieties of meadow clover when grown in the conditions of the Leningrad region on sod-calcareous soil were considered. The comparative assessment of two varieties of domestic selection (Volosovsky 86 and Dobryak) and two varieties of foreign selection (Lestris and Lemmon) had given. The sowing of the studied varieties was carried out in mid-June 2019 in an ordinary way, without blood. The seeding rate was 7 kg / ha. In the experiment, some agrotechnical techniques were studied: inoculation of seeds with the Ultrastim strain and mineral fertilizers applied superficially according to the created seed sowing.

Determination of field germination of seeds of the studied varieties showed that seed inoculation was not effective due to arid conditions, but had a positive effect on the safety of plants after overwintering. Measuring the height of meadow clover plants indicates that the tallest of all the studied varieties was Volosovsky 86, which exceeded other varieties by 12-16 cm, which contributed more to the lodging of plants and ultimately reduced the germination of harvested seeds. In addition, its phenorhythmics should also be noted as a typically late-maturing variety. The Dobryak is characterized as less tall and less productive, but providing higher-quality seeds. The studied varieties of foreign selection, although in all respects they are not inferior to two domestic ones, but due to the extended maturation period they do not correspond to the seed purpose.

**Keywords:** comparative assessment, *Trifolium pratense*, domestic and foreign varieties, seed productivity, Leningrad region

**Citation.** Donskikh N.A., Umanets M.S. (2021) “Comparative assessment of seed productivity of meadow clover varieties in the conditions of the Leningrad region“, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, p. 15-23 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-15-23

**Введение.** Актуальное решение проблем продовольственной безопасности России, включая обеспечение населения продукцией животноводческой отрасли и ее импортозамещение, в настоящее время и в ближайшей перспективе требует коренного улучшения кормопроизводства и земледелия в целом, что невозможно без существенного развития клеверосеяния. Успешность клеверосеяния достижима только при достаточной обеспеченности семенами в необходимом видовом и сортовом ассортименте. При сохранении оптимальных экологических параметров и соблюдении научно обоснованной технологии возделывания сорт обеспечивает семенную и кормовую продуктивность, устойчивую по годам [1–3].

Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) – одна из наиболее продуктивных многолетних кормовых бобовых культур на Северо-Западе России, служит источником дешёвых высокопитательных видов кормов за счет содержания витаминов, перевариваемого протеина, макро- и микроэлементов. Значителен для устойчивого развития полевого и лугопастбищного кормопроизводства, биологизации земледелия, повышения плодородия почв благодаря азотфиксации. Его возделывание не требует значительных затрат [4–6].

В ближайшее время для решения задач кормопроизводства, а также эффективного функционирования системы сортового семеноводства различных видов клевера в стране необходимо иметь около 17,5–18 тыс. т их семян, в том числе 15 тыс. т клевера лугового [1]. В связи с экономией сельхозпроизводителями финансовых средств на приобретение высококачественного сертифицированного посевного материала и с ограниченным сортовым ассортиментом широко практикуется внутрихозяйственное семеноводство клевера: семена получают на так называемых семенных участках, выделенных из фуражных посевов без учета их сортовых свойств. При этом семенная продуктивность таких посевов нестабильна по годам и не может в полной мере восполнить потребности производства. Поэтому в хозяйствах прибегают зачастую к использованию семян, завезенных из других регионов и из-за рубежа. Однако спрос на эти сорта ограничен из-за отсутствия системы их размножения, способной обеспечить производство необходимым объемом доступного по цене высококачественного посевного материала различных видов клевера [7].

Необходимо произвести импортозамещение сортами трав отечественной селекции в объемах производимых семян не менее 90% от потребности [1]. Внедрение в производство новых сортов клевера, отличающихся повышенной кормовой и семенной продуктивностью, также должно стать неотъемлемой частью кормопроизводства [8]. Потенциал и разнообразие сортов клевера, внесенных в Госреестр селекционных достижений по Северо-Западу европейской части РФ, внедрение и соблюдение ресурсосберегающих технологий,

применение современных средств механизации, качественное и своевременное выполнение работ позволят повысить уровень урожайности и валового сбора семян [2]. Однако для успешного семеноводства клевера в Северо-Западном регионе необходимы семена высокого качества с повышенной зимостойкостью. Поэтому изучение и сравнительная оценка сортов отечественной и зарубежной селекции на современном этапе является актуальным вопросом.

**Цель исследования** – провести сравнительную оценку продуктивности двух отечественных и двух зарубежных сортов клевера лугового при выращивании на семена в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Проведение исследований начато в 2019 г. на учебно-опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (г. Пушкин Ленинградской области). Закладка опыта осуществлялась по методике Б.А. Доспехова [9]. В качестве объекта исследований выбраны отечественные (Волосовский 86 и Добряк) и зарубежные (Лестрис и Леммон) сорта клевера лугового. Все использованные сорта включены в реестр и допущены к использованию в Северо-Западном регионе.

Высев осуществляли в чистом виде, беспокровно, рядовым способом с нормой высева 4,1 млн шт./га (7 кг/га), семенами I класса. Повторность четырехкратная, размещение делянок рендомизированное. Наблюдения проводили по методике, разработанной ВНИИК им. В.Р. Вильямса (1987) [10].

**Результаты исследований.** Метеорологические условия в период проведения исследований не сильно различались по годам. Во время закладки опыта (середина июня 2019 г.), температура воздуха превышала средние многолетние данные на 16%, сумма осадков была ниже на 20,4%, что привело к недостаточной увлажненности почвы и неблагоприятно отразилось на сроках прорастания семян (табл.1). Во второй половине лета температурный режим и количество атмосферных осадков способствовали нормальному формированию семенного травостоя изучаемых сортов клевера лугового. Зимний период 2019/2020 гг. характеризовался положительными среднемесячными температурами, превысив среднемноголетние показатели, и большим количеством осадков.

Таблица 1. Погодные условия 2019–2020 гг.  
Table 1. Meteorological data 2019–2020

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм		
	2019 г.	2020 г.	ср.мн.	2019 г.	2020 г.	ср.мн.
Январь	-	1,3	-5,9	-	105,7	36,6
Февраль	-	0,3	-5,3	-	93,9	31,5
Март	-	1,8	-1,0	-	47,2	29,1
Апрель	7,7	4,0	6,0	17,6	41,0	36,7
Май	12,8	9,3	12,2	77,3	32,2	48,2
Июнь	18,3	18,7	15,7	56,2	109,7	70,6
Июль	16,2	17,0	19,1	66,0	95,8	82,1
Август	16,5	16,7	17,5	29,2	87,5	82,5
Сентябрь	12,7	13,3	12,6	57,7	84,4	57,2
Октябрь	6,8	8,3	6,1	111,6	125,4	66,3
Ноябрь	-2,5	3,3	1,1	50,9	80,5	54,5
Декабрь	1,7	-1,5	0,7	168,2	84,7	50,4

Примечание: «-» – нет данных; ср. мн. – среднемноголетние данные

Засушливые условия, сложившиеся в период закладки опыта, негативно сказались на полевой всхожести семян: этот показатель составил у разных сортов от 25% – у сорта Леммон до 39% – у сорта Волосовский 86. Такой агротехнический прием, как инокуляция семян

штаммом Ультрастим, не обеспечил положительного влияния: его применение в данных экстремальных условиях способствовало даже снижению полевой всхожести у всех изучаемых сортов. Сохраняемость растений клевера лугового, определяемая после перезимовки, показала обратную зависимость: этот показатель почти у всех сортов был выше в варианте с инокуляцией по сравнению с контрольным вариантом (табл. 2).

Таблица 2. Полевая всхожесть семян и сохраняемость посевов, % (2019–2020 гг.)  
 Table 2. Field germination of seeds and preservation of crops, % (2019–2020)

Сорт	Вариант	Полевая всхожесть, %	Сохраняемость, весна 2020 г., %	Сохраняемость, осень 2020 г., %
Волосовский 86	1 контр.	31	37	13
	2 штамм	17	45	23
Добряк	1 контр.	30	26	14
	2 штамм	19	41	24
Лестрис	1 контр.	39	10	11
	2 штамм	36	5	14
Леммон	1 контр.	25	12	21
	2 штамм	18	38	26

В настоящее время практика показала, что оптимальная густота стояния растений клевера лугового в семенных посевах не должна превышать 40–80 шт./м<sup>2</sup>. В таких посевах реализуется биологическая возможность семенной культуры, создается микроклимат для работы насекомых-опылителей, что благотворно отражается на образовании и созревании семян [7,11]. Густота стояния в нашем опыте вполне соответствовала семенному назначению.

Измерение высоты растений семенных посевов изучаемых сортов клевера лугового показало, что самый высокорослый – сорт Волосовский 86. Его высота превышала все другие на 11,6–12,4 см, что в значительной степени и привело к полеганию растений во время цветения после обильных дождей. У других сортов, характеризующихся меньшей высотой, степень полегания соответственно ниже (рис. 1).

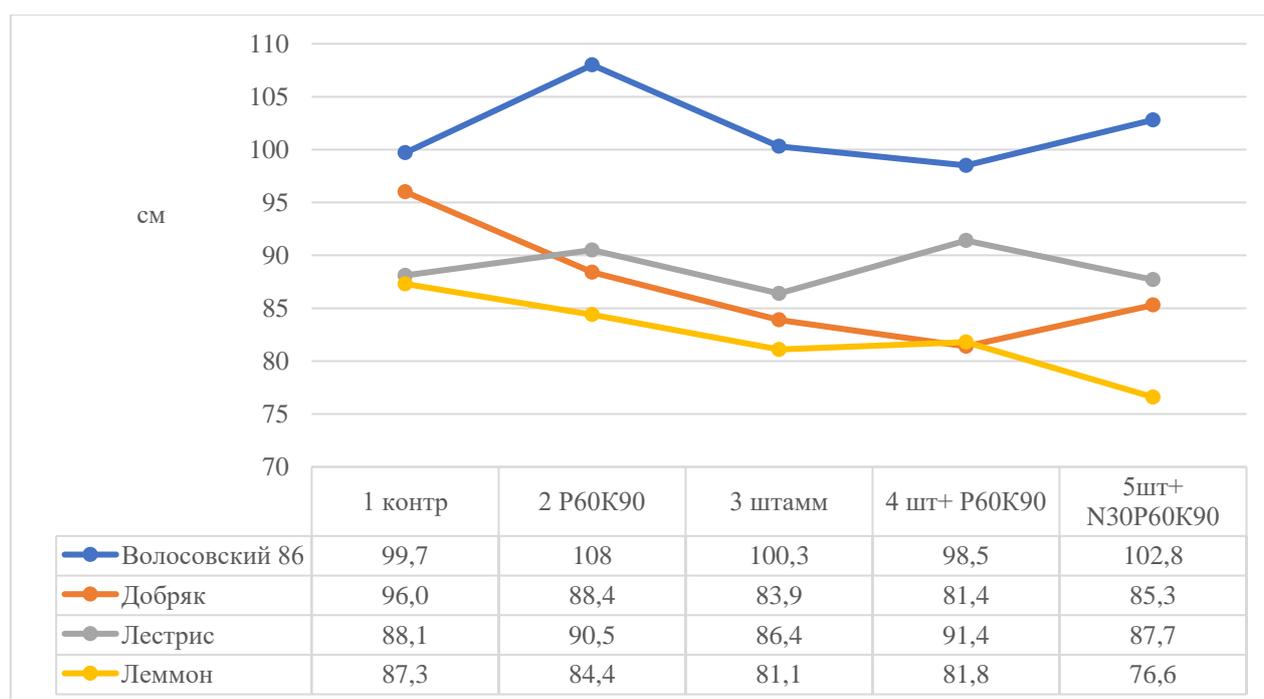


Рисунок 1. Высота растений сортов клевера лугового, см  
 Figure 1. Plant height of meadow clover varieties, cm

Полегание клевера в семенных травостоях приводит к уменьшению количества побегов и соцветий на них, затрудняет опыление цветков и процесс образования семян, вследствие перечисленного снижается урожайность семян. Чтобы этого избежать, нужно учитывать особенность сорта, снижать норму высева семян в семенных посевах [7].

Важным показателем семенного посева является густота стеблестоя. Подсчет количества стеблей в посевах изучаемых сортов показал, что данный параметр варьировал в пределах 165–234 в зависимости от агроприема (рис. 2).

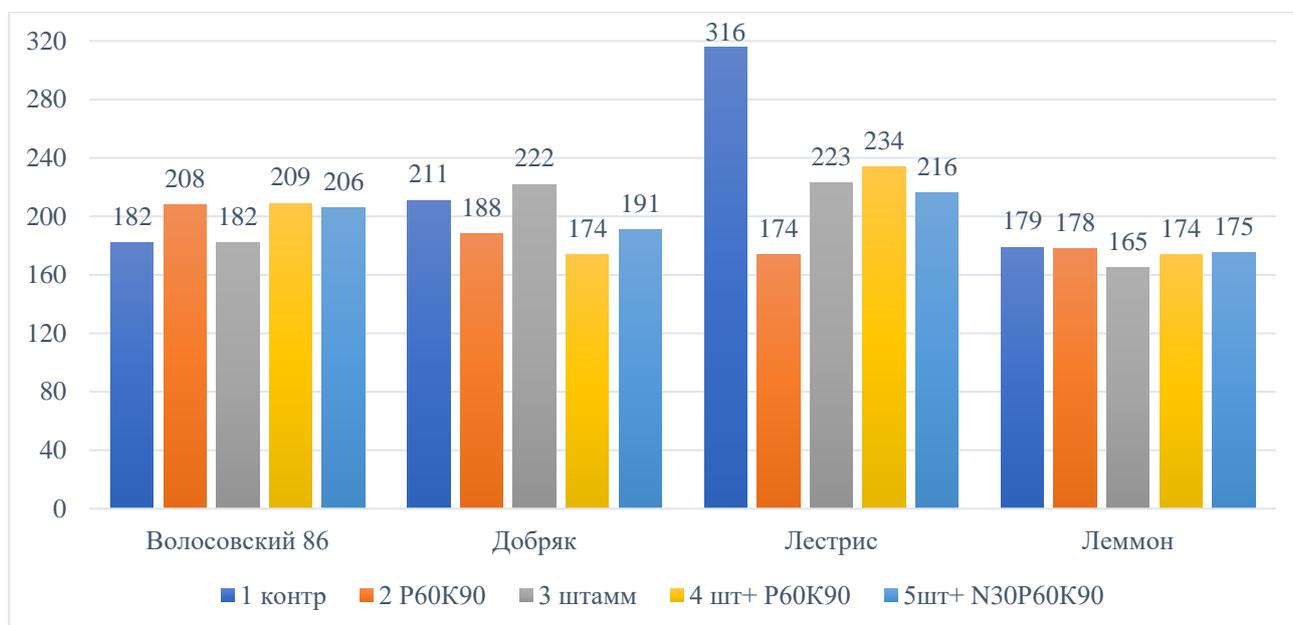


Рисунок 2. Количество стеблей в посевах изучаемых сортов, шт/м<sup>2</sup>, 2020 г.  
Figure 2. The number of stems in the crops of the studied varieties, pcs/m<sup>2</sup>, 2020

Прохождение фаз развития растений играет особо важную роль в семеноводстве, поскольку от этого зависят сроки созревания семян и планирование мероприятий по их уборке. В наших исследованиях фенологические наблюдения за растениями клевера лугового свидетельствуют о существенных различиях в феноритмике зарубежных и отечественных сортов (табл. 3).

Таблица 3. Наступление фаз вегетации у сортов клевера лугового, 2020 г.  
Table 3. The onset of vegetation phases in cultivars of meadow clover, 2020

Даты учета Сорта	15.06.2020	20.06.2020	25.06.2020	01.07.2020	06.07.2020
Волосовский 86	Ветвление	Начало бутонизации	Бутонизация	Начало цветения	Цветение
Добряк	Ветвление	Начало бутонизации	Начало цветения	Начало цветения	Цветение
Лестрис	Начало бутонизации	Начало цветения	Цветение	15% Побурение	25% Побурение
Леммон	Бутонизация	Начало цветения	Цветение	5-8% Побурение	12-15% Побурение

Уместно отметить, что, несмотря на более ранний переход у зарубежных сортов в генеративную стадию, созревание семян у них протекало крайне неравномерно, а потому уборку посевов вынуждены были осуществлять в 2 срока. Это обстоятельство в семеноводстве трав является весьма нежелательным явлением. При этом отечественные сорта созрели одновременно и уборку семян проводили в один срок.

Учет семенной продуктивности изучаемых сортов свидетельствует, что из отечественных сортов наиболее продуктивным оказался Волосовский 86, обеспечивший урожайность семян 559 кг/га в контроле и 707 кг/га в варианте с инокуляцией и внесением фосфорно-калийных удобрений, а из зарубежных – сорт Лестрис с урожайностью 733 кг/га в контроле и 754 кг/га – при инокуляции. Два других изучаемых сорта – Добряк и Леммон заметно уступали первым (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность семян сортов клевера лугового, кг/га, 2020 г.  
 Table 4. Seed yield of meadow clover varieties, kg / ha, 2020

Сорта Варианты	Волосовский 86	%	Добряк	%	Лестрис	%	Леммон	%
1 контр.	559	100	452	100	733	100	529	100
2 P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	310	55	298	66	407	56	507	96
3 штамм	643	115	456	101	754	103	659	125
4 шт+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	707	126	519	115	461	63	565	107
5 шт+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	610	109	536	119	574	78	663	125
НСР <sub>0,5</sub> = 103,0								

Структура урожая разных сортов клевера лугового также свидетельствует о преимуществе сорта Волосовский 86. Количество головок на одном побеге у него при инокуляции достигает 9, что превышает другие сорта, у которых этот показатель не выше 7. По массе 1000 семян Волосовский 86 также не уступал другим исследуемым сортам, но из-за его повышенной полеглости лабораторная всхожесть у него оказалась самой низкой (табл. 5).

Таблица 5. Семенная продуктивность сортов клевера лугового, 2020 г.  
 Table 5. Seed productivity of meadow clover cultivars, 2020

Сорт	Варианты	Кол-во головок, шт. / 1 побег	Вес семян в головке, г	Кол-во семян в 1 головке, шт.	Масса 1000 семян, г	Лабораторная всхожесть, %
Волосовский 86	1 контр.	9	0,03	16	1,9	29
	2 P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	0,02	15	1,9	29
	3 штамм	9	0,03	19	2,0	21
	4 шт+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7	0,05	26	2,0	27
	5 шт+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	0,04	22	2,2	18
Добряк	1 контр.	6	0,03	18	2,0	33
	2 P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5	0,03	19	2,0	29
	3 штамм	6	0,03	20	1,8	50
	4 шт+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7	0,06	30	2,0	42
	5 шт+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	0,04	23	2,0	38
Лестрис	1 контр.	6	0,04	22	1,9	32
	2 P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	0,04	20	2,0	35
	3 штамм	7	0,05	27	1,9	40
	4 шт+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	0,04	20	1,9	31
	5 шт+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7	0,04	22	1,9	46
Леммон	1 контр.	6	0,05	25	1,9	23
	2 P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7	0,04	21	2,0	31
	3 штамм	7	0,07	34	2,0	29
	4 шт+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7	0,05	23	2,1	39
	5 шт+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	0,06	30	2,1	33

**Выводы.** Таким образом, на основании сравнительной оценки разных сортов отечественной и зарубежной селекции установлено, что в наибольшей степени соответствует семенному назначению из отечественных сортов в условиях Ленинградской области сорт Добряк, который хотя и уступает Волосовскому 86 по урожайности семян, выделяется по другим параметрам.

Два сорта зарубежной селекции, несмотря на обеспечение высокого уровня урожайности семян, не могут быть рекомендованы к использованию в производстве из-за продолжительности их цветения и неравномерного созревания.

#### Список источников литературы

1. [Электронный ресурс]. – URL: <http://agrobezopasnost.com/semenovodstvo-klevera-v-rossii-2> (дата обращения: 10.06.2021).
2. Методические рекомендации «Перспективная ресурсосберегающая технология производства семян клевера для Северного региона Нечерноземной зоны России». – Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2015. – 72 с.
3. Старшинова О.А. Создание исходного материала для селекции клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) с высокой кормовой базой и семенной продуктивностью на диплоидном и тетраплоидном уровнях: дис...канд. с.-х. наук. – М., 2020. – 171 с.
4. Зарьянова З.А., Кирюхин С.В., Степанова Е.И., Теплухина И.С. Продуктивность и качество корма из сортов и селекционных номеров клевера лугового // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 11-14.
5. Султанов Ф.С., Красношапко В.В., Габдрахимов О.Б. Влияние элементов технологии возделывания на семенную продуктивность клевера лугового // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 12. – С. 47-48.
6. Vozhanska T. Churkova V., Mihova T. Basic chemical composition and energy nutritional value of fodder biomass from artificial ecosystems. // Biotechnology in Animal Husbandry. – 2018. – № 34 (3). – p. 355-367.
7. Золотарев В.Н., Перепрраво Н.И., Козлова Т.В. Агротехника семеноводства клевера: важные моменты // Селекция, семеноводство и генетика. – 2017. – № 2 (14). – С. 32-35.
8. Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С. Продуктивность сортов клевера лугового в условиях Среднего Предуралья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 5 (54). – С. 31-36.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1987. – 197 с.
11. Уманец М.С., Донских Н.А. Эффективность агроприемов при выращивании разных сортов клевера лугового на семена // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: сб. научн. тр. СПбГАУ. – СПб., 2021. – С. 83-86.
12. Vance C.P. Legume symbiotic nitrogen fixation: agronomic aspects // In: The Rhizobiaceae/ Eds. H.P. Spaink, A. Kondorosi, P.J.J. Hooykaas. Dordrecht, 1998. – С.509-530.

#### References

1. [Electronic resource]. URL: <http://agrobezopasnost.com/semenovodstvo-klevera-v-rossii-2> (data obrashcheniya: 10.06.2021).
2. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva semyan klevera dlya Severnogo regiona Nечernozemnoj zony Rossii, *metodicheskie rekomendacii*, Kirov, FGBNU «NIISKH Severo-Vostoka», 2015, 72 p.
3. Starshinova O.A. (2020) Sozdanie iskhodnogo materiala dlya selekcii klevera lugovogo (*Trifolium pratense* L.) s vysokoj kormovoj bazoj i semennoj produktivnost'yu na diploidnom i tetraploidnom urovnyah, dis...kand.s.-h. nauk, 171 p.
4. Zar'yanova Z.A., Kiryuhin S.V., Stepanova E.I., Tepluhina I.S. (2014) Produktivnost' i kachestvo korma iz sortov i selekcionnyh numerov klevera lugovogo, *Zemledelie*, № 4, pp. 11-14.

5. Sultanov F.S., Krasnoshapko V.V., Gabdrahimov O.B. (2011) Vliyanie elementov tekhnologii vzdelyvaniya na semennuyu produktivnost' klevera lugovogo, *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, № 12, pp. 47-48.
6. Bozhanska T., Churkova B., Mihova T. (2018) Basic chemical composition and energy nutritional value of fodder biomass from artificial ecosystems, *Biotechnology in Animal Husbandry*, № 34 (3), pp. 355-367.
7. Zolotarev V.N., Perepravo N.I., Kozlova T.V. (2017) Agrotekhnika semenovodstva klevera: vazhnye momenty, *Selekciya, semenovodstvo i genetika*, № 2 (14), pp. 32-35.
8. Kasatkina N. I., Nelyubina ZH.S. (2016) Produktivnost' sortov klevera lugovogo v usloviyah Srednego Predural'ya, *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, № 5 (54), pp. 31-36.
9. Dospekhov B.A. (1985) Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy), M.: Agropromizdat, 351 p.
10. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami, M.: VNI kormov im. V.R. Vil'yamsa, 1987, 197 p.
11. Umanec M.S., Donskih N.A. (2021) Effektivnost' agropriemov pri vyrashchivani raznyh sortov klevera lugovogo na semena, *Intellektual'nyj potencial molodyh uchenykh kak drayver razvitiya APK: sb. nauchn. tr. SPbGAU*, pp. 83-86.
12. Vance C.P. (1998) Legume symbiotic nitrogen fixation: agronomic aspects, In: *The Rhizobiaceae*, Dordrecht, pp.509-530.

#### Сведения об авторах

**Донских Нина Александровна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-code: 9974-7772, AuthorID: 313803

**Уманец Марина Сергеевна** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-code: 1064-2792

#### Information about the authors

**Nina Alexandrovna Donskikh** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department "Agriculture and Meadow Farming", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 9974-7772, AuthorID: 313803

**Marina Sergeevna Umanets** – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", spin-code: 1064-2792

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

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

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

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

*Статья поступила в редакцию 25.06.2021 г.; одобрена после рецензирования 26.07.2021 г.; принята к публикации 23.08.2021 г.*

*The article was submitted 25.06.2021; approved after reviewing 26.07.2021; accepted after publication 23.08.2021.*

Научная статья

УДК 633.1: 633.19: 631.527

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-24-31

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ  
ПО ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ****Юрий Алексеевич Лапшин<sup>1</sup>, Владимир Алексеевич Максимов<sup>2</sup>,  
Римма Ивановна Золотарёва<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,  
г. Киров, Российская Федерация; yuri2.lapshin@gmail.com, tudvas@yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-5701-4118>

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,  
г. Киров, Российская Федерация; via@mari-el.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1584-9491>

<sup>3</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,  
г. Киров, Российская Федерация; via@mari-el.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3538-0202>.  
425231, Российская Федерация, Республика Марий Эл, п. Руэм, ул. Победы 10

**Реферат.** Сбалансированные дозы минеральных удобрений, установленные опытным путем, являются решающим фактором эффективного и устойчивого развития высокопродуктивного зернового агрофитоценоза. Объектом исследований послужил селекционный материал, представленный сортами и линиями ярового тритикале различного эколого-географического происхождения. Цель исследований – установить наиболее экономически оправданные варианты применения уровней минерального удобрения и выявить их влияние на продуктивность сортов ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл. Опыты проводили в 2019–2020 гг. на опытном поле Марийского научно-исследовательского института, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в двухфакторном опыте (сорта, уровни минерального питания). Урожайность сортов тритикале в условиях 2019 г. была на 30-35% ниже, чем в наиболее благоприятном по условиям увлажнения 2020 г. Однако тенденция влияния уровней минерального питания на величину формируемого урожая, несмотря на различимость метеоусловий в годы проведения исследований, была схожей. Установлено, что в среднем за 2019-2020 гг. на неудобренном фоне селекционные линии КНИИСХ 11, КНИИСХ 9 и сорт Савва Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко и сорт Доброе ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ с урожайностью соответственно 3,17; 3,29; 3,00 и 2,89 т/га достоверно превысили стандарт Ровня. Наибольшую зерновую продуктивность сорта тритикале, за исключением сортов Доброе и Заозерье, продуцировали в варианте на фоне основного внесения под предпосевную культивацию N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и прикорневой подкормки N<sub>30</sub> в кущение. Выяснено, что сорта Доброе с урожайностью 4,27 т/га и Заозерье 3,31 т/га селекции Верхневолжского ФАНЦ и РУП Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию наиболее продуктивны на фоне основного внесения N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> под предпосевную культивацию. Применение минеральных удобрений под культуру яровое тритикале в годы проведения исследований было экономически выгодным (себестоимость от 3,7 до 4,9 руб/кг зерна) и биоэнергетически (КЭЭ от 2,1 до 7,6) высокооправданным.

**Ключевые слова:** яровое тритикале, уровни минерального удобрения, урожайность, экономическая и биоэнергетическая эффективность

**Цитирование.** Лапшин Ю.А., Максимов В.А., Золотарёва Р.И. Сравнительная оценка сортов и линий ярового тритикале по зерновой продуктивности в условиях Республики Марий Эл //

Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64).– С. 24-31 doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-24-31

**Благодарности.** Исследователи благодарны главному научному сотруднику отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале НЦЗ им. П.П. Лукьяненко Виктору Яковлевичу Ковтуненко и заведующей лабораторией адаптивно-экологической селекции ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ Светлане Евгеньевне Скатовой за предоставленный семенной материал.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0091).

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF VARIETIES AND LINES OF SPRING TRITICALE BY GRAIN PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF MARI EL

Yuri Alekseevich Lapshin <sup>1</sup>, Vladimir Alekseevich Maksimov <sup>2</sup>,  
Rimma Ivanovna Zolotareva <sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ "N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East", Kirov, Russian Federation; yuri2.lapshin@gmail.com, tudvas@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5701-4118>

<sup>2</sup>ФГБНУ "N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East", Kirov, Russian Federation; via@mari-el.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1584-9491>

<sup>3</sup>ФГБНУ "N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East", Kirov, Russian Federation; via@mari-el.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3538-0202>  
425231, Russian Federation, Republic of Mari El, p. Ruem, Pobedy str. 10

**Abstract.** Balanced doses of mineral fertilizers, established experimentally, are a decisive factor for the effective and sustainable development of a highly productive grain agrophytocenosis. The object of research was the selection material presented by varieties and lines of spring triticale of various ecological and geographical origin. The purpose of the research is to determine the most economically feasible options for the use of mineral fertilizer levels and to identify their impact on the productivity of spring triticale varieties in the conditions of the Republic of Mari El. The experiments were carried out in 2019-2020 on the experimental field of the Mari Research Institute, on sod-podzolic medium loamy soil in a two-factor experiment (varieties, levels of mineral nutrition). The yield of triticale varieties in 2019 was 30-35% lower than in the most favorable humidification conditions in 2020. However, the trend of the influence of mineral nutrition levels on the value of the formed crop, despite the diversity of weather conditions in the years of research, was similar. It was discovered that, on average, in 2019-2020, on a non-windy background, the selection lines KNIISKH 11, KNIISKH 9 and the Savva variety of the National Grain Center named after P. P. Lukyanenko and the Dobroye variety of the Verkhnevolzhsky FANTS FGBNU with a yield of 3.17, 3.29, 3.00 and 2.89 t/ha significantly exceeded the Rovnya standard. The highest grain productivity of the triticale variety, with the exception of the Dobroye and Zaozerye varieties, was produced in the variant against the background of the main application for pre-sowing cultivation of N60P60K60 and root feeding of N30 in tillering. It was discovered that the varieties Dobroye with a yield of 4.27 t / ha and Zaozerye 3.31 t / ha of the selection of the Verkhnevolzhsky FANC and RUP of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture are the most productive against the background of the main application of N60P60K60 for pre-sowing cultivation. The use of mineral fertilizers for the spring triticale crop, in the years of research, was economically profitable (cost from 3.7 to 4.9 rubles/kg of grain) and bioenergetically (CEE from 2.1 to 7.6) highly justified.

**Keywords:** *spring triticale, mineral fertilizer levels, productivity, economic and bioenergy efficiency*

**Citation.** Lapshin Y.A., Maksimov V.A., Zolotareva R.I. (2021) Comparative assessment of varieties and lines of spring triticale by grain productivity in the conditions of the Republic of Mari El, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 24-31 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-24-31

**Financing.** The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East (topic No. 0528-2019-0091).

**Введение.** Ведущей отраслью сельского хозяйства Республики Марий Эл является животноводство, которое для дальнейшего развития нуждается в крепкой и стабильной кормовой базе. Ученые Республики [1, 2] и передовые аграрии изыскивают новые возможности получения высококачественных кормов, в том числе за счет более активной интродукции культуры яровое тритикале. Успехи современной селекции переводят ее в ряд наиболее хозяйственно-востребованных кормовых культур [3]. Адаптивность культуры к условиям выращивания и большой потенциал урожайности на обедненных почвах в сравнении с другими яровыми способствуют более рациональному использованию имеющихся почвенно-климатических ресурсов региона [4]. Величина урожая и качество зерна тритикале, в первую очередь, определяются биологическими особенностями сорта [4-8]. Вместе с тем велика роль азота и удобрений в формировании урожая культуры [9-11]. Сбалансированные дозы минеральных удобрений, установленные опытным путем, являются решающим фактором эффективного и устойчивого развития высокопродуктивного зернового агроценоза в условиях Нечерноземной зоны России и, в частности, ее Северо-Восточного региона. Оба этих фактора в условиях Республики Марий Эл недостаточно изучены. Уточнение экономически оправданного уровня минерального питания применительно к каждому сорту по-прежнему остаётся актуальным.

**Цель исследования** – установить наиболее экономически оправданные варианты применения уровней минерального удобрения и выявить их влияние на продуктивность сортов ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объект нашего исследования – сорта и линии ярового тритикале различного эколого-географического происхождения. Названия испытуемых сортов и учреждений оригинаторов представлены в таблице 1. Эксперимент закладывали по схеме двухфакторного опыта в Марийском НИИСХ – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на окультуренной дерново-среднеподзолистой, среднесуглинистой почве со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: содержание гумуса (по Тюрину в модификации ЦИНАО) – 2,9-3,0%, сумма поглощенных оснований – 30-34 мг-экв/100 г почвы, рН<sub>сол.</sub> – 6,6, Н<sub>г</sub> – 0,3-0,5, содержание доступного фосфора – 580-788 мг/кг почвы, обменного калия – 220-250 мг/кг почвы. Сорта и линии высевали в систематическом порядке. Внесение минеральных удобрений осуществляли непосредственно перед предпосевной культивацией рендомизированно, поделяночно, вручную. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Агротехнические мероприятия при возделывании ярового тритикале, кроме изучаемых факторов, были типичными при возделывании яровых зерновых культур в регионе. Сорт Ровня, допущенный к возделыванию по Волго-Вятскому региону, принят за стандарт. Учет урожая зерна проводили поделяночно. Урожайные данные приводили к 100%-ой чистоте и стандартной влажности. О достоверности полученных результатов исследований судили по результатам математической обработки методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с применением пакета программ прикладной статистики «Stat», «Microsoft Office Excel 2016».

Схема опыта:

Таблица 1. Фактор А – сорта и селекционные линии ярового тритикале  
Table 1. Factor a-variety and breeding lines of spring triticale

Сорт, линия / Grade, line	Организация оригинатор / Originator Organization
Ровня, St / Rovnya / St	ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ, ФГБНУ Национальный Центр зерна имени П.П. Лукьяненко
Саур / Saur	ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр
Доброе / Dobroe	ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ, РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
Заозерье / Zaozerie	ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ, РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
КНИИСХ 9 / KNISH 9	ФГБНУ Национальный Центр зерна имени П.П. Лукьяненко
КНИИСХ 11 / KNISH 11	ФГБНУ Национальный Центр зерна имени П.П. Лукьяненко
Савва / Savva	ФГБНУ Национальный Центр зерна имени П.П. Лукьяненко
Тимур / Timur	ФГБНУ Национальный Центр зерна имени П.П. Лукьяненко

**Фактор В – Дозы и сроки внесения удобрений / Factor B-Doses and timing of fertilizer application:**

B1 – без удобрений; B2 - N60P60K60 (основное внесение), B3 – N60P60K60 (основное внесение) + N30 (подкормка в кушение); B4 – P60K60 (основное внесение) + N30 (подкормка в кушение).

**Результаты исследований.** Формирование урожая зерна тритикале в 2019 и 2020 гг. проходило при отличимых от среднемноголетних значений агрометеорологических условий (табл. 2). Первая половина вегетационного периода 2019 г. протекала в условиях повышенных среднесуточных температур воздуха и недобора осадков, вторая – в условиях избыточного увлажнения. Вегетационный период 2020 года был избыточно увлажнен и нестабилен по температурному режиму воздуха, в результате чего полная спелость зерна у сортов наступила почти на 10 дней позднее обычного, а продолжительность вегетационного периода достигла 100-110 дней, что для условий Республики Марий Эл не является критичным. Урожайность сортов и линий тритикале в условиях 2019 г. была на 30-35% ниже, чем в более благоприятном по условиям увлажнения 2020 г. Однако тенденция влияния уровней минерального питания на величину формируемого урожая, несмотря на различимость метеоусловий в годы проведения исследований, была схожей.

Таблица 2. Метеорологические условия периода вегетации тритикале  
(данные Марийского ЦГМС – филиала ФГБНУ «Верхне-Волжское УГМС»)

Table 2. Meteorological conditions of the triticale vegetation period  
(data of the Mari CGMS-branch of the FSBI «Verkhne-Volzhscoe UGMS»)

Год / Year	Май / May			Июнь / June			Июль / July			Август / August			За вегетацию
	1*	2*	ГТК	1*	2*	ГТК	1*	2*	ГТК	1*	2*	ГТК	
2019	31,0	15,1	0,60	46,0	17,8	0,87	150,0	16,8	2,87	92,0	14,8	2,13	1,60
2020	76,0	15,1	1,30	78,0	15,7	1,60	98,0	20,7	2,50	119,0	16,2	2,40	2,00
Среднее многолетнее	41,0	11,9		66,0	16,9		73,0	18,5		63,0	15,8		

Примечание: 1\* – количество осадков, мм; 2\* – среднесуточная температура воздуха, °С

В статье обсуждаются средние за два года значения зерновой продуктивности испытываемых сортов и линий тритикале. В опытах (табл. 3) установлена высокая эффективность применения минеральных удобрений на окультуренной дерново-

подзолистой почве с высоким содержанием подвижных форм фосфора и обменного калия (по Кирсанову). На неудобренном фоне величина зерновой продуктивности у сортов варьировала от 2,34 до 3,30 т/га. Линии КНИИСХ 11, КНИИСХ 9 и сорт Савва с уровнем урожайности 3,2, 3,3 и 3,0 т/га соответственно достоверно превысили стандартный сорт Ровня. Наибольшей зерновой продуктивности сорта достигали в вариантах с основным внесением минеральных удобрений под предпосевную культивацию  $N_{60}P_{60}K_{60}$  +  $N_{30}$  подкормка в кущение: КНИИСХ 9 (4,29 т/га), Савва (3,79 т/га), Тимур (3,76 т/га). Сорт Доброе с урожайностью 4,27 т/га был наиболее продуктивным в варианте с основным внесением минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{60}$  под предпосевную культивацию. Минеральные удобрения в условиях Евро-Северо-Востока России оказывают значительное влияние на величину продуцируемой растениями общей биомассы и зерна, в частности [9, 3]. Поэтому уточнение величины применения экономически оправданных доз внесения минеральных удобрений, применимых к конкретной почвенной разности, имеет большое значение. При расчете экономической эффективности возделывания сортов ярового тритикале исходили из сложившейся в осенний период на потребительском рынке Республики реализационной цены на кормовое зерно, равной 10 рублям за килограмм, и цен на минеральные удобрения в весенний период.

Таблица 3. Влияние уровней минерального питания на урожайность сортов ярового тритикале, т/га

Table 3. Effect of mineral nutrition levels on the yield of spring triticale varieties, t / ha

Дозы удобрений, кг/га д.в. (B) / Fertilizer doses, kg / ha d. v. (B)	Год / Year	Сорт (A) / Variety (A)								
		Ровня, St / Rovnya St	Саур / Saur	Доброе / Dobroe	Заозерье / Zaozerie	КНИИСХ 11 / KNISH 11	КНИИСХ 9 / KNISH 9	Савва / Savva	Тимур / Timur	Среднее B / Average B
Без удобрений / Without fertilizing	2019	1,76	2,17	2,74	2,32	2,38	2,88	2,15	2,06	
	2020	3,36	2,50	3,04	2,93	3,56	3,70	3,85	2,70	
	среднее	2,56	2,34	2,89	2,63	3,17	3,29	3,00	2,38	2,78
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2019	2,18	2,59	3,68	2,66	2,77	2,88	2,65	3,04	
	2020	4,36	4,29	4,85	3,95	4,61	5,18	4,56	4,03	
	среднее	3,27	3,44	4,27	3,31	3,69	4,14	3,61	3,54	3,66
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{30}$	2019	2,69	2,86	3,84	2,76	2,88	3,40	2,88	2,74	
	2020	4,47	4,44	4,67	4,07	4,64	5,18	4,69	4,78	
	среднее	3,58	3,65	4,26	3,30	3,76	4,29	3,79	3,76	3,80
$P_{60}K_{60}+N_{30}$	2019	2,06	2,44	3,36	2,32	2,68	2,61	2,77	2,82	
	2020	4,22	4,23	4,55	4,11	4,46	4,71	4,59	4,47	
	среднее	3,14	3,34	4,00	3,22	3,57	3,66	3,68	3,65	3,96
Среднее A / Average A		3,14	3,19	3,83	3,19	3,48	3,88	3,49	3,30	

	2019	2020	Среднее
НСР <sub>05</sub> ч. различий 1	0,32	0,23	0,31
НСР <sub>05</sub> ч. различий 2	0,22	0,30	0,25
Фактора А	0,20	0,10	0,16
Фактора В	0,07	0,10	0,18

Расчеты показали, что наименьшую прибыль от реализации кормового зерна сорта тритикале обеспечивали на неудобренном фоне (от 7,8 до 19,8 тыс. руб. с га), при себестоимости произведенного зерна, варьирующей в зависимости от возделываемого сорта от 2,6 до 4,1 руб./кг. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению зерновой продуктивности сортов. Килограмм кормового зерна с наименьшей себестоимостью в опыте получен при возделывании селекционной линии КНИИСХ 9 (от 2,4 руб./кг на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> до 2,8 руб./кг на неудобренном фоне) с уровнем рентабельности 115-170%. Внесение азотной прикорневой подкормки в фазу кущения в дозе 30 кг/га повышало на 8% себестоимость килограмма кормового зерна. У других сортов показатели себестоимости и рентабельности производства кормового зерна были следующими: у сорта Доброе – от 2,5-2,7 руб./кг на удобренных фонах до 3,4 руб./кг на неудобренном фоне с рентабельностью, соответственно, 136-153% и 77%; у сорта Савва на удобренных фонах – от 2,6 до 2,7 руб./кг с рентабельностью от 137-140%. Сорта Саур, Тимур, КНИИСХ 11 и Заозерье по экономическим показателям производства кормового зерна были на уровне контрольного сорта Ровня.

Расчеты коэффициента энергетической эффективности технологий возделывания тритикале показали, что наибольшие его значения получены при возделывании сортов тритикале на неудобренном фоне (5,9-9,1). Использование при агротехнике возделывания испытываемых сортов различных доз полного минерального удобрения привело к уменьшению величины коэффициента энергетической эффективности до уровня 1,9-2,6.

**Выводы.** Наибольшую зерновую продуктивность в условиях Республики Марий Эл обеспечивали сорта Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко: КНИИСХ 9 (4,29 т/га), Савва (3,79 т/га), КНИИСХ 11 и Тимур (3,76 т/га) на фоне основного внесения минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и прикорневой подкормки N<sub>30</sub> в кущение. Сорт Доброе селекции ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ с урожайностью 4,27 т/га был наиболее продуктивен на фоне основного внесения минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> под предпосевную культивацию. Применение минеральных удобрений под культуру яровое тритикале в годы проведения исследований было экономически выгодным и биоэнергетически высокооправданным.

#### Список источников литературы

1. Лапшин Ю.А., Новоселов С.И., Данилов А.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3(56). – С. 74-81.
2. Новоселов С.И., Куклина Т.Е., Гусева О.С. Влияние удобрений на урожайность сортов яровой тритикале в условиях дерново-подзолистых почв Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2017. – Т. 3. – № 4 (12). – С. 27-31. URL: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/file.html?id=55>
3. Скатова С.Е., Тысленко А.М. Новый сорт яровой тритикале для диверсификации кормопроизводства // Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2016. – № 4 (20). – С. 100-103. URL: [https://journal.vniizbk.ru/journals/20/j\\_vniizbk\\_2016\\_4.pdf](https://journal.vniizbk.ru/journals/20/j_vniizbk_2016_4.pdf)
4. Алтынова Н.В., Мефодьев Г.А. Сортовое разнообразие тритикале яровой в Волго-Вятском регионе // Рациональное природопользование и социально – экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного использования АПК региона: Материалы Всероссийской научн.-практ. конф. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2017. – С. 34-39.
5. Абделькави Р.Н.Ф. Сравнительная характеристика отдельных генотипов яровой тритикале по признакам урожайности и качества зерна: Материалы V Международной научно-практической конференции «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. – С. 3-6. URL: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2020-g.html>

6. Ковтуненко В.Я., Панченко В.В., Калмыш А.П. Новый сорт яровой тритикале Савва: Материалы V Международной научно-практической конференции «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве» – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. – С. 81-84. URL: <http://fancsv.ru/activity/info/izdaniya-2020-g.html>
7. Kabal S. Gill, Akim T. Omokanye (2016) Spring Triticale Varieties Yield, Nutrients Composition and Suitability for Beef Cattle Production // *Journal of Agricultural Science*, Vol. 8, No 10; 2021. – № 3. – P. 24-35. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>.
8. Manni K., Lötjönen T., Huuskonen A. (2021): Comparing spring triticale varieties to barley and wheat varieties when harvested as whole crop. *Agricultural and Food Science* (2021). – 30. – 24-35. URL: <https://doi.org/10.23986/afsci.100693>.
9. Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В. Влияние удобрений на урожайность и химический состав зерна яровых – тритикале и пшеницы // *Аграрный вестник Верхневолжья*. – 2015. – № 1 (10). – С. 20-22.
10. Пискунова Х.А., Фёдорова А.В. Отзывчивость яровой тритикале сорта «Ровня» на азотные подкормки // *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. – 2017. – № 1 (49). С. 117-121. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29767773>.
11. Wysokinski A., Kuziemska B. (2019): The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping // *Plant Soil Environ*, 65: 145-151.

### References

1. Lapshin, Yu.A., Novoselov, S.I., Danilov, A.V. (2019), The effect of mineral fertilizers on the productivity of spring triticale in the conditions of the Republic of Mari El, *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. No. 3(56), pp. 74-81. DOI: <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-13074>
2. Novoselov, S.I., Kuklina, T.E., Guseva, O.S. (2017), Influence of fertilizers on the yield of spring triticale varieties in the conditions of sod-podzolic soils of the Republic of Mari El, *Bulletin of the Mari State University. A series of "Agricultural science. Economic Sciences"*. 2017, Vol. 3, no. 4 (12), p. 27-31.
3. Skatova, S.E., Tyslenko, A.M. 2016. Novy sort yarovaya triticales dlya diversifikatsii kormoproizvodstva [A new variety of spring triticale for the diversification of feed production]. – No. 4 (20), pp. 100-103.
4. Altynova, N.V., Methodiev, G.A. (2017), Varietal diversity of spring triticale in the Volga-Vyatka region. Rational use of natural resources and socio-economic development of rural areas as the basis for the effective use of the agro-industrial complex of the region, *Materials of the All-Russian Scientific Conference.- practical conf.*, Cheboksary, 2019, Chuvash State Agricultural Academy; pp. 34-39.
5. Abdelkawi, R. N. F. (2019), Comparative characteristics of individual genotypes of spring triticale according to the characteristics of yield and grain quality, *Materials of the V International scientific and practical conference "Methods and technologies in plant breeding and crop production"*. Киров // FANTS Severo-Vostoka, pp. 3-6.
6. Kovtunenکو, V.Ya., Panchenko, V.V., Kalmysh, A.P. (2019) Novy sort yarovaya triticales Savva, *Materials of the V International scientific and practical conference "Methods and technologies in plant breeding and crop production"*, Киров, FANTS Severo-Vostoka, pp. 81-84.
7. Kabal, S. Gill, Akim, T. Omokanye (2016) Spring Triticale Varieties Yield, Nutrients Composition and Suitability for Beef Cattle Production. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 8, No 10; 2016, URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>, eccessea
8. Manni, K., Lötjönen, T., Huuskonen, A. (2021), Comparing spring triticale varieties to barley and wheat varieties when harvested as whole crop. *Agricultural and Food Science* 30, pp. 24-35, URL: <https://doi.org/10.23986/afsci.100693>, eccessea
9. Nenaidenko, G.N., Sibiryakova, T.V. (2015), Influence of fertilizers on the yield and chemical composition of spring grain – triticale and wheat, *Agrarian Bulletin of the Upper Volga region*, 2015, No. 1 (10), p. 20-22.
10. Piskunova, Kh.A., Fedorova, A.V. (2017), Responsiveness of spring triticale of the "Rovnya" variety to nitrogen top dressing, *Modern high-tech technologies. Regional application*. 2017, No. 1(49). pp. 117-121. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29767773>, eccessea
11. Wysokinski, A., Kuziemska, B. (2019): The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. *Plant Soil Environ*, No. 65, pp. 145-151.

### Сведения об авторах

**Лапшин Юрий Алексеевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; spin-код: 3227-4060.

**Максимов Владимир Алексеевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация; spin-код: 9008-7072.

**Золотарева Римма Ивановна** – старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого».

### Information about the authors

**Lapshin Yuri Alekseevich** – Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher of the N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East; spin-code: 3227-4060.

**Maximov Vladimir Alekseevich** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of the N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East, Kirov, Russian Federation; spin-code: 9008-7072.

**Zolotareva Rimma Ivanovna** – Senior Researcher at the N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East.

**Авторский вклад.** Идея проведения исследований и написание статьи – Лапшин Ю.А. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании и анализе результатов данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

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

**Authors contribution.** The idea of conducting research and writing an article – Lapshin Yu. A. All the authors were directly involved in the planning and analysis of the results of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest. Information about the authors:

*Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 12.10.2021; принята к публикации 12.10.2021*

*The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 12.10.2021; accepted after publication 12.10.2021*

Научная статья

УДК 630.54.631

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-31-39

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ «ЗАСУШНИК» И В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

**Татьяна Николаевна Данилова**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», Гражданский пр., 14, Санкт-Петербург, 195220, Россия;  
danilovatn@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-6926-6155>

**Реферат.** Одним из важных показателей, определяющих урожайность культуры, является величина продуктивной кустистости. Она наиболее подвержена колебаниям в зависимости от условий внешней среды, а также является наследственной особенностью сорта. В вегетационном эксперименте, проведенном в 2015-2017 гг. в условиях модельной почвенной засухи «засушник» и в полевых условиях, сравнивали показатели структуры урожая зерновых культур (ячмень, пшеница). Опыт был заложен в вегетационных сосудах с двумя типами

гидрогелей (калиевая и натриевая основа). Гидрогель вносился послойно на глубину корнеобитаемого слоя (10-12 см) и на глубину 20-22 см. Внесение гидрогелей в засушливых условиях позволяет обеспечить дополнительный запас влаги для сельскохозяйственных культур в «критические» периоды развития. Для зерновых культур «критический» период – от фазы кущения до фазы цветения и особенно во время фазы трубкования. Это наиболее ответственные фазы развития, когда формируется колос, недостаток влаги в эти периоды может значительно снизить урожайность. Установлено, что влияние гидрогеля как в «засушнике», так и в полевых условиях наиболее существенным было на такие показатели, как продуктивная кустистость, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен, на общее количество растений гидрогель влияния не оказывал. В условиях модельной почвенной засухи «засушник» все показатели структуры урожая были лучше при внесении гидрогеля в слой 20-22 см. Гидрогель, внесенный в корнеобитаемый слой почвы (10-12 см), высыхал и не действовал как водоудерживающая почвенная добавка. В полевых условиях влияние гидрогеля (в зависимости от глубины внесения) зависело от метеоусловий в вегетационный период. Выявлено, что недостаток или избыток влаги в период формирования колоса отрицательно влияет на показатели структуры урожая и урожайность зерновых культур.

**Ключевые слова:** гидрогель, продуктивная кустистость, урожайность, почвенная засуха, ячмень, яровая пшеница

**Цитирование.** Данилова Т.Н. Влияние гидрогелей на показатели структуры урожая зерновых культур в условиях модельной почвенной засухи «засушник» и в полевых условиях // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64).– С. 31-39. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-31-39

## INFLUENCE OF HYDROGELS ON INDICATORS OF THE HARVEST STRUCTURE OF GRAIN CROPS UNDER MODEL SOIL DRY "DRYER" AND IN FIELD CONDITIONS

**Tatiana N. Danilova**

Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", Grazhdansky pr., 14, St. Petersburg, 195220, Russia; danilovatn@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-6926-6155>

**Abstract.** One of the most important indicators that determine the yield of a crop is the value of productive bushiness. It is most susceptible to fluctuations depending on environmental conditions, and is also a hereditary feature of the variety. The vegetation experiment was carried out in 2015-2017. Comparison of the indicators of the structure of the grain crops yield (barley, wheat) under the conditions of a model soil drought and in the field. The experiment was carried out in pots with two types of hydrogels (potassium and sodium base). The hydrogel was applied layer-by-layer to the depth of the root layer (10-12 cm) and to a depth of 20-22 cm. The introduction of hydrogels in arid conditions allows providing an additional supply of moisture for crops in the "critical" periods of development. For cereals, the "critical" period is from the tillering phase to the flowering phase and especially during the booting phase. These are the most critical phases of development, when an ear is formed; a lack of moisture during these periods can significantly reduce the yield. It was found that the influence of the hydrogel both in the "dry" area and in the field was the most significant on such indicators as productive tillering, the number of grains in an ear and the weight of 1000 grains; the hydrogel had no effect on the total number of plants. Under the conditions of a model soil drought "dry land", all indicators of the yield structure were better when the hydrogel was added to a layer of 20-22 cm. The hydrogel applied to the root layer of the soil (10-12 cm) dried out and did not act as a water-retaining soil additive. In the field, the effect of the hydrogel (depending on the depth of application) depended on the meteorological conditions during the growing season. It was revealed

that the lack or excess of moisture during the formation of an ear has a negative effect on the indicators of the structure of the yield and the yield of grain crops

**Keywords:** *hydrogel, productive bushiness, yield, soil drought, barley, spring*

**Citation.** Danilova Tatiana N. (2021) Influence of hydrogels on indicators of the harvest structure of grain crops under model soil dry "dryer" and in field conditions, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 31-39. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-31-39

**Введение.** Известно, что урожайность зерновых культур складывается из трех элементов: плотности продуктивного стеблестоя, количества зерен в колосе и массы 1000 зерен. Большое практическое значение имеет продуктивная кустистость, от нее во многом зависит урожайность. Считается, что урожайность на 50% определяется плотностью продуктивного стеблестоя, на 25% – числом зерен в колосе и на 25% – массой 1000 зерен. Природно-климатические условия оказывают большое влияние на длину колоса, количество колосков и урожайность зерновых культур при формировании колоса [1]. Недостаток или избыток какого-либо природного фактора (тепла, влаги) в определенные периоды онтогенеза существенно влияет на рост и развитие растений, а в дальнейшем, – на урожайность и качество зерна.

Для планирования заданной урожайности необходимо определить оптимальные показатели основных элементов структуры посевов, формирование которых должно обеспечиваться комплексом агротехнических мероприятий. Поскольку элементы урожая формируются в разное время на разных этапах органогенеза, то для их лучшего развития необходимо воздействовать на растение в «критические» периоды, когда создаются определенные элементы структуры урожая. Использование влагопоглощающих полимеров (гидрогелей) – один из агротехнических методов воздействия на урожайность сельскохозяйственных культур. С помощью гидрогелей можно значительно снизить дефицит влаги в засушливых условиях [2]. Внесение гидрогелей в корневой слой почвы позволяет обеспечить дополнительный запас влаги для сельскохозяйственных культур в «критические» периоды развития. Для зерновых культур «критический» период – от фазы кущения до фазы цветения и особенно во время фазы трубкования. Это наиболее ответственные фазы развития, когда формируется урожай, и недостаток влаги в эти периоды существенно влияет на урожайность зерновых культур [3]. В литературе есть сведения, что гидрогель не влияет на количество растений и количество колосьев, но существенно влияет на количество зерен в колосе и массу 1000 зерен [4].

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от количества растений на единице площади. Исследования ученых [5, 6] показали, что уменьшение количества растений на единицу площади сопровождается увеличением продуктивной кустистости и массы зерна с колоса, что связано с улучшением пищевого и водного режимов, освещения и других факторов жизнедеятельности растений. Результаты исследований показали, что при снижении густоты стояния растений в 2 раза (с 400 до 200 шт./м<sup>2</sup>) количество продуктивных стеблей практически не меняется, а урожайность увеличивается в 1,2 раза за счет увеличения массы зерна с колоса. Также необходимо учитывать продуктивную кустистость. Как правило, сорта с высокой степенью кущения должны иметь меньшую густоту посадки. В работах [7, 8, 9] показано, что биологическая продуктивность зерновых культур тесно связана с продуктивной кустистостью, количеством зерен в колосе и массой зерна с 1 колоса.

**Цель исследования** – сравнить показатели структуры урожая зерновых культур, полученные в условиях модельной почвенной засухи «засушник» и в полевых условиях при мелиоративном внесении гидрогелей.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Мелкоделяночный полевой опыт по изучению влияния гидрогелей на водообеспечение зерновых культур в условиях почвенной засухи проводился в 2015-2017 гг. в Меньковском филиале Агрофизического института.

Эксперимент был заложен в вегетационных сосудах в специальной установке «засушнике» и для сравнения в полевых условиях, почва дерново-подзолистая супесчаная [10]. Методика и описание опыта представлены в работе [11]. В исследовании использовали районированные в Северо-Западном регионе сорта зерновых культур. Определение показателей структуры урожая зерновых культур проводили методом отбора снопа, который включал в себя следующие показатели: общее количество растений на вегетационный сосуд, количество продуктивных растений, продуктивная кустистость, высота растений. Структурный анализ колоса проводили по показателям: длина колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с 1 колоса, масса 1000 зерен.

**Результаты исследований.** Одним из важных показателей, определяющих урожайность культуры, является величина продуктивной кустистости. Продуктивная кустистость – число продуктивных стеблей на одном растении. Она наиболее подвержена колебаниям в зависимости от условий среды, а также является наследственной особенностью сорта. В таблице 1 представлены показатели структуры урожая зерновых культур в «засушнике» за три года исследования.

Таблица 1. Показатели структуры урожая зерновых культур в «засушнике» за 2015-2017 гг.  
Table 1. Indicators of the structure of grain crops in the dry land for 2015-2017

Варианты опыта	Общее количество растений шт./сосуд (среднее)	Количество продуктивных стеблей шт./сосуд	Продуктивная кустистость, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Ячмень, сорт «Ленинградский» – 2015 г.						
Контроль	39±2	48±2	1,18±0,08	31±3	0,98±0,51	37±0,93
ГГ <sub>Na</sub> (10-12 см)	42±2	53±3	1,21±0,09	30±2	1,06±0,61	36±0,95
ГГ <sub>K</sub> (10-12 см)	41±2	55±3	1,22±0,09	29±2	0,83±0,5	37,5±0,76
ГГ <sub>Na</sub> (20-22 см)	39±2	56±3	1,23±0,09	33±3	1,15±0,57	38±0,8
ГГ <sub>K</sub> (20-22 см)	39±2	57±2	1,25±0,09	35±2	1,17±0,57	38±0,79
Пшеница, сорт «Дарья» – 2016 г.						
Контроль	42±1	48±2	1,14±0,07	24±2	0,52±0,63	29±1,71
ГГ <sub>Na</sub> (10-12 см)	43±2	52±3	1,2±0,08	22±3	0,47±0,42	27±2,12
ГГ <sub>K</sub> (10-12 см)	42±1	54±3	1,28±0,08	27±2	0,89±0,57	33,5±1,51
ГГ <sub>Na</sub> (20-22 см)	44±1	52±2	1,18±0,09	29±2	1,03±0,5	36±1,03
ГГ <sub>K</sub> (20-22 см)	43±2	56±2	1,3±0,09	28±2	0,92±0,32	34±1,1
Ячмень, сорт «Атаман» – 2017 г.						
Контроль	39±2	43±2	1,10±0,08	19±3	0,83±0,22	47±0,66
ГГ <sub>Na</sub> (10-12 см)	37±2	42±3	1,13±0,09	19±2	0,77±0,18	52,1±0,5
ГГ <sub>K</sub> (10-12 см)	41±1	46±2	1,12±0,09	19±2	0,82±0,21	49±0,56
ГГ <sub>Na</sub> (20-22 см)	42±2	47±2	1,12±0,08	20±3	0,94±0,18	55,1±0,46
ГГ <sub>K</sub> (20-22 см)	42±1	47±2	1,12±0,09	20±3	1,04±0,17	52±0,56

Из данных таблицы 1 следует, что в «засушнике» в 2015 году на ячмене, сорт «Ленинградский» продуктивная кустистость на контроле составила 1,18 шт., в вариантах с гидрогелем этот показатель был выше. В вариантах с внесением гидрогеля в слой 10-12 см показатели незначительно превышают контроль: ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 1,2 шт.; ГГ<sub>К</sub> (10-12 см) – 1,22 шт. При внесении гидрогеля в слой 20-22 см все показатели: продуктивная кустистость (1,23-1,25), количество зерен в колосе (33-35 штук), масса зерна с 1 колоса (1,15-1,17 г) и масса 1000 зерен (38 г) значительно выше контроля: 1,18; 31 шт.; 0,98 г; 38 г.

На показатели структуры урожая яровой пшеницы в 2016 г. существенно повлияло наличие гидрогеля в почве. Величина продуктивной кустистости составила: на контроле – 1,14 шт.; ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 1,2 шт.; ГГ<sub>К</sub> (10-12 см) – 1,28 шт.; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 1,18 шт.; ГГ<sub>К</sub> (20-22 см) – 1,3 шт. Количество зерен в колосе: контроль – 24 шт.; в вариантах с внесенным в слой (10-12 см) гидрогелем – 22-27 шт.; в вариантах с внесенным в слой (20-22 см) гидрогелем – 28-29 шт. Масса зерна с одного колоса составила: на контроле – 0,52 г; ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 0,47 г; ГГ<sub>К</sub> (10-12 см) – 0,89 г; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 1,03 г; ГГ<sub>К</sub> (20-22 см) – 0,92 г. В варианте с гидрогелем ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) все показатели структуры урожая пшеницы были ниже, чем в контроле и в других вариантах опыта. По массе 1000 зерен наилучшими оказались варианты с гидрогелем, внесенным в слой (20-22 см).

В 2017 г. все показатели структуры урожая ячменя сорта «Атаман» примерно одинаковы для всех вариантов опыта и незначительно отличаются от контроля. Величина продуктивной кустистости составила: на контроле – 1,10 шт.; ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 1,13 шт.; ГГ<sub>К</sub> (10-12 см) – 1,12 шт.; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 1,12 шт.; ГГ<sub>К</sub> (20-22 см) – 1,12 шт. Количество зерен в колосе: на контроле – 19 шт.; в вариантах с гидрогелем, внесенным в слой (10-12 см), – 19 шт.; при внесении гидрогеля в слой (20-22 см) количество зерен в колосе – 20 шт. Масса зерна с одного колоса: на контроле – 0,83 г; ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 0,77 г; ГГ<sub>К</sub> (10-12 см) – 0,82 г; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 0,94 г; ГГ<sub>К</sub> (20-22 см) – 1,04 г. По массе 1000 зерен варианты с гидрогелем: ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 52,1 г; ГГ<sub>К</sub> (10-12 см) – 49 г; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 55,1 г; ГГ<sub>К</sub> (20-22 см) – 52 г, были лучше, чем контрольный вариант – 47 г. Таким образом, сравнивая показатели структуры урожая зерновых культур в «засушнике» за три года исследования, можно сказать, что влияние гидрогеля наиболее существенным было на такие показатели, как продуктивная кустистость, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен. При внесении гидрогеля в слой 20-22 см практически все показатели структуры урожая были лучше, чем на контроле и при внесении в слой 10-12 см. В условиях модельной почвенной засухи гидрогель, внесенный в корнеобитаемый слой почвы (10-12 см), высыхает и не действует как водоудерживающая почвенная добавка [10].

В таблице 2 представлены показатели структуры урожая зерновых культур за вегетационные периоды 2015-2017 годы в полевых условиях.

По данным таблицы 2 можно отметить, что структура урожайности ячменя в полевых условиях 2015 г. оказалась лучшей в вариантах с внесением гидрогеля на основе натрия и калия в слой 20-22 см. В этих вариантах все показатели: коэффициент продуктивной кустистости (1,19 шт.), количество зерен в колосе (34-38 штук), масса зерна в колосе (1,25-1,28 г), масса тысячи зерен (41,5-42,5 г) достоверно выше, чем в контроле: 1,09; 24 шт.; 0,81 г; 39 г. В вариантах с внесением гидрогеля в слой 10-12 см показатели тоже неплохие: коэффициент продуктивной кустистости (1,16-1,18), количество зерен в колосе (32-34 штуки), масса зерна с 1 колоса (1,18 г), масса 1000 зерен (40 г).

Таблица 2. Показатели структуры урожая зерновых культур в полевых условиях за 2015-2017 гг.  
Table 2. Indicators of the structure of grain crops in the field for 2015-2017

Варианты опыта	Общее количество растений, шт./сосуд (среднее)	Количество продуктивных стеблей, шт./сосуд	Продуктивная кустистость, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Ячмень, сорт «Ленинградский» – 2015 г.						
Контроль	44±2	48±2	1,09±0,19	24±3	0,81±0,51	39±0,81
ГГ <sub>Na</sub> (10-12 см)	39±2	46±3	1,18±0,10	34±2	1,18±0,61	40±0,85
ГГ <sub>K</sub> (10-12 см)	43±2	50±3	1,16±0,10	32±2	1,18±0,5	40±0,83
ГГ <sub>Na</sub> (20-22 см)	42±2	50±3	1,19±0,12	34±2	1,25±0,57	42,5±0,65
ГГ <sub>K</sub> (20-22 см)	41±2	49±2	1,19±0,11	38±2	1,28±0,57	41,5±0,55
Пшеница, сорт «Дарья» – 2016 г.						
Контроль	38±3	41±3	1,08±0,12	26±2	0,6±0,59	24±0,44
ГГ <sub>Na</sub> (10-12 см)	35±3	39±3	1,11±0,11	26±2	0,55±0,41	23,5±0,65
ГГ <sub>K</sub> (10-12 см)	37±2	41±2	1,1±0,10	23±2	0,45±0,16	22,5±0,67
ГГ <sub>Na</sub> (20-22 см)	41±2	45±2	1,09±0,11	28±2	0,6±0,13	24,8±0,47
ГГ <sub>K</sub> (20-22 см)	41±2	46±2	1,12±0,10	32±2	0,75±0,18	25,3±0,48
Ячмень, сорт «Атаман» – 2017 г.						
Контроль	36±3	40±3	1,11±0,12	20±2	0,96±0,15	50,2±0,45
ГГ <sub>Na</sub> (10-12 см)	40±2	42±2	1,05±0,12	19±3	0,95±0,13	51,5±0,84
ГГ <sub>K</sub> (10-12 см)	39±2	43±2	1,10±0,11	22±2	0,92±0,11	52±0,69
ГГ <sub>Na</sub> (20-22 см)	33±3	36±3	1,09±0,10	23±2	0,93±0,12	49,2±0,65
ГГ <sub>K</sub> (20-22 см)	42±3	45±2	1,07±0,10	22±3	0,94±0,15	47,5±0,61

В 2016 г. по структуре урожая яровой пшеницы сорт «Дарья» в полевых условиях можно утверждать, что лучшими вариантами оказались варианты с внесением гидрогеля на натриевой и калиевой основе в слой 20-22 см. Продуктивная кустистость составила: на контроле – 1,07; ГГ<sub>Na</sub>(10-12 см) – 1,11; ГГ<sub>K</sub>(10-12 см) – 1,1; ГГ<sub>Na</sub>(20-22 см) – 1,09; ГГ<sub>K</sub>(20-22 см) – 1,12. Количество зерен в колосе на контроле – 26 штук; в вариантах с гидрогелем, внесенным в слой (10-12 см), – от 23 до 26 штук; в вариантах с гидрогелем, внесенным в слой (20-22 см), – 28-32 штуки. В варианте с гидрогелем, внесенным в слой (10-12 см), показатели структуры урожая: количество зерен в колосе, масса зерен в колосе и масса 1000 зерен были меньше, чем в контроле. Масса зерна с 1 колоса: на контроле – 0,6 г; ГГ<sub>Na</sub>(10-12 см) – 0,55 г; ГГ<sub>K</sub>(10-12 см) – 0,45 г; ГГ<sub>Na</sub>(20-22 см) – 0,6 г; ГГ<sub>K</sub>(20-22 см) – 0,75 г. По массе 1000 зерен лучшими были варианты с гидрогелем, внесенным в слой (20-22 см), – 24,8-25,3 г. Низкие показатели структуры урожая яровой пшеницы в полевых условиях в вариантах с гидрогелем, внесенным в слой 10-12 см, объясняются тем, что 2016 г. характеризовался весьма высоким увлажнением. В связи с тем, что влага удерживалась гидрогелем в слое 10-12 см и даже присутствовала в избытке, урожайность пшеницы оказалась ниже, чем в контрольном варианте [10]. Избыток влаги сказался на всех показателях структуры урожая в вариантах с внесением гидрогеля в слой 10-12 см.

Показатели структуры урожая ячменя, сорт «Атаман», в 2017 г. в вариантах с гидрогелем немного снизились по сравнению с контрольным вариантом. Продуктивная кустистость составила: на контроле – 1,11; ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 1,05; ГГ<sub>к</sub> (10-12 см) – 1,10; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 1,09; ГГ<sub>к</sub> (20-22 см) – 1,07. По показателю продуктивной кустистости варианты с гидрогелем несколько отстают от контроля. Количество зерен в колосе: на контроле – 20 шт.; в вариантах с внесенным в слой (10-12 см) гидрогелем – 19-22 шт.; в вариантах с внесенным в слой (20-22 см) гидрогелем – 22-23 шт. Масса зерна с одного колоса составила: на контроле – 0,96 г; ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 0,95 г; ГГ<sub>к</sub> (10-12 см) – 0,92 г; ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 0,93 г; ГГ<sub>к</sub> (20-22 см) – 0,94 г. По массе 1000 зерен лучшими были варианты с гидрогелем, внесенным в слой (10-12 см): ГГ<sub>Na</sub> (10-12 см) – 51,5 г; ГГ<sub>к</sub> (10-12 см) – 52 г. В вариантах с гидрогелем, внесенным в слой (20-22 см), отмечено уменьшение массы 1000 зерен: ГГ<sub>Na</sub> (20-22 см) – 49,2 г; ГГ<sub>к</sub> (20-22 см) – 47,5 г по сравнению с контролем – 50,2 г. Известно [7, 9], что на массу 1000 зерен большое влияние оказывают метеорологические факторы и приемы агротехники. Вероятно, погодные условия 2017 г. были неблагоприятными в период формирования колоса ячменя. Ячмень требователен к теплу в период от колошения до созревания. В июле была пониженная среднемесячная температура воздуха на 2–3,6<sup>0</sup>С от нормы, сумма осадков совпала с климатической нормой (80%). В августе среднемесячная температура оказалась на 0,4<sup>0</sup>С выше среднемноголетних данных, а осадков выпало больше климатической нормы (183,3%). Такие колебания температуры воздуха и количества выпавших осадков отрицательно сказались на показателях структуры урожая ячменя, особенно в вариантах опыта с гидрогелем, внесенным в слой 20-22 см. Особенно низкой оказалась масса 1000 зерен. Можно предположить, что избыток влаги был в варианте с гидрогелем, внесенным в слой 20-22 см (из-за большого количества выпавших осадков). Анализируя данные исследования за три года в полевых условиях, можно сказать, что влияние гидрогеля на показатели структуры урожая зерновых культур зависит от погодных условий в вегетационный период. Наличие гидрогеля в почве при избыточном увлажнении как в верхнем (10-12 см) корнеобитаемом слое, так и в слое 20-22 см отрицательно сказывается на показателях структуры урожая зерновых культур.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что влияние гидрогеля как в «засушнике», так и в полевых условиях наиболее существенным было на такие показатели, как продуктивная кустистость, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен. При внесении гидрогеля в слой 20-22 см практически все показатели структуры урожая были лучше, чем на контроле и при внесении в слой 10-12 см. В полевых условиях влияние гидрогеля (в зависимости от глубины внесения) зависит от метеоусловий в вегетационный период, особенно в фазу формирования колоса. Избыток или недостаток влаги в почве в это период отрицательно сказывается на показателях структуры урожая.

#### Список источников литература

1. Батакова О.Б., Корелина В.А. Влияние элементов структуры урожая на продуктивность ячменя ярового (*Hordeum vulgare L*) в условиях Крайнего Севера // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2017. – Т. 178, Вып. 3. – С. 58. (10.30901/2227-8834-2017-3-50-58).
2. Годунова Е.И., Гундырин В.Н. Роль гидрогеля в улучшении влагообеспеченности озимой пшеницы по полупару в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, №5. – С. 57-59.
3. Доспехов В.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Данилова Т.Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // Агрофизика. – 2016. – № 1. – С.8-16.
5. Данилова Т.Н. Влияние полимерных гелей «Ритин -10» и «В 415-К» на водообеспечение зерновых культур в условиях почвенной засухи // Агрофизика. – 2018. – № 1. – С. 1-9.
6. Земцова Е.С., Боме Н.А. Влияние густоты стояния растений на структуру урожая яровой мягкой пшеницы // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 824.

7. Лекомцев П.В. Научно-методическое обеспечение управления продукционным процессом яровой пшеницы в системе точного земледелия: дис. ... док. биол. наук / ФГБНУ АФИ. – Санкт-Петербург, 2015. – 365 с.
8. Сахибгареев А.А., Акчурин Р.Л. и др. Ячмень яровой. Современные технологии возделывания в Республике Башкортостан: методические рекомендации. – Уфа: Мир печати, 2016. – 64 с.
9. Тибирьков А.П., Филин В.И. Влияние полимерного гидрогеля и условий минерального питания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – № 3(27). – С. 1-5.
10. Grabiński J, Wyzińska M. (2018) The effect of superabsorbent polymer application on yielding of winter wheat (*Triticum aestivum* L) // *Agricultural sciences (crop sciences, animal sciences)*. 2018. pp. 55-60. (10.22616/rrd.24.2018.051)
11. Kilic H., Yagbasanlar T. (2010). The Effect of Drought Stress on Grain Yield, Yield Components and some Quality Traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) Cultivars // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010. – 38 (1). – Pp. 164-170.
12. Tabynbayeva L.K., Kenenbayev S.B., Suleimenova M.S., Tinibayev N.K., Boiko V.S. Impact of absorbing agent on moisture reserves of winter wheat in the conditions of semiprovided dry farming land of the south-east of Kazakhstan // *On Line Journal of Biological Sciences*, 2017. – Vol. 17(2). – Pp. 35.39 (doi: 10.3844/ojbsci.2017.35.39).

### References

1. Batakova O.B, Korelina V.A.(2017), "The influence of the elements of the structure of the crop on the productivity of spring barley (*Hordeum vulgare* L) in the Far North", *Works on applied botany, genetics and breeding*. T. 178, v. 3, p. 58. (doi: 10.30901 / 2227-8834-2017-3-50-58).
2. Godunova E.I., Gundyryn V.N. (2015), "The role of hydrogel in improving the moisture supply of winter wheat by semi-fallow in the zone of unstable moisture in the Stavropol Territory", *Achievements of Science and Technology of Agroindustrial Complex*. T. 29, no. 5. – pp. 57-59.
3. Dosphehov V.A. (1985), *Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]*, M., Agropromizdat, 351 p.
4. Danilova T.N. (2016), "Regulation of the water regime of sod-podzolic soils and moisture supply of plants using water-absorbing polymers", *Agrofizika*, no 1, pp. 8-16.
5. Danilova T.N. (2018), "Influence of polymer gels" Ritin-10 "and" V 415-K "on water supply of grain crops in conditions of soil drought", *Agrofizika*. № 1, pp. 1-9.
6. Zemtsova E.S., Bome N.A., Zemtsova E.S. (2015), "The influence of plant density on the yield structure of spring soft wheat", *Modern problems of science and education*, no 2-2. Pp. 824.
7. Lekomtsev P.V. (2015), *Scientific and methodological support for the management of the production process of spring wheat in the system of precision farming*. Ph.D. Thesis, FGBNU AFI, Sankt-Peterburg. (In Russia)
8. Sahibgarееv A.A, Akchurin R.L. and others (2016), *Yachmen yarovoј. Sovremennye tehnologii vozdelvaniya v Respublike Bashkortostan (metodicheskie rekomendacii)*. [Spring barley. Modern technologies of cultivation in the Republic of Bashkortostan (guidelines)]. Ufa, World of Printing, 64 p.
9. Tibirkov A.P., Filin V.I. (2012), "Influence of polymer hydrogel and conditions of mineral nutrition on the yield and grain quality of winter wheat on light chestnut soils" / *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex*, to. 3 (27), pp. 1-5.
10. Grabiński J, Wyzińska M. (2018), The effect of superabsorbent polymer application on yielding of winter wheat (*Triticum aestivum* L). *Agricultural sciences (crop sciences, animal sciences)*. 2018, pp. 55-60 ( doi: 10.22616/rrd.24.2018.051)
11. Kilic, H., & Yagbasanlar, T. (2010), The Effect of Drought Stress on Grain Yield, Yield Components and some Quality Traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) Cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38 (1), 164–170.
12. Tabynbayeva L.K., Kenenbayev S.B., Suleimenova M.S., Tinibayev N.K., Boiko V.S. (2017), Impact of absorbing agent on moisture reserves of winter wheat in the conditions of semiprovided dry farming land of the south-east of Kazakhstan. *On Line Journal of Biological Sciences*, 17(2): 35.39 (doi: 10.3844/ojbsci.2017.35.39).

### Сведения об авторах

**Татьяна Николаевна Данилова** – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», spin-код: 3117-2481, Researcher ID C-2085-2017

### Information about the authors

**Tatiana N. Danilova** – candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute", spin-code: 3117-2481, Researcher ID C-2085-2017

**Авторский вклад.** Автор принимал непосредственное участие в планировании и проведении исследования, анализе полученных результатов, написании и редактировании текста статьи. Автор статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

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

**Author's contribution.** The author was directly involved in planning and conducting the research, analyzing the results obtained, writing and editing the text of the article. The author of the article read and approved the submitted final version.

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

*Статья поступила в редакцию 09.07.2021; одобрена после рецензирования 24.09.2021; принята к публикации 27.09.2021*

*The article was submitted 09.07.2021; approved after reviewing 24.09.2021; accepted after publication 27.09.2021*

Научная статья

УДК 581.1:631.8

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-39-46

## ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛеной МАССЫ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ

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

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

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

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

**Реферат.** Редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) из семейства *Brassicaceae* является малораспространенной культурой с высоким потенциалом продуктивности, зеленой массой, имеющей кормовое и сидеральное значение.

В статье представлены результаты полевых опытов по изучению влияния возрастающих доз минерального азота на фоне неизменных доз фосфора и калия в отношении структурных элементов и продукционных процессов *Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg. сорта Радуга (к-8) в природно-климатических условиях Ленинградской области. Исследование проводилось на территории агробиостанции РГПУ им. А.И. Герцена в пос. Вырица. В опыте

применялись удобрения: аммиачная селитра, простой гранулированный суперфосфат и сульфат.

Морфометрические измерения и продуктивность редьки оценивались в фазе активного цветения (укошной спелости). Качество надземной массы определялось по содержанию основных элементов минерального питания – азота (N), фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и калия (K<sub>2</sub>O) лабораторно-аналитическим исследованием по общепринятой методике. Количество нитратов в зеленой массе измеряли при помощи ионоселективного нитратного электрода ионометрическим методом.

Результаты исследований показали, что ростовые процессы (высота растений, площадь листовой поверхности), зеленая биомасса и накопление абсолютно сухого вещества в надземных органах редьки максимально увеличиваются при внесении N<sub>150</sub> на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Дальнейшее увеличение доз азота приводило к снижению исследованных показателей. Содержание основных элементов минерального питания (азота, фосфора и калия) оптимально в варианте N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Однако в отношении концентрации нитратов показано, что превышение ПДК происходит при достижении минерального фона выше N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

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

**Цитирование.** Лебедев В.Н., Хуаз С.Х., Ураев Г.А. Влияние возрастающих доз азота на продуктивность и качество зеленой массы редьки масличной // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64).– С. 39-46. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-39-46

## THE EFFECT OF INCREASING NITROGEN DOSES ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF THE GREEN BIOMASS OF OILSEED RADISH

Vitaliy N. Lebedev<sup>1</sup>, Svetlana H. Khuaz<sup>2</sup>, Grigorii A. Uraev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 emb.riv. Moyka, Saint Petersburg, 191186, Russia; antares-80@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

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

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

**Abstract.** Oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) from the family *Brassicaceae* is a sparsely distributed crop with a high productivity potential of green biomass, which has forage and sideral value.

As a results of field studies to study the effect of growing doses of mineral nitrogen against the background of unchanged doses of phosphorus and potassium on the structural elements and production processes of *Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg. variety Raduga/Rainbow (k-8) in the natural and climatic conditions of the Leningrad region. The study was conducted on the territory of the agrobiostation of the Herzen State Pedagogical University of Russia in the vil. Vyritsa. In the experiment, fertilizers were used: ammonium nitrate, simple granular superphosphate and sulfate.

Morphometric measurements and productivity of radish were evaluated in the phase of active flowering. The quality of the aboveground biomass was determined by the content of the main elements of mineral nutrition-nitrogen (N), phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (K<sub>2</sub>O) by laboratory and analytical research according to the generally accepted method. The amount of nitrates in the green biomass was measured using an ion-selective nitrate electrode by the ionometric method.

The results of the studies showed that the growth processes (plant height, leaf surface area), green biomass, and the accumulation of absolutely air-dry matter, in the aboveground radish organs are maximally increased when N<sub>150</sub> is introduced against the background of P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. A further increase in the dose of nitrogen on the options caused a decrease in the studied parameters. The content of the main elements of mineral nutrition (nitrogen, phosphorus and potassium) is optimal in the N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> variant. However, with respect to the concentration of nitrates, it is shown that the MPC is exceeded when the mineral background reaches above N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

**Keywords:** oilseed radish, nitrogen fertilizers, productivity. economic effect.

**Citation.** Lebedev V.N., Khuaz S.H., Uraev G.A. (2021) "The effect of increasing nitrogen doses on the productivity and quality of the green biomass of oilseed radish", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 39-46. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-39-46

**Введение.** Редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) является перспективной малораспространенной культурой, имеющей высокий кормовой и сидеральный потенциал надземной массы. В связи с тем, что в современном сельском хозяйстве почти половина энергетических затрат приходится на удобрения, повышение ее продуктивности при помощи энергосберегающих технологий имеет практическое значение [1, 2].

Известно, что редька масличная является одной из наиболее отзывчивых культур к внесению минеральных удобрений в отношении урожая семян, продуктивности и качества зеленой массы. При этом показано, что оптимальные дозы минеральных удобрений сильно зависят от почвенно-климатических условий: на черноземе (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>), серых лесных (N<sub>105</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) и торфяно-болотных (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) почвах из расчета в кг/га [3]. Следовательно, оптимальная доза основных макроэлементов, особенно азота, для редьки масличной должна определяться по конкретным условиям при ее произрастании.

Оптимизация доз минерального азота способствует стабилизации физиологических процессов, которые отражаются в формировании структурных элементов продуктивности при вегетации. Впоследствии они влияют на продуктивность надземной массы растений.

Следует отметить, что в литературе встречаются противоречивые данные по изучению внесения азотных удобрений под капустные растения [4]. Особенно это касается редьки масличной, для которой соответствующие рекомендации слабо представлены [5].

**Цель исследования** – изучение влияния доз азотных удобрений на продуктивность и качество надземной массы редьки масличной.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Работа проводилась в полевых условиях на биостанции РГПУ им. А.И. Герцена согласно рекомендациям [6]. Объектом нашего исследования служила ценная сельскохозяйственная культура – редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) сорта Радуга (к-8). Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая супесчаная, со средним содержанием подвижных форм фосфора и калия, а также слабокислой реакцией среды.

Стандартным фоновым минеральным удобрением (одинарной дозой) для редьки масличной, как и для большинства культур в почвенно-климатической зоне Северо-Запада РФ, является норма из расчета 60 кг/га (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>). Удобрения вносились перед посевом семян в почву вразброс согласно схеме, включающей в себя следующие варианты: 1) контроль – без удобрений (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>); 2) N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 3) N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 4) N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 5) N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 6) N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 7) N<sub>180</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 8) N<sub>210</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. В качестве минеральных удобрений, которые пересчитывались на действующее вещество (д.в.), в опыте использовали аммиачную селитру (34,4% д.в. N), простой гранулированный суперфосфат (26% д.в. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и сульфат калия (50% д.в. K<sub>2</sub>O). Повторность опытов 4-кратная. Морфометрические данные и продуктивность редьки оценивались в фазу активного цветения (укосной спелости). Качество надземной массы

определялось по содержанию основных элементов минерального питания – азота (N), фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и калия (K<sub>2</sub>O) лабораторно-аналитическим исследованием по общепринятой методике [7]. Количество нитратов измеряли при помощи ионоселективного нитратного электрода ионометрическим методом в соответствии с ГОСТ 29270-95 [8]. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом.

Для нас интерес представляло определить экономический эффект от использования различных доз минеральных удобрений, который оценивался по изменению дохода у аграрного предприятия в зависимости от их использования при выращивании редьки масличной на зеленую массу по сравнению с контрольными данными [9].

**Результаты исследований.** Анализ данных полевого опыта выявил улучшение роста растений редьки масличной в высоту (табл. 1). Наиболее высокими оказались растения на фоне завышенных доз минерального азота (N<sub>120</sub> и N<sub>150</sub>), что превышало контроль (без удобрения) на 10% и 12% соответственно. В вариантах с низким и средним фоном азота (N<sub>30-60</sub>) линейный рост в высоту также превышал контрольные растения в среднем на 7-9%.

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

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

Вариант	Высота растений		Площадь листовой поверхности	
	см	%	см <sup>2</sup> /растение	%
Контроль	80,0	100	99,1	100
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	85,5	107	128,8	130
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	87,5	109	140,7	142
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	87,6	110	142,6	144
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	88,1	110	146,7	148
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	89,6	112	170,5	172
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	87,0	109	164,5	166
N <sub>210</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	86,7	108	162,5	164
НСР <sub>05</sub>	4,8	-	0,4	-

Листовая масса представляет собой важнейший элемент в структуре продуктивности надземной биомассы сидеральных и кормовых культур. В связи с этим представляет существенный интерес изучение ассимиляционной поверхности листьев – основных органов фотосинтеза растения.

Показано, что внесение удобрений отражается на формировании площади листовой поверхности редьки масличной (табл.1). Максимальное увеличение площади листьев до 72% относительно контроля происходило в варианте N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. При использовании минимальных доз азотных удобрений (N<sub>30</sub> и N<sub>60</sub>) листовая поверхность возрастала на 30-42% в сравнении с контрольными данными (без удобрений). При этом при увеличении внесения азота из расчета 180 кг/га и 210 кг/га происходило некоторое сокращение площади листьев.

Изменения, произошедшие с ассимиляционной поверхностью листьев у опытных вариантов растений с применением минеральных удобрений, привели к возрастанию продуктивности сырой зеленой массы и накоплению сухого вещества в надземных органах (табл. 2).

Наибольшее увеличение продуктивности надземной массы редьки (на 22% к контролю) отмечалось с возрастанием доз минерального азота до 120 кг/га и 150 кг/га. При более высоких дозах происходило снижение урожайных показателей зеленой массы. Аналогичная закономерность прослеживается в отношении накопления сухого вещества. Самое высокое его содержание характерно для варианта N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Результаты внесения возрастающих доз минерального азота показывают улучшение качества продуктивности растений редьки масличной за счет повышения поступления основных элементов минерального питания: азота, фосфора и калия (табл. 3).

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

Вариант	Зеленая масса		Сухое вещество	
	ц/га	%	ц/га	%
Контроль	170,7	100	29,8	100
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	188,0	110	34,4	115
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	194,0	114	41,4	139
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	198,5	116	43,0	144
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	208,7	122	46,0	154
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	209,0	122	48,6	163
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	205,0	120	46,6	156
N <sub>210</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	199,0	117	41,2	138
НСР <sub>05</sub>	18,1	-	4,3	-

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

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		NO <sub>3</sub>	
	%	Δ	%	Δ	%	Δ	мг/кг	%
Контроль	1,8	-	1,7	-	2,4	-	322	100
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,0	+0,2	1,8	+0,1	3,1	+0,7	429	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,1	+0,3	1,9	+0,2	3,3	+0,9	480	
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,2	+0,4	2,0	+0,3	3,4	+1,0	583	
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,3	+0,5	1,9	+0,2	3,0	+0,6	630	
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,4	+0,6	1,8	+0,1	2,5	+0,1	762	
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,5	+0,7	1,8	+0,1	2,5	+0,1	795	
N <sub>210</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,7	+0,9	1,7	0	2,3	-0,1	878	
НСР <sub>05</sub>	0,1	-	0,1	-	0,2	-	63,6	-

Накопление общего азота в сухой биомассе надземных органов наблюдалось с увеличением внесения доз азота относительно контрольного варианта. При этом наибольшее содержание фосфора и калия отмечалось при дозе N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – на 18% и 42% соответственно. Более высокое внесение минерального азота ингибировало и снижало концентрацию фосфора и калия в растениях.

Использование минеральных удобрений не только способствует стимуляции ростовых процессов и продуктивности, но и приводит к накоплению нитратных форм азота, что делает невозможным кормовое применение такой зеленой массы. Поэтому для кормовых растений установлена допустимая санитарно-гигиеническая норма предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов – 500 мг/кг сырой массы [10].

Установлено [3], что редька масличная является культурой, которая обладает чрезвычайно высокой нитратредуктазной активностью. В связи с этим при отсутствии накопления нитратов на низком фоне азотного питания происходит их активное накопление на высоких дозах.

Анализ содержания нитратов в сырой надземной массе растений редьки показал (табл. 3), что внесение азотных удобрений, не превышающих уровень 60 кг/га, способствует повышению концентрации нитратов, но не превышает установленную норму ПДК. В вариантах с использованием более высоких доз азота отмечается накопление нитратного азота выше нормативного уровня.

Рассмотренные выше факторы влияют и на экономический эффект в процессе культивирования редьки масличной (рис. 1).

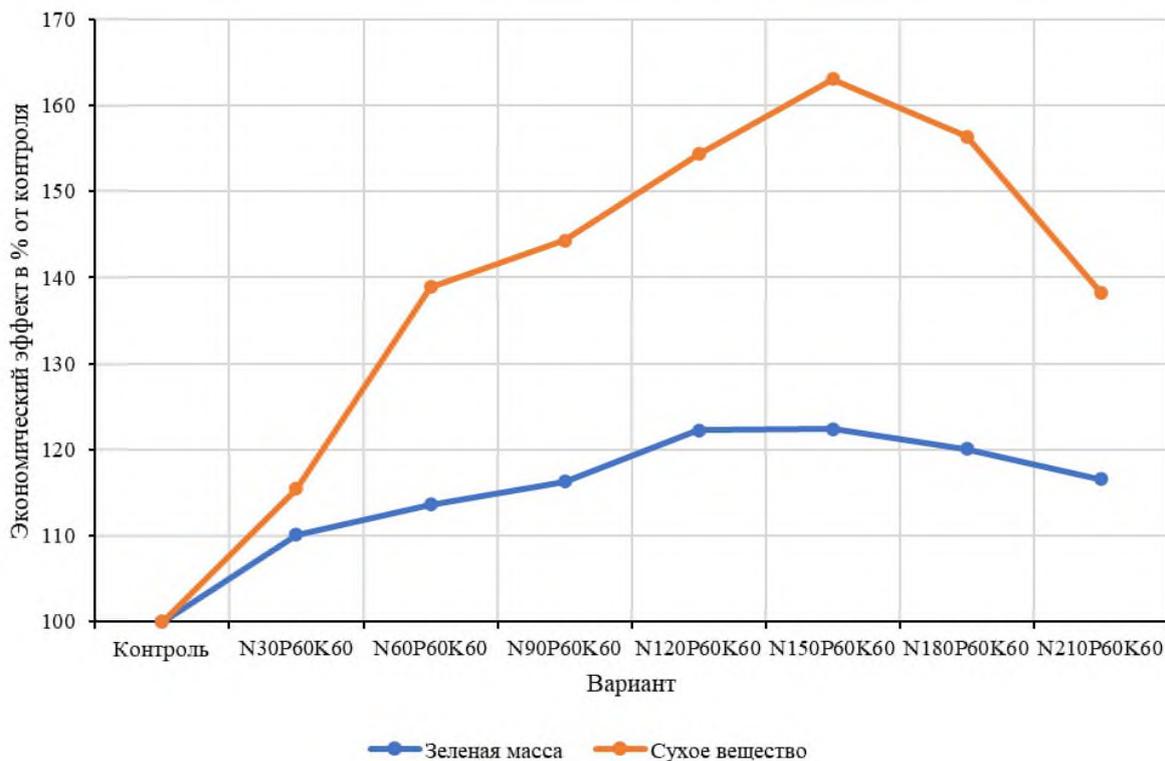


Рисунок. Влияние от дозы азотных удобрений на экономический эффект при культивирования редьки масличной, % от контроля  
 Figure. The effect of the dose of nitrogen fertilizers on the economic effect of the cultivation of rare oilseeds, in % of the control

Наибольший экономический эффект по зеленой массе отмечался с возрастанием доз минерального азота до 120 кг/га и 150 кг/га. При более высоких дозах происходило снижение экономического эффекта. Подобная картина прослеживается и по сухой массе.

**Выводы.** Таким образом, минеральные удобрения с различным азотным фоном влияют на продуктивность и качественные показатели зеленой массы редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg). Выявлено, что применение возрастающих доз минерального азота до 150 кг/га приводит к увеличению высоты надземной части растений, площади листовой поверхности, сырой биомассы надземных органов и накоплению сухого вещества. Содержание элементов минерального питания в сухой массе растений максимально при дозе минеральных удобрений N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. При этом оптимальной дозой в отношении содержания нитратов является азотная доза N<sub>60</sub>. На более высоких фонах азота наблюдается снижение исследованных нами показателей продуктивности и повышение накопления нитратов выше предельно допустимого уровня.

### Список источников литературы

1. Цыганов А.Р., Мастеров А.С., Плевко Е.А. Влияние макро- и микроудобрений на эффективность возделывания ярового рапса, редьки масличной и горчицы белой на семена // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 4 (101). – С. 27–30.
2. Плевко Е.А. Совершенствование системы удобрения редьки масличной, горчицы белой и рапса ярового при возделывании на семена на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04. – Минск, 2017. – 24 с.
3. Юргина В.С. Морфологические особенности и продуктивность редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями в условиях нормального увлажнения и почвенной засухи: автореф. дис... канд. биол. наук. – СПб., 2011. – 18 с.
4. Пешкова А.А., Дорофеев Н.В. Влияние уровня азотного питания на активность нитратредуктазы и накопление нитратов в органах растений редьки масличной // Агротехника. – 2005. – № 7. – С.14–19.
5. Романцевич Д.И., Састеров А.С., Радченко Н.В. Влияние сроков внесения и форм азотных удобрений на семенную продуктивность редьки масличной // Вестник БГСХА. – 2019. – № 1. – С. 126-130.
6. Воробейков Г.А., Царенко В.П., Лунина Н.Ф. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии: учеб. пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2014. – 144 с.
7. Воробейков Г.А., Бредихин В.Н., Павлова Т.К. и др. Учебная полевая практика по физиологии растений: учеб. пособие для студентов биологических специальностей / под ред. проф. Г.А. Воробейкова. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. – 128 с.
8. Банкин М.П., Банкаина Т.А., Коробейникова Л.П. Физико-химические методы в агрохимии и биологии почв. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2005. – 177 с.
9. Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А. Повышение продуктивности растений семейства капустных (*Brassicaceae* Burnett.) при инокуляции семян бактериальными препаратами на основе ассоциативных штаммов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 5. – С.41-45.
10. Третьяков Н.Н., Костюкович М.Ф. Определение уровня нитратного азота в продукции растениеводства. – М.: Б.и., 2007. – 22 с.

### References

1. Cyganov, A.R., Masterov, A.S., Plevko E.A. (2015), Vliyanie makro i mikroudobrenij na ehffektivnost vozdeljvaniya yarovogo rapsa redki maslichnoj i gorchicy beloij na semena, *Zemledelie i zashchita rastenij*, 2015, 4(101), Pp. 27-30.
2. Plevko, E.A. (2017) Sovershenstvovanie sistemy udobreniya redki maslichnoj, gorchicy beloij i rapsa yarovogo pri vozdeljvanii na semena na dernovo podzolistoj legkosuglinistoj pochve, avtoref dis ... kand. s.-h. nauk: 06 01 04, Minsk, 2017, 24 p.
3. YUrgina, V.S. (2011) Morfofiziologicheskie osobennosti i produktivnost redki maslichnoj (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) pri inokulyacii semyan associativnymi rizobakteriyami v usloviyah normalnogo uvlazhneniya i pochvennoj zasuhi, avtoref dis ... kand. Biol. nauk, SPb, 2011, 18 p.
4. Peshkova, A.A. Dorofeev, N.V. (2005) Vliyanie urovnya azotnogo pitaniya na aktivnost nitratreduktazy i nakoplenie nitratov v organah rastenij redki maslichnoj, *Agrohimiya*, 2005, no 7, Pp. 14-19.
5. Romancevich, D.I., Sasterov, A.S., Radchenko, N.V. (2019) Vliyanie srokov vneseniya i form azotnyh udobrenij na semennuyu produktivnost redki maslichnoj, *Vestn BGSKHA nauch metod zhurn*, 2019, no 1, Pp. 126-130.
6. Vorobejkov, G.A., Careno, V.P., Lunina, N.F. (2014) Polevye i vegetacionnye issledovaniya po agrohimii i fitofiziologii, ucheb posobie. – SPb.: Prospekt Nauki, 2014, 144 pp.
7. Vorobejkov, G.A., Bredihin, V.N., Pavlova, T.K. i dr. (2015) Uchebnaya polevaya praktika po fiziologii rastenij Uchebnoe posobie dlya studentov biologicheskikh specialnostej, pod redakciej professora G.A. Vorobejkova. – SPb: Izd vo RGPU im A.I. Gercena, 2015, 128 p.
8. Bankin, M.P. Bankina, T.A. Korobejnikova, L.P. (2005) Fiziko himicheskie metody v agrohimii i biologii pochv, SPb: Izd vo S Peterb un-ta, 2005, 177 p.
9. Lebedev, V.N., Vorobejkov, G.A., Uraev, G.A. (2017) Povyshenie produktivnosti rastenij semejstva kapustnyh (*Brassicaceae* Burnett.) pri inokulyacii semyan bakterialnymi preparatami na osnove associativnyh shtammov, *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2017, no 5, Pp. 41-45.
10. Tretyakov, N.N., Kostyukovich, M.F. (2007) Opredelenie urovnya nitratnogo azota v produkcii rastenievodstva – M: B.i., 2007, 22 p.

**Сведения об авторах**

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

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

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

**Information about the authors**

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

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

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

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

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

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

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

*Статья поступила в редакцию 01.07.2021; одобрена после рецензирования 15.07.2021; принята к публикации 23.08.2021*

*The article was submitted 01.07.2021; approved after reviewing 15.07.2021; accepted after publication 23.08.2021*

Научная статья  
УДК 631.422  
doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-47-57

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ХОЗЯЙСТВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Сергей Николаевич Малашин<sup>1</sup>, Вячеслав Иванович Саморуков<sup>2</sup>, Дмитрий  
Вячеславович Саморуков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; malashin831@rambler.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-8611-365X>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; dpo@ama.spbgau.ru;  
<http://orcid.org/0000-0001-9152-953X>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая,  
29, Санкт-Петербург, 195251, Россия; samorukov93@mail.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-7894-4955>

**Реферат.** Проблема системного прогнозирования в рамках конкретных территориальных угодий сельхозпроизводителей актуальна для современной науки и практики. В статье рассматриваются возможности использования инструментов системно-ситуативного моделирования для прогнозирования динамики процессов в аграрном секторе на основе проектного подхода.

В применяемой нами системно-ситуативной модели управления и обеспечения качества одним из его базовых элементов выступает «ситуация» в единстве трех групп структурных составляющих: конкретной задачи, условий и субъекта ее выполнения. Под ситуацией авторы понимают «наименьшую, неделимую системно-организованную часть деятельности, в которой проявляются все ее основные элементы в целостной непосредственной связи и взаимодействии» [1, 2].

На базе хозяйств Волосовского района Ленинградской области было обследовано 59473,12 га, из них: 44437,88 га – пашни, 2971,42 га – сенокосы, 12007,15 га – пастбища и 56,69 га – многолетние насаждения.

Анализ состояния количественных и качественных показателей агрохимического обследования почв выявил их неоднородность по хозяйствам Волосовского района Ленинградской области для всех оцениваемых индексов.

Установлены обменная кислотность, содержание подвижного фосфора и обменного калия, а также органического вещества в почвах испытываемых хозяйств.

Модификация исходного метода последовательной динамической оценки, предложенная в данной работе, может быть рекомендована для практического использования для реализации программы развития АПК на региональном уровне применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям с целью повышения плодородия почв, качества и урожайности сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** агрохимическое обследование, методы исследования, оценка качества, плодородие почв, системно-ситуативное моделирование, процессный подход, проектный подход

**Цитирование.** Малашин С.Н., Саморуков В.И., Саморуков Д.В. Оценка качества плодородия почв сельскохозяйственных угодий хозяйств Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3(64). – С. 47-57. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-47-57

## THE CONDITION OF A METABOLISM AND NATURAL RESISTENCY IN AN ORGANISM OF PIGS

**Sergey N. Malashin<sup>1</sup>, Vyacheslav I. Samorukov<sup>2</sup>, Dmitry V. Samorukov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; malashin831@rambler.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8611-365X>

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; dpo@ama.spbgau.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9152-953X>

<sup>3</sup>Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya st., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia; samorukov93@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7894-4955>

**Abstract.** The problem of system forecasting within the framework of specific territorial lands of agricultural producers is relevant for modern science and practice. The article considers the possibilities of using system-situational modeling tools to predict the dynamics of processes in the agricultural sector based on the project approach.

In the system-situational model of management and quality assurance used by us, one of its basic elements is the "situation" in the unity of three groups of structural components: a specific task, conditions and the subject of its implementation. The authors understand the situation as "the smallest, indivisible systemically organized part of the activity, in which all its main elements are manifested in a holistic direct connection and interaction" [1, 2].

59 473.12 hectares were surveyed on the basis of farms of the Volosovsky district of the Leningrad region, of which: 44 437.88 hectares of arable land, 2 971.42 hectares of hayfields, 12 007.15 hectares of pastures and 56.69 hectares of perennial plantings.

The analysis of the state of quantitative and qualitative indicators of agrochemical soil survey revealed their heterogeneity in the farms of the Volosovsky district of the Leningrad region for all the evaluated indices.

The exchange acidity, the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium, as well as organic matter in the soils of the tested farms were established.

The modification of the initial method of sequential dynamic assessment proposed in this paper can be recommended for practical use for the implementation of the program for the development of agriculture at the regional level in relation to specific soil and climatic conditions in order to increase soil fertility, quality and yield of agricultural crops.

**Keywords:** *agrochemical survey, research methods, quality assessment, soil fertility, system-situational modeling, process approach, project approach*

**Citation.** Malashin S.N., Samorukov V.I., Samorukov D.V. (2021), "Assessment of the quality of soil fertility of agricultural lands of farms of the Leningrad region ", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3 pp. 47-57. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-47-57

**Введение.** Сегодня проблема оценки качества плодородия почв сельскохозяйственных угодий на базе современных моделей и методов анализа агрохимических показателей очень актуальна. Данные модели и методы, используемые для прогнозирования динамики сельскохозяйственных процессов, основаны на количественной информации и реализуются в рамках статистического контроля качества. С одной стороны, только сплошное агрохимическое обследование сельскохозяйственных угодий позволяет получать

объективные данные об изменении плодородия почвы всего региона и составлять расчеты на дальнейшее его развитие, с другой – реальные динамические процессы, происходящие в сельском хозяйстве, представлены конкретными условиями хозяйствования, для которых эти требования редко выполнимы из-за большой неопределенности факторов, от которых зависит их динамика.

В отечественных и зарубежных исследованиях, проведенных за последние годы по вопросам агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий, а также в результатах работ государственных центров и станций агрохимической службы, отмечается, что существенный ряд вопросов методического характера требует дальнейшей научной проработки, прежде всего, на региональном уровне применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Внедрение интенсивных технологий требует создания необходимых условий для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе повышения плодородия почв сельскохозяйственных угодий при выполнении комплекса агрохимических, культурно-технических, агромелиоративных, экологотоксикологических и организационных мероприятий; обеспечения производства сельскохозяйственной продукции, отвечающей санитарным нормам; снижения уровня загрязненности почвы, поверхностных и подземных вод; рационального и экологически безопасного применения средств химизации в сельском хозяйстве [3, 4].

В последние десятилетия активно развиваются новые направления в совершенствовании методик оценки и контроля качества продукции на основе методов и моделей искусственного интеллекта, бережливого производства, использования нечетких информационных моделей экономических систем, методологии последовательной динамической оценки деятельности и др. Развитие этой тенденции в отношении «конкретной ситуации – как системной единицы анализа» привело к созданию прагматических моделей, которые основаны на системном, процессном и проектном подходах [5, 6].

Таким образом, проблема системного прогнозирования в рамках конкретных территориальных угодий сельхозпроизводителей актуальна для современной науки и практики. В ходе исследования применены ранее разрабатываемые нами инструменты системно-ситуативного моделирования контроля качества для прогнозирования динамики процессов в аграрном секторе на основе проектного подхода [7, 8].

**Цель исследования** состояла в оценке качества плодородия почв сельскохозяйственных угодий, основанных на современных моделях и методах количественного и качественного анализа агрохимических показателей.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Ленинградская область находится в умеренных широтах северного полушария, в лесной зоне, на стыке подзон тайги и смешанных лесов и характеризуется атлантико-континентальным климатом:

- преимущественно отмечаются зимы с частыми оттепелями и умеренно-теплое лето;
- суммарная солнечная радиация составляет в среднем 77 Ккал/кв. см в год;
- среднегодовая сумма температур варьируется в пределах 1400-1900 градусов

**Цельсия;**

– зона достаточного увлажнения (550-650 мм в год), с наибольшим выпадением количества осадков летом и осенью;

– почвы подзолистого и подзолисто-глеевого типа; болотного типа – от торфинистых до торфяно-болотных; дерново-карбонатные, в поймах рек встречаются дерново-аллювиальные [9].

Исследования проводились на базе хозяйств Волосовского района Ленинградской области. Всего обследовано 59 473,12 га, из них: 44437,88 га – пашни, 2971,42 га – сенокосы, 12007,15 га – пастбища и 56,69 га – многолетние насаждения (рис. 1).

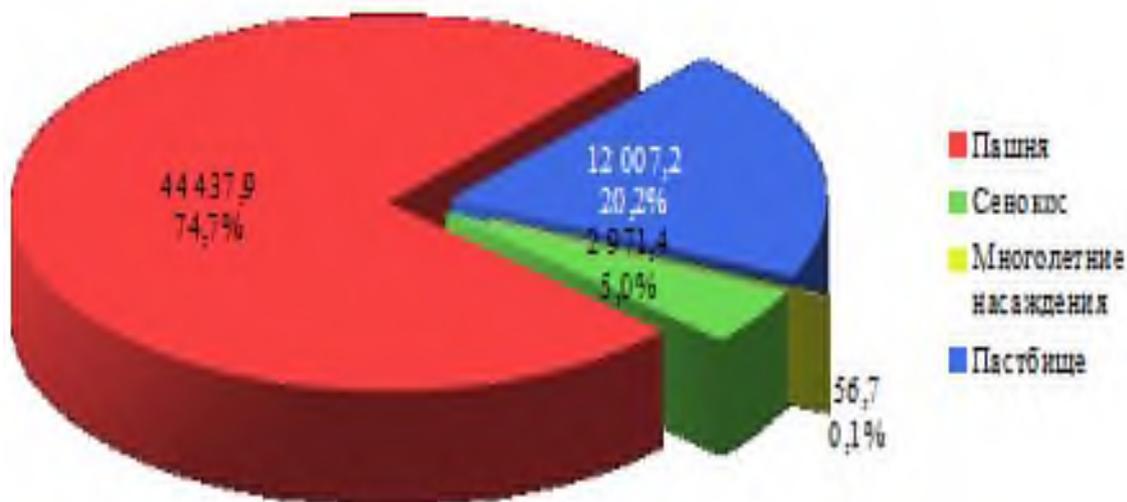


Рисунок 1. Структура сельскохозяйственных угодий  
 Figure 1. Structure of agricultural land

С площади сельскохозяйственных угодий отобрано 9384 объединенных почвенных образца. Отбор объединенных почвенных проб проводился по элементарным участкам тростевым буром на глубину гумусового (пахотного) горизонта. С каждого элементарного участка отбиралась одна объединенная проба почвы. Каждую объединённую пробу почвы составляли из точечных проб, равномерно отобранных на элементарном участке по маршрутному ходу. Маршрутный ход прокладывался по середине каждого элементарного участка вдоль удлинённой стороны. Каждая объединенная проба составлялась из 40 точечных проб.

При отборе почв использовали GPS-навигатор Garmin GPSMAP 78s, данные обрабатывались с программным обеспечением BaseCamp.

Для обеспечения сбора и анализа аналитических данных были использованы:

- 1) автоматизированная аналитическая система для определения химического состава почв (фосфор и калий) в вытяжках из почв по методу А. Т. Кирсанова (ГОСТ 26207—91);
- 2) автоматизированная аналитическая система ПИАК для определения в почвенных пробах рН, гидролитической кислотности, хлор-, фтор-, кальций и других ионов;
- 3) оборудование для измерения массовой концентрации подвижных минеральных форм фосфора и калия в углеаммонийной вытяжке из почв по методу Б. П. Мачигина (ГОСТ 26205-91);
- 4) атомно-абсорбционный спектрометр «Спектр-5-4» для определения тяжёлых металлов;
- 5) почвенный склад и оборудование для пробоподготовки.

Для создания, редактирования, визуализации и анализа картографического материала использовали свободно распространяемую кроссплатформенную геоинформационную систему Qgis.

#### Результаты исследований.

Картограмма кислотности почв Волосовского района Ленинградской области представлена на рисунке 2.

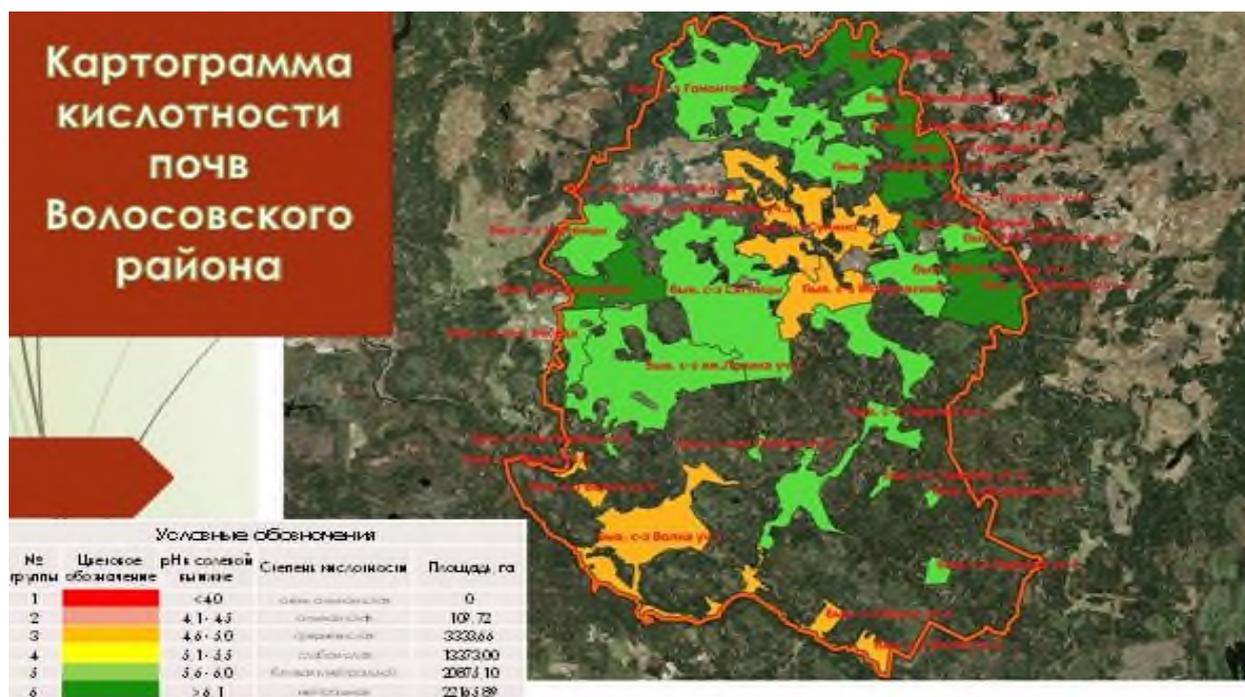


Рисунок 2. Картограмма кислотности почв  
 Figure 2. Cartogram of soil acidity

Полученные данные свидетельствуют, что:

- 109,7 га (0,2%) почв с/х угодий имеют сильнокислую реакцию почвенной среды (pH до 4,1-4,5);
- 3,6 тыс. га (6%) обследованной территории относится к среднекислым почвам;
- слабокислую реакцию (pH 5,1-5,5) имеют почвы на площади 14,3 тыс. га (24,1%);
- максимальное количество почв сельскохозяйственных угодий имеет близкую к нейтральной (pH 5,6-6) и нейтральную (pH > 6,0) реакцию среды – 20,5 тыс. га (34,4%) и 21 тыс. га (35,3%) соответственно (рис. 3).

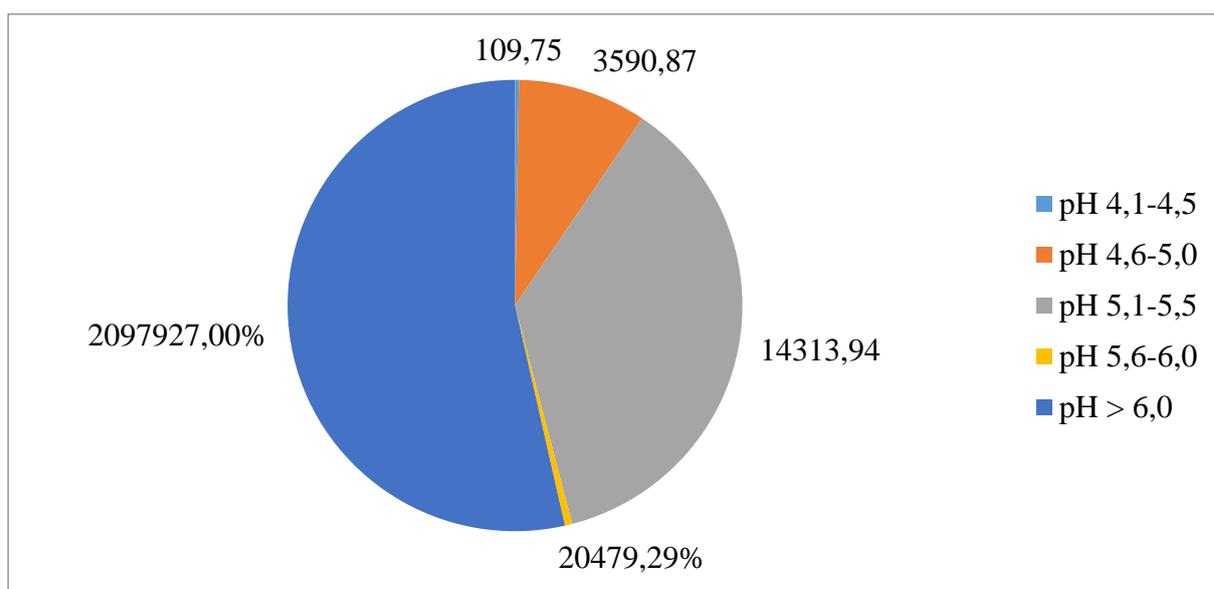


Рисунок 3. Кислотность почв  
 Figure 3. Soil acidity

В таблице 1 представлена кислотность почв по видам сельскохозяйственных угодий.

Таблица 1. Кислотность почв по видам угодий  
 Table 1. Soil acidity by type of land

Степень кислотности	рН солевой вытяжки	Площадь по угодьям								ИТОГО
		пашня		пастбище		сенокос		многолетние насаждения		
		га	%	га	%	га	%	га	%	
Очень сильнокислые	< 4,0	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Сильнокислые	4,1-4,5	73,9	13,8	30,9	0,1	5	0,02			109,7
Среднекислые	4,6-5,0	2905,2	51,6	512,7	2,4	77,5	0,4			3590,9
Слабокислые	5,1-5,5	10847,5	71,3	3168,7	15,1	393,2	1,9			14313,9
Близкие к нейтральным	5,6-6,0	14992,1	74,2	4248,3	20,2	1188,4	5,7			20479,3
Нейтральные	> 6,0	15606,3	74,2	4046,5	19,2	1320,4	6,3	56,7	0,1	20979,3
ИТОГО										59473,1

Почвы с очень сильнокислой реакцией среды среди обследованных обнаружены не были. Значительная часть почвенного покрова Волосовского района представлена дерново-карбонатными почвами, характеризующимися нейтральной реакцией почвенного раствора. Следовательно, для понимания динамики изменения кислотности почв необходима более детальная работа с использованием материалов предыдущих этапов агрохимического обследования [10, 11].

Площадь обследованных земель, характеризующихся содержанием подвижного фосфора, составляет:

- очень высокое – 13,1 тыс. га (21,9%);
- высокое – 26,6 тыс. га (44,7%);
- повышенное – 12,7 тыс. га (21,4%);
- среднее – 5,6 тыс. га (9,4%);
- низкое – 1,4 тыс. га (2,3%);
- очень низкое – 122,4 га (0,2%) (рис. 4).

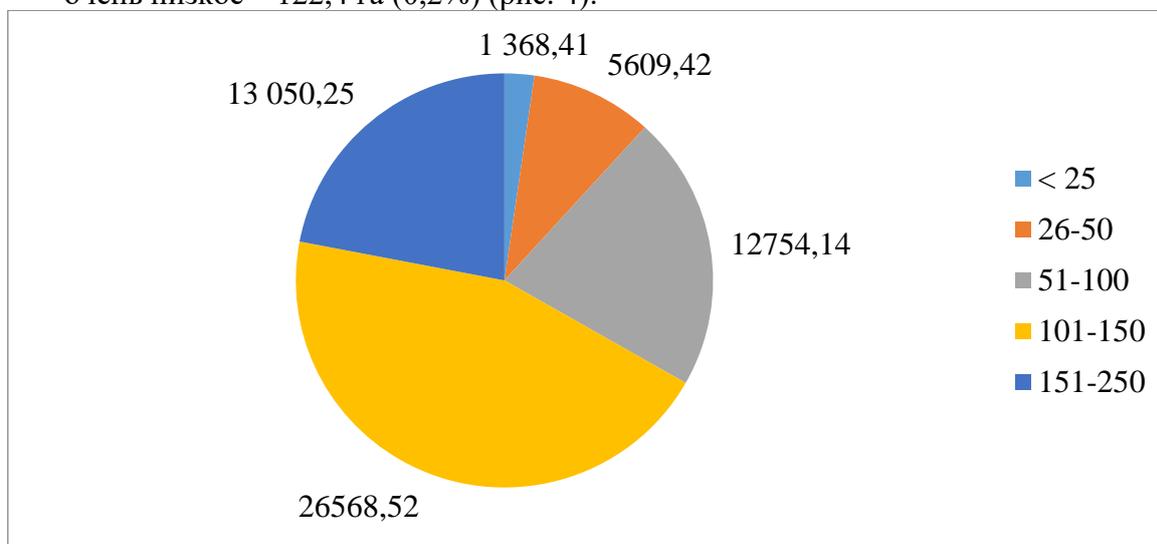


Рисунок 4. Содержание подвижных форм фосфора в почвах  
 Figure 4. The content of mobile forms of phosphorus in soils

В таблице 2 представлено содержание подвижных форм фосфора в почвах хозяйств Волосовского района по видам сельскохозяйственных угодий.

Таблица 2. Содержание  $P_2O_5$  в почвах по видам угодий  
 Table 2. The content of  $P_2O_5$  in soils by type of land

Содержание $P_2O_5$ , мг/кг		Площадь по угодьям								ИТОГО
		пашня		пастбище		сенокос		многолетние насаждения		
		га	%	га	%	га	%	га	%	
Очень низкое	< 25	105,8	0,2	–	–	16,6	0,03	–	–	122,4
Низкое	26-50	952,1	1,6	279,3	0,5	137	0,2	–	–	1368,4
Среднее	51-100	3940,5	6,6	1243	2,1	425,9	0,7	–	–	5609,4
Повышенное	101-150	9019,3	15,2	2591,9	4,4	1086,2	1,8	–	–	12754,1
Высокое	151-250	19531,1	32,8	6053,8	10,2	983,6	1,7	–	–	26568,5
Очень высокое	> 250	10767,4	18,1	1947,7	3,3	335,1	0,6	–	–	13050,3
ИТОГО										59473,1

Процент почв по содержанию обменного калия составляет:

- очень высокое содержание – 4,3 тыс. га (7,2%);
- высокое – 17,5 тыс. га (29,4%);
- повышенное – 20,9 тыс. га (35,1%);
- среднее – 13,9 тыс. га (23,4%),
- низкое – 2,9 тыс. га (4,8%);
- очень низкое – 50,6 га (0,1%) (рис. 5).

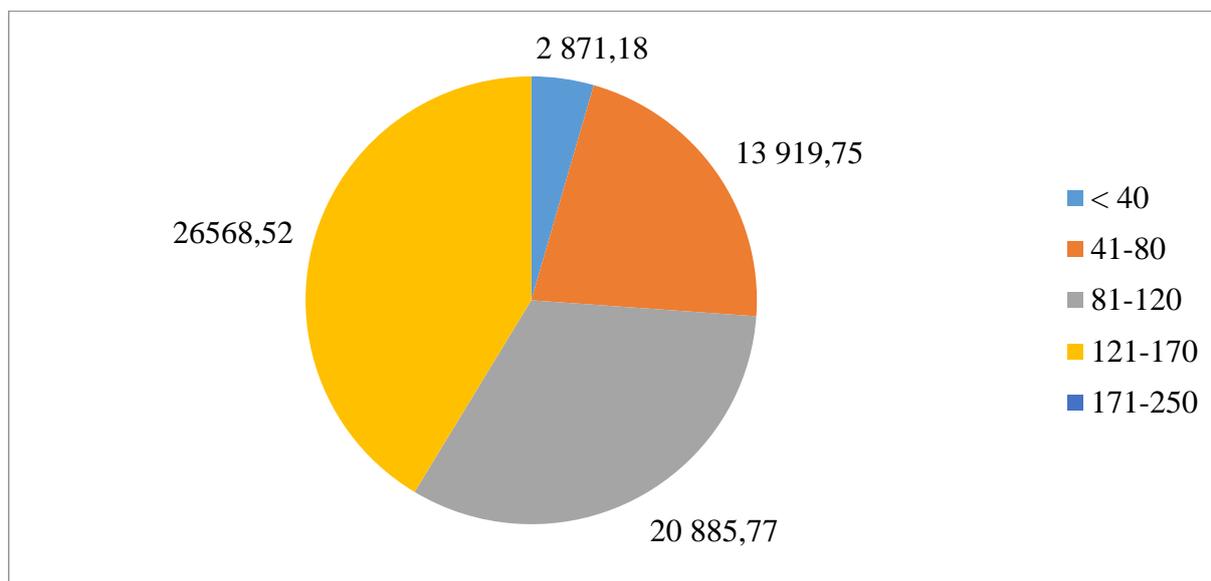


Рисунок 5. Содержание обменного калия в почвах  
 Figure 5. The content of exchangeable potassium in soils

Содержание обменного калия в почвах хозяйств Волосовского района по видам сельскохозяйственных угодий представлено в таблице 3.

Таблица 3. Содержание  $K_2O$  в почвах по видам угодий  
 Table 3. The content of  $K_2O$  in soils by type of land

Содержание $K_2O$ , мг/кг		Площадь по угодьям								ИТОГО
		пашня		пастбище		сенокос		многолетние насаждения		
		га	%	га	%	га	%	га	%	
Очень низкое	< 40	50,6	0,1	-	-	-	-	-	-	50,6
Низкое	41-80	2296,6	3,9	482	0,8	92,6	0,2	-	-	2871,2
Среднее	81,120	11839,5	19,9	1564,4	2,6	459,2	0,8	56,7	0,1	13919,8
Повышенное	121-170	15186,4	25,5	4668,7	7,9	1030,6	1,7	-	-	20885,8
Высокое	171-250	12241,2	20,6	4331	7,3	882,2	1,5	-	-	17454,4
Очень высокое	> 250	2823,6	4,7	961	1,6	506,8	0,9	-	-	4291,4
ИТОГО										59473,1

Почвы с очень низкой обеспеченностью органическим веществом среди обследованных обнаружены не были:

- площадь земель с очень высоким содержанием гумуса – 523,1 га (0,9%);
- с высоким содержанием гумуса — 553,1 га (0,9%);
- повышенная гумусированность – 2,6 тыс. га (4,4%);
- с низкой обеспеченностью – 21,4 тыс. га (39,6%) (рис. 6).

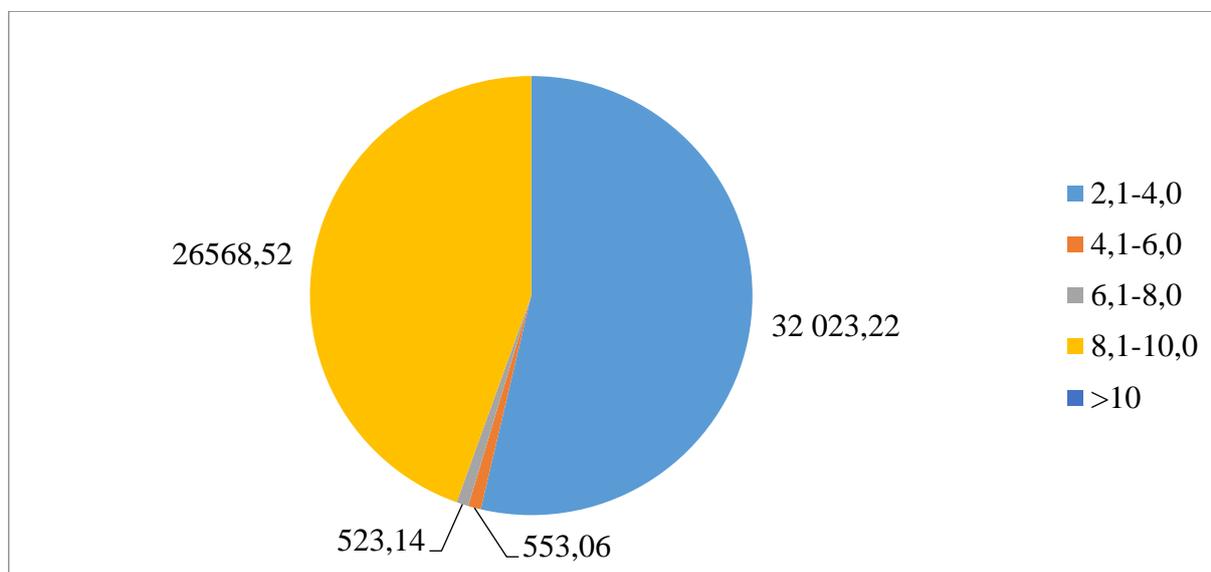


Рисунок 6. Содержание обменного гумуса в почвах  
 Figure 6. The content of humus in soils

Содержание гумуса в почвах хозяйств Волосовского района по видам сельскохозяйственных угодий представлено в таблице 4.

Таблица 4. Содержание гумуса в почвах по видам угодий  
 Table 4. The content of humus in soils by type of land

Обеспеченность	Содержание гумуса, %	Площадь по угодьям								ИТОГО	
		пашня		пастбище		сенокос		многолетние насаждения			
		га	%	га	%	га	%	га	%		
Очень низкая	< 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Низкая	2,1-4,0	18977,1	32,1	4172,8	7,1	219,9	0,4	56,7	0,1	23426,5	
Средняя	4,1-6,0	23802,5	40,3	7169,5	12,1	1051,2	1,8	-	-	32023,2	
Повышенная	6,1-8,0	1432	2,4	371,7	0,6	769,8	1,3	-	-	2573,4	
Высокая	8,1-10,0	184	0,3	170,2	0,3	198,9	0,3	-	-	553,1	
Очень высокая	> 10	10,7	0,02	91,2	0,1	421,3	0,7	-	-	523,1	
										59099,3	

**Выводы.** Модифицированная системно-ситуативная модель оценки качества плодородия почв, использованная в данной работе, может быть рекомендована для практического использования при реализации программы развития АПК на региональном уровне применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям [12].

Результаты агрохимического обследования почв хозяйств Волосовского района Ленинградской области свидетельствуют о необходимости проведения культуртехнических и мелиоративных работ, агротехнических мероприятий по повышению плодородия сельскохозяйственных угодий [13].

На слабокультуренных почвах с кислотностью почвы, даже начиная от слабокислой реакции среды, требуется внесение доломитовой муки в несколько этапов.

По всем элементам питания наблюдается отрицательный баланс. Для поддержания плодородия и восполнения макроэлементов необходимо внесение повышенных доз органических и минеральных удобрений. Наиболее эффективно компенсировать недостающее количество NPK в почву при помощи минеральных удобрений, в частности комбинированных. Так как наиболее отрицательный баланс наблюдается по азоту (-54 кг/га), то необходимо подбирать соотношение NPK в удобрении таким образом, чтобы большая часть приходилась на азот. Среди таких удобрений хорошо подойдут: карбоаммофоска 2:1:1; азофоска 2:1:1; нитроаммофоска 2:1,5:1,5. Также возможно применение сложных удобрений, содержащих в своем составе только азот и фосфор. Но такие удобрения необходимо использовать исключительно вместе с внесением в почву дозы калийных удобрений.

Применение инновационных подходов в агропромышленном комплексе требуют мер по развитию человеческого капитала в условиях цифровой экономики [14].

#### Список источников литературы

1. Шведин Б.Я. Онтология предприятия: экспириентологический подход: Технология построения онтологической модели предприятия. – М.: Ленанд, 2010. – 234 с.
2. Moroz M.T., Samorukov V.I. Optimization of feeding conditions for dairy goats in order to increase their productivity. – IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – 613(1). – 012085.
3. Федеральный закон от 16.07.98 № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru> (дата обращения: 05.05.2021).

4. Божук С.Г., Евдокимов К.В., Плетнева Н.А., Саморуков В.И. Экологический маркетинг: учеб. пособие для слушателей дополнительных профессиональных программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации. - СПб.: СПбГАУ, 2018. - 140 с.
5. Parfenova, V.E., Bulgakova, G.G., Amagaeva, Y.G., Evdokimov, K.V., Samorukov, V.I. Forecasting models of agricultural process based on fuzzy time series. – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 986(1). – 012013.
6. Klochkova E., Evdokimov K., Klochkov Yu., Samorukov V. Methodology for reducing risk of underperformance of personnel functions. IOP Conference Series: Engineering for Rural Development 17th International Scientific Conference. – 2018. – pp. 1213-1222.
7. Inskiy R.K., Kovalishyn S., Sirotenko O.D. Crop modeling: advances and problems// Agronomy Journal. – 2001. – Т. 93. – № 3. – pp.. 650-653.
8. Affholder F., Tittonell P., Corbeels M., Roux S., Motisi N., Tixier P., Wery J. Ad Hoc Modeling in Agronomy: what have we learned in the last 15 years?// Agronomy Journal. – 2012. – Т. 104. – № 3. – pp. 735-748.
9. Малашин С.Н. Влияние ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на продуктивность овсяницы красной на Северо-Западе РФ: дис... на соиск. уч. степ. канд. с.-х.наук. – СПб-Пушкин, 2009. – 101 с.
10. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. – СПб: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2005. – 252 с.
11. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Известкование почв (Результаты 50-летних полевых опытов). – СПб: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. – 254 с.
12. Agronomic Crops. Volume 2: Management / Edited by Mirza Hasanuzzaman. 2019. (doi:10.1007/978-981-32-9783-8).
13. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации: методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.08.2021).
14. Иванов Д.Ю., Суслов Е.Ю., Евдокимов К.В., Саморуков В.И. Развитие человеческого капитала в условиях цифровой экономики // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2020. – № 1 (80). – С. 85 – 93.

### References

1. Shvedin, B.Ya. (2007), *Ontologiya predpriyatiya: eksperyentologicheskij podkhod: Tekhnologiya postroyeniya ontologicheskoy modeli predpriyatiya* [Ontology of the enterprise: an experimental approach: Technology for constructing an ontological model of the enterprise], Lenand, Moscow, Russia.
2. Moroz, M.T., Samorukov, V.I. Optimization of feeding conditions for dairy goats in order to increase their productivity// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 613(1), 012085.
3. [Electronic resource]: URL: <https://www.garant.ru> (accessed: 05.05.2021).
4. Bozhuk, S.G., Evdokimov, K.V., Pletneva, N.A., Samorukov, V.I. (2018) *Ekologicheskij marketing* [Environmental marketing], St. Petersburg, Russia.
5. Parfenova, V.E., Bulgakova, G.G., Amagaeva, Y.G., Evdokimov, K.V., Samorukov, V.I. Forecasting models of agricultural process based on fuzzy time series// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 986(1), 012013.
6. Klochkova, E., Evdokimov, K., Klochkov, Yu., Samorukov, V. Methodology for reducing risk of underperformance of personnel functions// IOP Conference Series: Engineering for Rural Development 17th International Scientific Conference, 2018, pp. 1213-1222.
7. Inskiy, R.K., Kovalishyn S., Sirotenko, O.D. Crop modeling: advances and problems// Agronomy Journal. 2001. Т. 93. № 3. pp.. 650-653.
8. Affholder, F., Tittonell, P., Corbeels, M., Roux, S., Motisi, N., Tixier, P., Wery, J. (2012) Ad Hoc Modeling in Agronomy: what have we learned in the last 15 years?, *Agronomy Journal*, vol. 104, no. 3, pp. 735-748. (doi: 10.2134/agronj2011.0376).
9. Malashin, S.N. (2009), Influence of associative nitrogen-fixing microorganisms on the productivity of red fescue in the North-West of the Russian Federation. Ph.D: Thesis, SPbGAU, SPb.-Pushkin. (In Russia).

10. Nebolsin, A.N., Nebolsina, Z.P. (2005), *Teoreticheskiye osnovy izvestkovaniya pochv* [Theoretical foundations of soil liming], GNU LNIISKH of the Russian Agricultural Academy, St. Petersburg, Russia.
11. Nebolsin, A.N., Nebolsina, Z.P. (2010), *Izvestkovaniye pochv (Rezultaty 50-letnikh polevykh opytov)* [Liming of soils (Results of 50-year field experiments)], GNU LNIISKH of the Russian Agricultural Academy, St. Petersburg, Russia.
12. Management (2019), *Agronomic Crops*, vol 2, Edited by Mirza Hasanuzzaman (doi:10.1007/978-981-32-9783-8).
13. [Electronic resource]: URL: <https://docs.cntd.ru> (accessed: 05.08.2021).-
14. Ivanov, D.Yu., Suslov, E.Yu., Evdokimov, K.V., Samorukov, V.I. (2020), Development of human capital in the digital economy, *Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, no. 1 (80), pp. 85-93. (In Russ.).

#### Сведения об авторах

**Малашин Сергей Николаевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Академия менеджмента и агробизнеса, spin-код: 2276-6187.

**Саморуков Вячеслав Иванович** – кандидат педагогических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Академия менеджмента и агробизнеса, spin-код: 4119-1264.

**Саморуков Дмитрий Вячеславович** – соискатель, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», spin-код: 7280-2882.

#### Information about the authors

**Sergey N. Malashin** – Candidate of agricultural sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», Academy of Management and Agribusiness, spin-code: 2276-6187.

**Vyacheslav I. Samorukov** - Candidate of pedagogical sciences, associate professor, «St. Petersburg State Agrarian University», Academy of Management and Agribusiness, spin-code: 4119-1264.

**Dmitry V. Samorukov** - applicant, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", spin-code: 7280-2882.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

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

Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**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 23.08.2021 г.; одобрена после рецензирования 04.10.2021 г.; принята к публикации 04.10.2021 г.*

*The article was submitted 23.08.2021; approved after reviewing 04.10.2021; accepted after publication 04.10.2021.*

Научная работа

УДК 631.4:630.160.2

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-58-65

## БАЛАНС УГЛЕРОДА И СПОСОБ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ В ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО - ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Гасан Никуевич Гасанов<sup>1</sup>, Татьяна Азимовна Асварова<sup>2</sup>, Рашид Раdifович Баширов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, e-mail: nikuevich@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

<sup>2</sup> Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, e-mail: tatacvar@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-5285-9250>

<sup>3</sup> Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, e-mail: pakduik@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-6331-2592>

367000, Российская Федерация, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 45

**Реферат.** Объектами исследований являются почвы и растительные ассоциации Терско-Кумской низменности – дельтово-аллювиальной равнины Северо-Западной части Прикаспия. Высотные отметки – от минус 28 м в береговой зоне до плюс 100 м в континентальной части. Уровень залегания грунтовых вод – 0,2-1,5 м. Растительность степная галофитная, коэффициент увлажнения 0,3-0,5 с частой повторяемостью засух, суховеев и пыльных бурь. Исследования проводили на Кочубейской биосферной станции Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН. Цель исследований – определение биогеохимических потоков углерода в различных растительных ассоциациях и типах почв, разработка способа улучшения его баланса в травяных экосистемах Терско-Кумской низменности. Наиболее продуктивной в условиях полупустыни является злаково-солянковая растительная ассоциация на светло-каштановой почве, где чистой первичной продукции (NPP) получено 55,45 ц/га. Вторую и третью позиции с показателями, уступающими лучшей по продуктивности ассоциации, соответственно, на 30,0 и 43,5%, являются эфемероидно-полынно-злаковая ассоциация на светло-каштановой почве и эфемероидно-полынно-злаковая на солончаке реградированном. На шести типах деградированных засоленных почв и под всеми восемью растительными ассоциациями складывается положительный баланс C-CO<sub>2</sub> с преобладанием стока над эмиссией от 0,04 ц/га на солончаке корковом, до 5,21 ц/га под злаково-солянковой ассоциацией на светло-каштановой почве. Существенным резервом улучшения углеродного баланса в солончаках корковых является их эолово-аккумулятивная мелиорация, способствующая созданию на их поверхности в течение 7-8 лет гумусового горизонта. Он обеспечивает сток более 2,5 ц/га C-CO<sub>2</sub> в год.

**Ключевые слова:** тип почвы, растительные ассоциации, чистая первичная продукция, гетеротрофное дыхание, сток углерода, эмиссия углерода, баланс углерода

**Цитирование.** Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Баширов Р.Р. Баланс углерода и способ его улучшения в полупустынных ландшафтах Северо-Западного Прикаспия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3(64). – С. 58-65. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-58-65

## CARBON BALANCE AND A WAY TO IMPROVE IT IN THE SEMI-DESERT LANDSCAPES OF THE NORTH-WESTERN PRECASPIAN

Gasan N. Gasanov<sup>1</sup>, Tatyana A. Asvarova<sup>2</sup>,  
Rashid R. Bashirov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, e-mail: nikuevich@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

<sup>2</sup>Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, e-mail: tatacvar@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5285-9250>

<sup>3</sup>Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, e-mail: pakduik@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6331-2592>  
367000, Russian Federation, Dagestan, Makhachkala, M. Gadzhieva, 45

**Abstract.** The objects of research are the soils and plant associations of the Terek-Kuma lowland-the delta-alluvial plain the Northwestern part of the Precaspian. Elevations range from minus 28 m in the coastal zone to plus 100 m in the continental part. The level of groundwater occurrence is 0.2-1.5 m. The vegetation is steppe halophytic, the moisture coefficient is 0.3-0.5 with frequent repetition of droughts, dry winds and dust storms. The research was carried out at the Kochubey Biosphere Station of the Precaspian Institute of Biological Resources of the Russian Academy of Sciences. The purpose of the research is to determine the biogeochemical carbon fluxes in various plant associations and soil types, to develop a way to improve its balance in the grass ecosystems of the Terek-Kuma lowland. The most productive in semi-desert conditions is the Cereal-saltwort plant association on light chestnut soil, where 55.45 c/ha of net primary production (NPP) was obtained. The second and third positions with indicators that are inferior to the best productivity of the association by 30.0 and 43.5%, respectively, are the ephemeroïd-wormwood-cereal association on light chestnut soil and ephemeroïd-wormwood-cereal association on a saline regraded. On six types of degraded saline soils and under all eight plant associations, a positive balance of C-CO<sub>2</sub> is formed with a predominance of runoff over emission from 0.04 c/ha on the saline cortical, to 5.21 c/ha under the cereal- saltwort association on light chestnut soil. A significant reserve for improving the carbon balance in saline cortical is aeolian-accumulative reclamation, which creates a humus horizon on their surface for 7-8 years by a natural – anthropogenic method, 5-7 cm thick and providing more than 2.5 c / ha of C-CO<sub>2</sub> runoff per year. An essential reserve for improving the carbon balance in saline cortical is their aeolian - accumulative reclamation, which contributes to the creation of a humus horizon on their surface for 7-8 years. It provides a flow of more than 2.5 c/ha of C-CO<sub>2</sub> per year.

**Keywords:** soil type, plant associations, net primary production, heterotrophic respiration, carbon runoff, carbon emission, carbon balance

**Citation.** Gasanov G.N., Asvarova T.A., Bashirov R.R. (2021) "Carbon balance and a way to improve it in the semi-desert landscapes of the North-Western precaspian", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 58-65. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-58-65

**Введение.** В геохимических циклах планеты в процессе фотосинтеза происходит аккумуляция солнечной энергии в виде химической энергии в органических соединениях углерода. Последняя является движущей силой всех биогеохимических процессов в природе [5]. Поэтому, чем благоприятнее экологические условия для формирования органической массы растениям, тем больше солнечной энергии они ассимилируют.

Однако усиливающееся из года в год антропогенное воздействие на природную среду приводит к деградации почвенно-растительного покрова и сокращению площади земель, занятой фитоценозом. Так, из общей площади пахотных земель мира 33% подвержены

деградации в сильной и средней степени, водная и ветровая эрозия отчуждает ежегодно 75 млрд т плодородной почвы [11]. Увеличивается ежегодный отвод земель под промышленное и гражданское строительство, дорожную сеть при одновременно увеличивающейся численности населения. Прирост населения мира за 2010–2015 гг. составил 84 млн. в год, общая численность его с 7,4 млрд в 2015 г., по прогнозам ООН, в 2030 г. увеличится до 8,7 млрд, что приведет к значительному сокращению удельной площади земель, приходящейся на душу населения [14]. Если в 1990 г. на одного человека планеты приходилось 0,26 га, то к 2030 г. прогнозируется 0,17 га [5]. Поэтому со всей остротой встает вопрос о восстановлении природного потенциала имеющихся деградированных почв.

Среди важнейших химических элементов, необходимых для формирования высокой продуктивности фитоценозов, ведущая роль принадлежит углероду. Хотя растения и не испытывают недостатка в нем, поскольку потребляют из атмосферы через листовой аппарат в процессе фотосинтеза, важное значение имеет оценка соотношения стока и эмиссии его из почвы, поскольку этим определяется концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере. Международные организации (Парижское соглашение) стремятся ограничить эмиссию C в атмосферу, который является одним из основных факторов создания парникового эффекта, настолько, чтобы к концу XXI века не допустить потепление климата на планете выше 2<sup>0</sup>C. Правительством Франции предложена программа «4 промилле», в соответствии с которой страны, подписавшие Соглашение, обязуются увеличить содержание органического углерода в почвах сельскохозяйственных угодий на 4% [5].

В свете вышеизложенного заслуживает самого серьезного внимания вопрос о вовлечении деградированных и засоленных почв в хозяйственный оборот. Так, в Северо-Западном Прикаспии из 1,53 млн. га пастбищных угодий более 236 тыс. га подвержены опустыниванию, 318 тыс. га заняты солончаками. Поэтому различные растительные ассоциации, сформировавшиеся на различных типах почв, имеют разные показатели по чистой первичной продукции, разное гетеротрофное дыхание, что обуславливают неодинаковый баланс углерода в них.

**Цель исследования** заключается в том, чтобы дать количественную оценку биогеохимических потоков углерода в различных растительных ассоциациях и типах почв, разработать способ улучшения баланса его в фитомассе солончака коркового травяных экосистемах Терско-Кумской низменности.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследований является Терско-Кумская низменность, которая занимает Северо-Западную часть Прикаспия и представлена слабонаклонной на север и северо-восток дельтово-аллювиальной равниной. Высотные отметки – от минус 28 м в береговой полосе до плюс 100 м в континентальной части низменности. Уровень залегания грунтовых вод – 0,2-1,5 м. Растительность степная галофитная, коэффициент увлажнения 0,3-0,5, часто повторяются засухи, суховеи и пыльные бури.

Исследования по накоплению растительного вещества и балансу C-CO<sub>2</sub> проводили в Кочубейской биосферной станции Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского исследовательского центра РАН (ПИБР ДФИЦ РАН). Растительные ассоциации и типы почв, на которых проводились исследования, приведены в таблице. Экспериментальные участки площадью по 100 м<sup>2</sup> были обнесены железной сеткой во избежание потрав фитомассы скотом. Каждый из участков разбит на 100 постоянных площадок площадью по 1 м<sup>2</sup> полиэтиленовым шпагатом. Образцы почвы и фитомассы брали по три раза в год. В первых декадах апреля, июля и сентября брались по восемь раз: в первой декаде каждого месяца с апреля по ноябрь включительно. Запасы надземного и подземного растительного вещества учитывались по методике А.А. Титляновой с соавторами [8-10]. Надземную массу определяли укосным методом, с выделением фракций: живая фитомасса, ветошь (мертвые части растений, не лишенные связи с растениями), войлок. Подземную массу определяли в эти же сроки на тех же учетных площадках после скашивания надземной массы до глубины 0,6 м методом монолита (10x10x10 см). Расчет продолжительности

вегетационного периода растений проводили по датам перехода среднесуточной температуры воздуха через  $\pm 0^{\circ}\text{C}$ . Оценку эмиссии, стока и баланса С-СО<sub>2</sub> проводили исходя из результатов исследований [1, 4, 7]. Достоверность различий между показателями продуктивности фитоценозов оценивались по Б.А. Доспехову [3].

**Результаты исследований.** Реабилитация солончаков Кизлярских пастбищ и повышение их продуктивности [2, 6] считают возможным только путем коренной мелиорации, то есть гидромелиорации с помощью промывок большим током воды с последующей фитомелиорацией – посевом солеустойчивых фитоценозов в течение 2-5 лет. Однако для проведения гидромелиоративных работ требуются большие финансовые затраты на строительство оросительной и коллекторно-дренажной сети. Кроме того, на этой территории нет водных ресурсов, необходимых для осуществления таких масштабных мелиораций.

Нами разработан новый способ мелиорации солончаков в данной зоне: эолово-аккумулятивный. Суть его заключается в том, что на территории низменности постоянно дуют ветры, постоянно меняющие свое направление: днем, когда раскаленный над полупустыней до 50-55<sup>0</sup> С воздух поднимается в верхние слои атмосферы, его место занимает более прохладный воздух со стороны Каспийского моря, вечером – наоборот. Воздушные массы переносят с собой в год 10-15 т/га илисто-песчаной массы с запасом семян дикорастущих растений (ИПМС), которая, встретив на своем пути препятствия в виде кустарника, кустарничка, группы растений или любого другого предмета (камня, частей скелета животных, остатков строительного материала, запасных частей машин), оседает вокруг них на поверхности солончака и образует бугры и бугорочки разных форм и размеров, которые в последующем зарастают растительностью.



Рисунок 1. Эолово-аккумулятивный горизонт (светлая прослойка, толщиной 5-7 см, под естественным фитоценозом) над солончаком корковым, весна 2019 г.

Figure 1. Aeolian-accumulative horizon (light layer, 5-7 cm thick, under natural phytocenosis) over the saline corticai, spring 2019

Разработанный нами способ предусматривает создание на поверхности солончака коркового механических препятствий из досок, горбыля, пластиковой панели на ножках (для последующего переноса на другое место), которые задерживают ИПМС, перемещающуюся по ее поверхности под влиянием атмосферных процессов. Базой для накопления такой массы (10-15 т/га) являются 355,6 тыс. га (23,2% территории) слабо закрепленных и развеивающихся песчаных массивов, барханов и песчаных гряд, имеющих нейтральную реакцию (рН – 7.0-7,2). Особенностью этой массы является то, что вместе с ней по степи перемещается значительное количество семян дикорастущих фитоценозов, которые, после выпадения осадков, прорастают и своими корнями могут защитить почву от выдувания и накопить в ней органическое

вещество. Только сформировавшийся фитоценоз надо защитить от потрав животными. За 8 лет наших исследований (2011–2018 гг.) на поверхности солончака коркового сформировался гумусовый горизонт, мощностью 5–7 см, содержащий 1,06% гумуса (рис.).

Наиболее продуктивной в условиях полупустыни является злаково-солянковая растительная ассоциация на светло-каштановой почве, где чистой первичной продукции (NPP) получено 55,45 ц/га (таблица).

Таблица. Чистая первичная продукция в блоках органической массы по растительным ассоциациям и типам почв Терско-Кумской низменности за 2011–2018 гг., ц/га воздушно-сухой массы

Table. Net primary production in organic mass blocks by plant associations and soil types of the Terek-Kuma lowland for 2011–2018, c/ha of air-dry mass

Растительная ассоциация, тип почвы*	Зеленая масса	Ветошь	Войлок	Всего надземной массы	Корни	Всего фитомассы
1	0,02	0,01	0,05	0,08	0,16	0,24
2	5,41	5,30	4,96	15,67	23,14	38,81
3	2,35	2,29	1,88	6,52	10,37	16,89
4	2,13	2,05	1,91	6,09	8,44	14,53
5	7,80	7,73	6,34	21,87	33,58	55,45
6	3,41	3,46	3,05	9,92	15,31	25,23
7	3,09	3,21	3,22	9,52	8,54	18,06
8	5,22	4,78	3,95	13,95	17,40	31,35
НСР <sub>05</sub>	0,43	0,29	0,53		1,22	

\*1. Солончак корковый, солянки единичные. 2. Эфемероидно-полынно-злаковая, светло-каштановая. 3. Злаково-полынная, лугово-каштановая. 4. Разнотравно-кострово-петросимониевая, солончак типичный. 5. Злаково-солянковая, светло-каштановая. 6. Полынно-солянковая, лугово-каштановая. 7. Разнотравно-солянковая, солончак типичный. 8. Эфемероидно-полынно-злаковая, солончак реградированный.

\*1. Saltwort single, saline cortical 2. Ephemeroïd-wormwood-cereal, light chestnut 3. Cereal-wormwood meadow-chestnut 4. Forb-campfire-petrosimonia, saline typical 5. Cereal-saltwort, light-chestnut 6. Wormwood-saltwort, meadow-chestnut 7. Forb-saltwort, saline typical 8. Ephemeroïd-wormwood-cereal, saline regraded.

Вторую и третью позиции с показателями, уступающими лучшей по продуктивности ассоциации, соответственно, на 30,0 и 43,5%, занимают эфемероидно-полынно-злаковая ассоциация на светло-каштановой почве и эфемероидно-полынно-злаковая на солончаке реградированном. Значительно уступают им ассоциации, сформировавшиеся на лугово-каштановой засоленной еще с поверхности почве, солончаках типичном и корковом в связи с повышением степени и химизма засоления почвы в сторону увеличения соотношения ионов Cl<sup>-</sup>: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> [12].

Чистая первичная продукция (NPP) в естественных фитоценозах одновременно является и экосистемной продукцией (NEP), поскольку вся она вовлечена в биогеохимический цикл химических элементов, тем более в условиях заповедного содержания, где вся произведенная продукция накапливалась на той же площадке, не отчуждая путем сенокошения или стравливания скотом. В расходной части углеродного баланса учитывалось микробное (гетеротрофное) дыхание почв (R<sub>h</sub>), которое можно рассчитать, пользуясь формулой L. Mukhortova с соавторами [13]:

$$R_h = NPP \times (\sum R_h : \sum NPP). \quad (1)$$

По подсчетам ученых [1, 4, 7], доля микробного дыхания в общей эмиссии CO<sub>2</sub> из почвы в степи составляет 51%, в лесу выше 83%. Для рассматриваемых нами условий больше подходит не более 51% гетеротрофного дыхания.

Баланс углерода в почвах определяется по формуле В.Н. Кудеярова [5]:

$$B = NPP - (\Pi + R_h), \quad (2)$$

где  $\Pi$  – расходная часть баланса углерода (содержание углерода в надземной массе без войлока и корневых остатков),

$$\Pi = NPP - NEP. \quad (3)$$

Полученные нами результаты показывают, что в естественном фитоценозе на всех типах почв и растительных ассоциациях складывается положительный баланс углерода, то есть, стока  $C-CO_2$ , преобладание над его эмиссией (рис. 2).

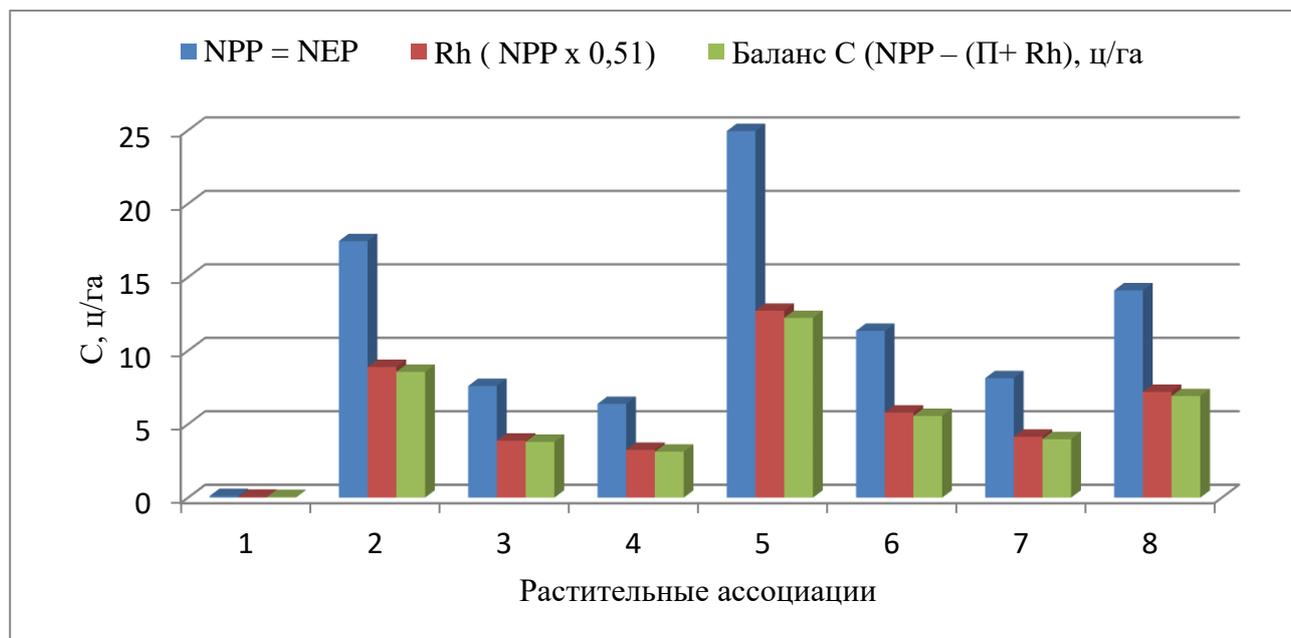


Рисунок 2. Баланс углерода в фитомассе растительных ассоциаций по типам почв Терско-Кумской низменности в среднем за 2014-2018 гг., C, ц/га

Примечание: растительные ассоциации указаны в таблице

Figure 2. Carbon balance in the phytomass of plant associations by soil types of the Terek-Kuma lowland on average for 2014-2018, C, c / ha.

Note: the plant associations are listed in the table

Важнейшим резервом улучшения углеродного баланса практически бесплодных солончаков корковых в аридных условиях Терско-Кумской низменности является реабилитация их по прилагаемому нами способу – золово-аккумулятивному, укрывая их «одеялом» из илисто-песчаных фракций с семенами дикорастущих фитоценозов, в последующем прорастающих и формирующих хорошо развитый фитоценоз, при условии защиты на первые 7-8 лет от потрав. Сток  $C-CO_2$  при этом несопоставимо повышается по сравнению с первоначальным уровнем.

**Выводы.** На деградированных, в большинстве своем засоленных почвах Терско-Кумской низменности и под всеми растительными ассоциациями складывается положительный баланс  $C-CO_2$  с преобладанием стока над эмиссией от 0,04 ц/га на солончаке корковом до 5,21 ц/га под злаково-солянковой ассоциацией на светло-каштановой почве. Существенным резервом улучшения углеродного баланса в солончаках корковых является золово-аккумулятивная мелиорация, способствующая созданию на их поверхности в течение 7-8 лет гумусового горизонта толщиной 5-7 см и обеспечивающая сток 2,25 ц/га  $C-CO_2$ .

Список источников литературы

1. 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.
2. Баламирзоев М.А. Почвенно-агроэкологическое районирование территории Дагестана // Почвенные ресурсы Дагестана, их охрана и рациональное использование. – Махачкала, 1998. – С. 75-129.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
4. 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.
5. Кудеяров Н.В. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. – 2019. – №1. – С.109-121.
6. Саидов А.К. Современное агроэкологическое состояние почв Кизлярских пастбищ // Почвоведение. – 2006. – № 12. – С. 1501-1511.
7. Сушко С.В., Ананьева Н.Д., Иващенко К.В., Васенев В.И., Саржанов Д.А. Микробное дыхание почвы в полевых и лабораторных условиях // Агрофизика. – 2016. – № 4. – С. 17-23.
8. Титлянова А.А. Продуктивность травяных экосистем. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 1988. – 134 с.
9. Титлянова А.А. Сравнительный анализ продуктивности центральноазиатских причесноморско-казахстанских степей // Степи Центральной Азии. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2002. – С. 174-200.
10. Титлянова А.А., Самбуу А.Д. Детерминированность и синхронность залежной сукцессии в степях Тувы // Известия РАН. Сер. Биол. – 2014. – № 6. – С. 621-630.
11. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Statistics). URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/GL>. – 2017.
12. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Hajiyev K.M., Akhmedova Z.N., Abdulaeva A.C., Bashirov R.R., Sultanakhmedov M.S., Salihov S.K. Hydrothermal conditions of species composition and productivity in the Terek-Kuma lowland // Arid ecosystems. – 2014. – Vol. 4/ – no. 4, – pp. 299-303. (doi: 10.1134/S2079096114040052)
13. Mukhortova L., Schepachenko L., Shvidenko A., Mc-Callum I., Kraxner F. Soil contribution to carbon budget of Russian forests // Agricultural and Forest Meteorology. – 2015. – Vol. 200. – Pp. 97-108.
14. United Nations: World Population Prospects / Revision / FiltPOP/1. – 2015.

References

1. Ananyeva, N. D., Susyan, E. A., Gavrilenko, E. G. (2011). Features of determination of soil microbial biomass carbon by the substrate-induced respiration method. *Soil science*, 11, 1327-1333.
2. Balamirzoev, M. A. (1988). Soil-agroecological zoning of the territory of Dagestan /M. A. Balamirzoev/ / Soil resources Dagestan, their protection and rational use. Makhachkala, pp.75-129.
3. Dospekhov, B. A. (1985). Methodology of field experience. M.: Kolos, 416 p.
4. Zavarzin, G. A. and Kudayarov, V.N. (2006). Soil as the main source of carbon dioxide and a reservoir of organic carbon on the territory of Russia /G. A. Zavarzin, V. N. Kudayarov. *Vestnik RAS*, 76(1), 14-29.
5. Kudayarov, N. V. (2019). Soil-biogeochemical aspects of the state of agriculture in the Russian Federation / N. V. Kudayarov. *Soil science*, 1, 109-121.
6. Saidov, A. K. (2006). Modern agroecological state of soils of Kizlyar pastures. *Soil science*, 12, 1501-1511.
7. Sushko, S. V., Ananyeva, N. D., Ivashchenko, K. V., Vasenev, V. I., Sarzhanov, D. A. (2016). Microbial respiration of soil in field and laboratory. *Agrophysics*, 4, 17-23.
8. Titlyanova, A. A. (1988). Productivity of grass ecosystems / A. A. Titlyanova // Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and ecological features – Novosibirsk, 134 p.
9. Titlyanova, A. A. (2002). Comparative analysis of productivity Central Asian Black Sea-Kazakhstan steppes. Steppes of Central Asia. Novosibirsk: Ed. SB RAS. pp. 174-200.
10. Titlyanova, A. A. and Sambuu, A.D. (2014). Determinism and synchronicity of fallow succession in the steppes of Tuva. *Izv. RAS. Ser. Biol*, 621-630.
11. FAOSTAT (2017). (Food and Agriculture Organization Statistics). <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/GL>.

12. Gasanov, G. N., Asvarova T. A., Hajiyev K. M., Akhmedova Z.N., Abdulaeva A.C., Bashirov R.R., Sultanakhmedov M.S., Salihov S.K. (2014). Hydrothermal conditions of species composition and productivity in the Terek-Kuma lowland. *Arid ecosystems*, 4(4), 299-303. doi: 10.1134/S2079096114040052
13. Mukhortova, L., Shchepachenko, L., Shvidenko, A., McCallum, I., Kraxner, F. (2015). Soil contribution to the carbon budget of Russian forests. *Agricultural and forest methiorology*, 200, 97-108.
14. Unaited Nations: World Population Prospects (2015). Revsion/FiltPOP/1.

#### Сведения об авторах

**Гасанов Гасан Никуевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, spin-код: 3893-6298, Author ID: 502624

**Асварова Татьяна Азимовна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, spin-код: 3459-3949, Author ID: 174937

**Баширов Рашид Радифович** – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, spin-код: 2005-3547, Author ID: 167442

#### Information about the authors

**Gasanov G. Nikuevich** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, spin-код: 3893-6298, Author ID: 502624

**Asvarova T. Azimovna** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, spin-код: 3459-3949, Author ID: 174937

**Rashid R. Bashirov** – Candidate of Agricultural Sciences, PhD, Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, spin-код: 2005-3547, Author ID: 167442

**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 23.08.2021; одобрена после рецензирования 05.10.2021; принята к публикации 05.10.2021*

*The article was submitted 23.08.2021; approved after reviewing 05.10.2021; accepted after publication 05.10.2021*

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

---

Научная статья

УДК 636.034

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-66-75

**ДОЛГОЛЕТИЕ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

**Ольга Константиновна Васильева**

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения  
сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного  
научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ  
имени академика Л.К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, г. Подольск, Московская обл., 142132,  
Россия; vaciola@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8361-8399>

**Реферат.** Достижению удоя коров голштинской породы 9334 кг молока способствовало использование животных новой генетики, при этом произошло сокращение возраста в отелах (2020 г. составил 2,66 отела, 2,83 – по племенным заводам и 2,47 – по племрепродукторам). Для производства за всю жизнь 30000 кг молока срок производственного использования коров должен быть увеличен с 2,5 до 3,5 лактации с производством более 15,0 кг молока за 1 день жизни. Поэтому проведение поисковых исследований в стадах отечественных популяций голштинского скота по выявлению факторов, определяющих оптимальные сроки продуктивного долголетия молочных коров с разным уровнем эффективного производства молока, является актуальным. Исследования проведены на выборке из данных электронных баз 4 хозяйств Ленинградской области по 4272 коровам, выбывшим за 2015-2019 гг. В результате проведенных исследований выявлено, что желательного уровня пожизненной продуктивности в 30 тыс. кг молока может достигнуть большая доля коров с удоем на 1 день жизни более 15,00 кг (от 86,8 до 100,0%) при возрасте их выбытия более 4,0 отела. Большая относительная численность коров с возрастом 1-го отела от 24,0 до 26,9 мес. также сосредоточена в 2-х эффективных классах по удою на 1 день жизни от 15,01 кг и более – 68,9 и 77,3% соответственно. Наиболее высокопродуктивные и эффективные по производству молока коровы имеют суточный удой по 1-й лактации свыше 30,0 кг молока. Таким образом, при проведении селекционной работы в направлении повышения эффективности молочного скотоводства на уровне стада необходимо оставлять в стаде коров с суточным удоем по 1-й лактации свыше 30,0 кг молока и создавать условия кормления и содержания, необходимые для их производственного использования как минимум до 4-го отела.

**Ключевые слова:** долголетие, эффективность производства молока, голштинская порода, пожизненная продуктивность, возраст 1-го отела

**Цитирование.** Васильева О.К. Долголетие коров голштинской породы в зависимости от эффективности производства молока// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64). – С. 66-75. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-66-75

**Финансирование.** Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 121052600344-8.

## LONGVITY COWS OF THE HOLSTEIN BREED DEPENDING ON THE EFFICIENCY OF MILK PRODUCTION

**Olga K. Vasilyeva**

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Live Animals - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry - VIZ named after Academician L.K. Ernst", Dubrovitsy village, 60, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia; vaciola@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8361-8399>

**Abstract.** The use of new genetics of animals contributed to the achievement of milk yield of Holstein cows of 9334 kg of milk, but at the same time such indicators as the age at calving are decreasing (on average in 2020 it amounted to 2.66 calving, 2.83 for breeding plants and 2.47 for breeding producers) [1]. For the production of 30,000 kg of milk over a lifetime, the period of production use of cows should be increased from 2.5 to 3.5 lactation with the production of more than 15.0 kg of milk for 1 day of life [6]. Therefore, conducting exploratory studies in the herds of domestic populations of Holstein cattle to identify factors that determine the optimal terms of productive longevity of dairy cows with different levels of effective milk production is relevant. The research was carried out on a sample from the data of electronic databases of 4 farms of the Leningrad region for 4272 cows that were retired in 2015-2019. As a result of the conducted studies, it was revealed that a large proportion of cows with a milk yield of more than 15.00 kg (from 86.8 to 100.0%) for 1 day of life can reach the desired level of lifetime productivity of 30 thousand kg of milk at the age of their retirement of more than 4.0 calves. A large relative number of cows with the age of the 1st calving from 24.0 to 26.9 months is also concentrated in 2 effective classes for milk yield for 1 day of life from 15.01 kg or more - 68.9 and 77.3%, respectively. The most highly productive and efficient cows for milk production have a daily milk yield for the 1st lactation of more than 30.0 kg of milk. Thus, when carrying out breeding work in the direction of increasing the efficiency of dairy cattle breeding at the herd level, it is necessary to leave cows with a daily milk yield for the 1st lactation over 30.0 kg of milk in the herd and create the feeding and maintenance conditions necessary for their production use at least until the 4th calving.

**Keywords:** *longevity, milk production efficiency, holstein breed, lifetime productivity, age of the 1st department*

**Citation.** Vasilyeva Olga K. (2021) "Longvity cows of the holstein breed depending on the efficiency of milk production", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 66-75. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-66-75

**Financial support.** The work was carried out within the framework of scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic No. 121052600344-8.

**Введение.** По данным Национального союза производителей молока [1], потребление молочной продукции в России в 2020 г. увеличилось на 3%, до 29,3 млн т в сегменте продукции, произведенной промышленными предприятиями. За прошедшее десятилетие продуктивность коров выросла по всем породам, что обусловлено направленной селекционно-племенной работой на увеличение производства молока. Увеличению удоя способствует использование животных новой генетики (прирост поголовья голштинской породы черно-пестрой масти +21,82% к 2010 г. и 3,52% к 2019 г.) с уровнем продуктивности 9334 кг молока (МДЖ – 3,87% и МДБ – 3,29%). При введении их в стадо нарушается его структура и снижаются показатели – возраст в отелах, выбытия и срок продуктивного использования коров, используемые для оценки долголетия и эффективности ведения молочного скотоводства. По данным ВНИИплем, в 2020 г. возраст выбытия голштинских коров в среднем составил 2,66 отела, в том числе 2,83 по племенным заводам и 2,47 по племрепродукторам [2].

В отечественных и зарубежных исследованиях установлено, что продолжительность продуктивной жизни голштинизированных черно-пестрых коров составляет 1291-1671 дней [3], а чистопородных голштинской породы – 545-1318 дней [4, 5]. Возможно, это связано с сокращением периода выращивания молодняка, то есть более ранним сроком первого отела [6, 7]. Так, за 10 лет этот показатель сократился у коров голштинизированной черно-пестрой породы в товарных хозяйствах РФ на 2,1 мес., племенных репродукторах и заводах – на 1,7 мес. и 1,9 мес. при большем снижении у коров голштинской породы: -2,6; -4,2 и -2,5 мес. соответственно [2, 6, 7]. Основными причинами ранней выбраковки коров являются заболевания, связанные с фертильностью, выменем, конечностями [6, 8, 9, 11].

В разных литературных источниках приводится утверждение, что показатели пожизненной продуктивности и продолжительности эксплуатации коров, рассматриваемые по отдельности, не подходят для оценки эффективности использования животных молочного направления продуктивности. Так, некоторые коровы при одинаковой пожизненной продуктивности продуцируют молоко на протяжении разного количества лактаций. Долгая эксплуатация или высокая продуктивность сами по себе не способствуют прибыльности коровы [6, 10].

Поэтому проведение исследований в стадах отечественных популяций голштинского скота по выявлению факторов, определяющих оптимальные сроки продуктивного долголетия молочных коров с разным уровнем эффективного производства молока (на один день продуктивной жизни), является актуальным.

**Цель исследования** – выявить зависимость долголетия коров ленинградской популяции голштинской породы черно-пестрой масти от эффективности производства молока и установить оптимальные параметры производства молока на день жизни как фактора эффективности молочного скотоводства.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Для исследований сформирована выборка из данных электронных баз, созданных с помощью компьютерной программы «СГС-ВНИИГРЖ» [12] и содержащих первичные сведения по зоотехническому учету в ИАС «Селэкс» 4 племенных хозяйств по разведению скота голштинской породы в Ленинградской области по 4272 коровам, выбывшим за 2015-2019 гг.

Рассчитаны следующие показатели долголетия: срок продуктивного использования (СПИ) – возраст в днях от первого отела до выбытия коровы; удой (кг) на 1 дойный день, всего, в том числе на 1 дойный день 1-й лактации (У<sub>1д.д.1л.</sub>), на 1 день СПИ и 1 день жизни – рассчитан делением пожизненного удоя (ПУ) на количество дойных дней, в том числе на 1 дойный день 1-й лактации (У<sub>1д.д.1л.</sub>), СПИ или жизни. Для расчета пожизненной продуктивности и СПИ коров регистрировались ретроспективные данные с момента рождения животных: даты рождения и отелов, возраст первого отела (В<sub>1от</sub>), удои, а также содержание жира и белка в молоке для всех лактаций.

Для более подробного анализа коров по продуктивности их классифицировали по производительности молока за 1 день жизни – эффективность производства молока (ЭПМ) на классы: 1-й – с удоем 5,00 кг и менее, 2-й – 5,01-10,0 кг, 3-й – 10,01-15,0 кг, 4-й – 15,01-20,0 кг и 5-й – более 20,0 кг.

Расчет коэффициентов силы влияния ( $\eta^2$ ) факторов проведен в программе «Анализ данных» в Excel с использованием однофакторного дисперсионного анализа ANOVA. Все исследуемые показатели обработаны с использованием вариационной статистики (Н.А. Плохинский) в компьютерных программах «СГС – ВНИИГРЖ» и Microsoft Office Excel.

**Результаты исследований.** Уровень продуктивности анализируемого поголовья коров и информация о хозяйствах представлены в таблице 1. Как видно из данных таблицы, удой по средней лактации коров четырех стад имеет значительные отличия. Наибольшего уровня достигли животные 2-го, а наименьшего – 4-го хозяйства (разность 3463 кг молока). Установлено, что срок продуктивного использования (СПИ) выше в высокопродуктивном стаде на 91-й день. Сочетание высокого удоя и длительного СПИ характеризуют лучшие показатели по пожизненной продуктивности (ПУ) у коров 2-го хозяйства, что указывает на

более эффективное использование коров в этом стаде. Подтверждается данный факт высоким значением производства молока на 1 день жизни (15,7 кг), поэтому рентабельным может быть признано использование голштинских коров только во 2-м хозяйстве с возрастом их выбытия 3,68 отела.

Таблица 1. Характеристика хозяйств по молочной продуктивности коров (2015-2019 гг.)  
 Table 1. Characteristics of farms in the dairy productivity of cows (2015-2019)

Признаки	Выборки коров				
	1 хоз-во	2 хоз-во	3 хоз-во	4 хоз-во	Всего
Число голов	1096	937	887	1352	4272
Возраст 1 отела (В1от), мес.	26,5±0,2	25,6±0,1	26,2±0,1	26,5±0,2	26,3±0,4
По средней лактации					
Удой за 305 дней, кг	9817±43	10474±42	8408±33	7011±32	8781±28
Жир, %	3,92±0,01	3,68±0,01	3,72±0,00	3,79±0,00	3,78±0,00
Белок, %	3,27±0,00	3,21±0,00	3,15±0,00	3,15±0,00	3,20±0,00
По пожизненной продуктивности					
СПИ, дней	1098±18	1203±22	928±19	1112±16	1091±9
Возраст выбытия в отелах	3,29±0,04	3,68±0,05	2,91±0,05	3,45±0,06	3,35±0,05
Удой по полной лактации (ПУ), кг	28638±511	35346±612	20919±427	21211±369	26156±519
Жир, кг	1115,2±3,6	1306,4±4,0	773,6±3,1	800,3±3,0	986,5±3,7
Белок, кг	937,2±15,3	1126,6±17,1	660,8±14,0	667,6±12,8	836,1±16,2
Производство молока на 1 день жизни (ЭПМ), кг	13,7±0,1	15,7±0,1	10,4±0,1	9,7±0,1	12,2±0,1

В исследуемой выборке производство молока на один дойный день за период 2015-2019 гг. увеличилось с 26,9 до 27,2 кг молока. Аналогичная тенденция выявлена и в отношении произведенного молока за один день жизни – с 11,8 кг в 2015 г. до 12,3 кг в 2019 г. Удой на 1 день производственного использования варьировал от 23,6 до 25,0 кг молока. Непрерывный рост удоя на 1 день жизни за исследуемый период наблюдается в 1-м (с 13,4 до 14,1 кг) и 4-м (с 8,9 до 10,7 кг) хозяйствах.

Как видно из данных таблицы 2, коровы с производством молока на 1 день жизни 10-15 кг имели пожизненную продуктивность 26116 кг молока, а с продуктивностью более 20 кг – более 60000 кг молока. С увеличением ЭПМ СПИ коров и возраст в лактациях значительно повышается – с 388 до 2033 дней, с 1,03 до 4,68 лактаций.

Таблица 2. Показатели продуктивного долголетия в зависимости от эффективности производства молока на день жизни  
 Table 2. Indicators of productive longevity depending on the efficiency of milk production on the day of life

Класс по удою за 1 день жизни, кг	СПИ, дней	Пожизненный удой, кг	Возраст в отелах	Возраст в лактациях
5,00 и менее	388±12	6053±104	1,66±0,06	1,03±0,01
5,01-10,00	608±8	12296±118	2,23±0,02	1,49±0,02
10,01-15,00	1187±12	26116±195	3,59±0,03	2,81±0,03
15,01-20,00	1499±18	40897±375	4,26±0,04	3,50±0,04
более 20,00	2033±40	62441±990	5,43±0,10	4,68±0,10

В среднем по исследуемой выборке ЭПМ равен 12,2 кг молока, а, как видно из данных таблицы 3, основная масса коров сосредоточена во 2-м и 3-м классах (71,3%). Животных с желательным уровнем ЭПМ (более 15,00 кг) – 25,9%.

Таблица 3. Распределение коров исследуемой выборки по эффективности производства молока (4272 гол.)

Table 3. Distribution of cows of the studied sample on the efficiency of milk production (4272 goals)

Класс по удою за 1 день жизни, кг	Среднее значение удоя на 1 день жизни, кг	Поголовье	
		голов	%
5,00 и менее	4,30±0,05	117	2,7
5,01-10,00	7,78±0,04	1353	31,7
10,01-15,00	12,40±0,03	1693	39,6
15,01-20,00	17,14±0,05	885	20,7
20,00 и более	21,58±0,09	224	5,2

В связи с тем, что экономика предприятий зависит от уровня продуктивности коров в стаде, была изучена их ПУ в зависимости от распределения по уровню ЭПМ. Анализ данных показывает, что доля животных с ПУ свыше 30 тыс. кг молока возрастает с увеличением класса ЭПМ. Во 2-м классе таких животных 0,1%, в 3-м – 27,4%, в 4-м – 86,8%, а в 5-м – 100,0% (рис. 1). В среднем по выборке данному условию удовлетворяют 1457 коров, или 34,1%.

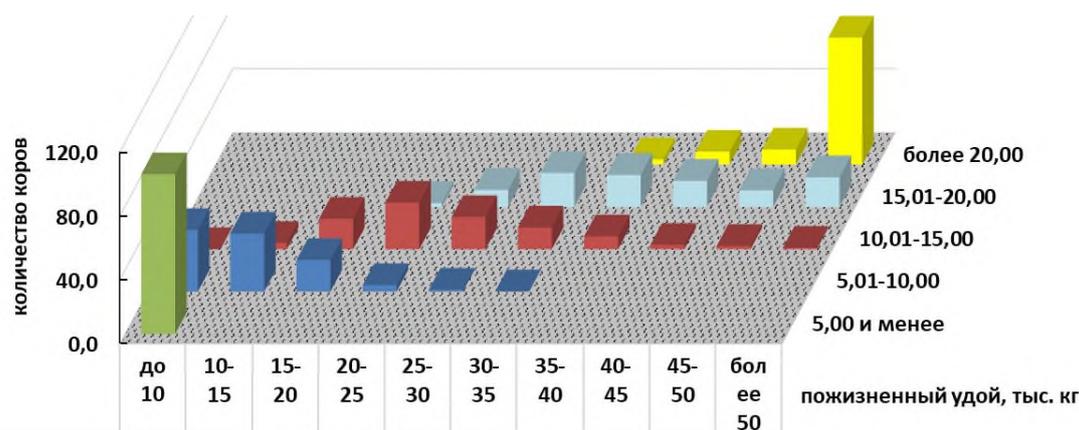


Рисунок 1. Пожизненная продуктивность коров с разным уровнем эффективности производства молока

Figure 1. Lifetime productivity of cows with different levels of milk production efficiency

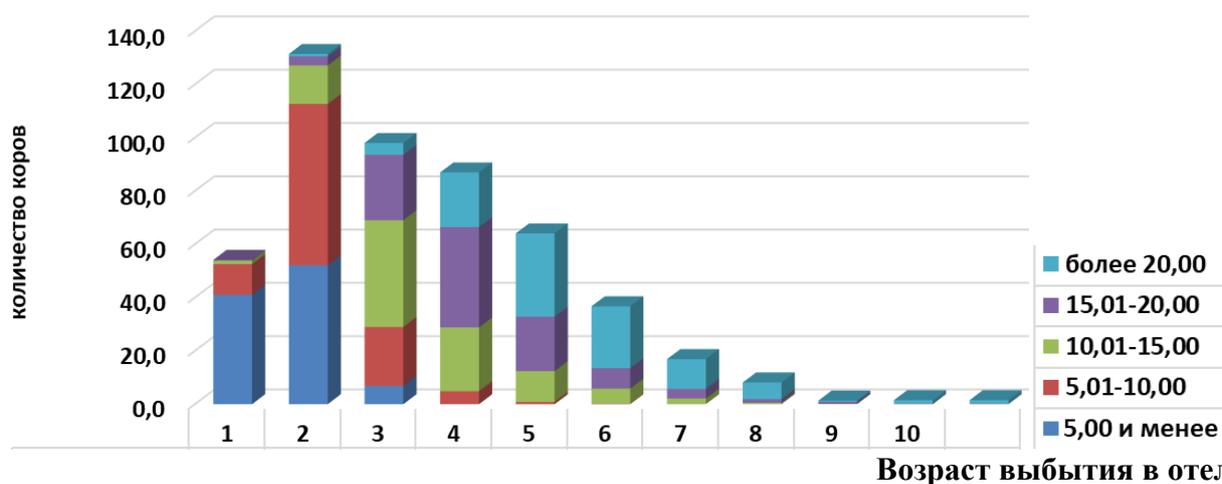


Рисунок 2. Возраст выбытия коров в зависимости от эффективности производства молока

Figure 2. The age of disposal of cows depending on the efficiency of milk production

Оптимальная продолжительность продуктивного использования коров в стаде должна составлять не менее 3–4 отелов. В зависимости от ЭПМ больше всего относительная численность животных 5 и старше отелов в 5-м классе – 75,0%, или 168 гол. (рис. 2). В 4-м классе их 34,2%, или 303 гол., в 3-м – 20,2%, или 342 гол., а во 2-м всего 0,9%, или 12 гол. Всего в оптимальном возрасте выбыло 825 коров (19,3%).

В данных исследованиях большинство коров выбывает из стада в первые три лактации (1-я – 25,5%, 2-я – 30,6%, 3-я – 21,1%), 12,9% коров достигли 4-й лактации и 9,9% – более поздней лактации. По причине нарушения обмена веществ из стада выбыло 23,6% коров, из-за проблем с гинекологическими заболеваниями и яловостью – 21,8% коров, с заболеваниями конечностей – 16,3%. Наблюдаются значительные различия по причинам выбытия коров в хозяйствах. Так, наибольшая выбраковка особей во 2-м хозяйстве в связи с нарушением обмена веществ (65,5%), а в 1-м и 3-м хозяйствах – с проблемами воспроизводства (28,4 и 28,5%).

Уровень ЭПМ не оказал влияния на основные причины выбытия коров, за исключением заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ (рис. 3). Установлено, что по этой причине доля выбывших животных возросла с увеличением ЭПМ от 14,5% (1-й класс) до 52,7% (5-й класс). Это свидетельствует о напряжении организма высокопродуктивных животных. Снижение доли выбытия по причине низкой продуктивности естественно, так как с более низкой ЭПМ коровы выбраковываются из стада на ранних сроках их эксплуатации.

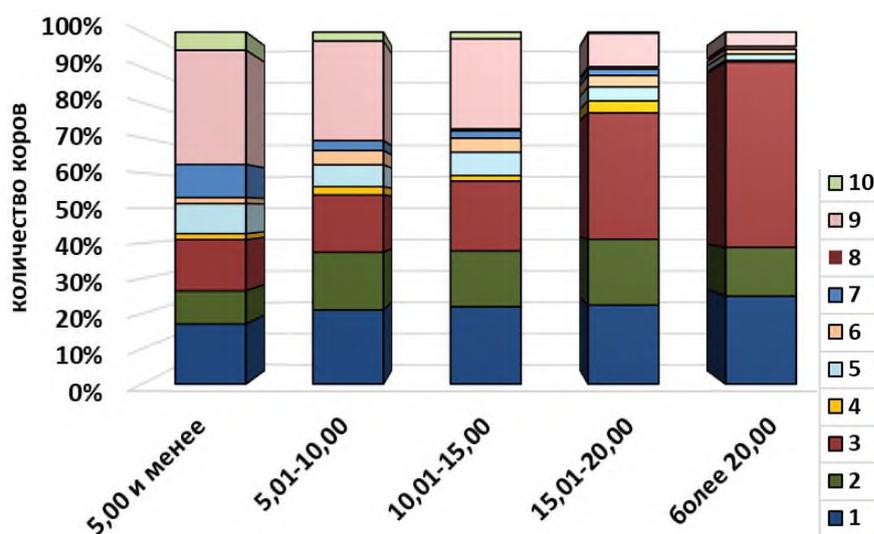


Рисунок 3. Причины выбытия коров с разным уровнем эффективности производства молока

1 – яловость и гинекология; 2 – заболевания конечностей; 3 – болезни обмена веществ; 4 – болезни вымени; 5 – несчастные случаи (травмы); 6 – болезни пищеварительной системы; 7 – болезни дыхательной системы; 8 – старость; 9 – прочие незаразные болезни; 10 – низкая продуктивность

Figure 3. Causes of the disposal of cows with different levels of milk production

1 – yalovost and gynecology; 2 – limb diseases; 3 – metabolic diseases; 4 – udder diseases; 5 – accidents (injuries); 6 – diseases of the digestive system; 7 – diseases of the respiratory system; 8 – old age; 9 – other non-communicable diseases; 10 – low productivity

Так как показатель ЭПМ отражает уровень производства молока на 1 день жизни, следовательно, актуальным является изучение взаимосвязи возраста 1 отела (В1от) с ЭПМ (табл. 4).

Из таблицы 4 видно, что максимальный уровень ПУ у коров с В1от от 24,0 до 26,9 мес. В этом диапазоне В1от. сосредоточено наибольшее поголовье коров с высоким уровнем ЭПМ. Так, 43,6% животных с ЭПМ менее 5,00 кг молока имели отел в возрасте 24,0–26,9 мес., а 68,9 и 77,3% с ЭПМ 15,01–20,00 и более 20,00 кг соответственно (рис. 4). При более позднем 1-м отеле количество высокопродуктивных коров сокращается с 50,4% (при ЭПМ менее 5,00 кг) до 20,1 и 16,1% (при ЭПМ 15,01–20,00 кг и более 20,00 кг молока) соответственно. Этот факт

подтверждается достоверной отрицательной корреляцией между ЭПМ и В1от (-0,148). Данные сопоставимы с исследованиями зарубежных авторов [6].

Таблица 4. Показатели пожизненной продуктивности коров с разным возрастом 1-го отела  
 Table 4. Indicators of lifetime productivity of cows with different ages of the 1st calving

Класс по возрасту 1 отела, мес.	Число голов	Пожизненный удой, кг	СПИ, дн.	Возраст		Удой 305 дн. 1 лакт., кг
				в отелах	в лактациях	
до 22,0	49	17607±1404	801±64	2,57±0,14	1,84±0,15	8437±238
22,0-22,9	108	20453±1100	925±58	2,98±0,15	2,24±0,15	8572±182
23,0-23,9	380	23942±661	1011±29	3,18±0,07	2,44±0,07	8841±101
<b>24,0-24,9</b>	<b>838</b>	<b>27149±537</b>	<b>1090±20</b>	<b>3,36±0,05</b>	<b>2,60±0,05</b>	<b>9005±67</b>
<b>25,0-25,9</b>	<b>982</b>	<b>27976±510</b>	<b>1134±19</b>	<b>3,46±0,05</b>	<b>2,67±0,04</b>	<b>8910±62</b>
<b>26,0-26,9</b>	<b>715</b>	<b>27306±642</b>	<b>1137±24</b>	<b>3,46±0,06</b>	<b>2,68±0,06</b>	<b>8775±71</b>
27,0-27,9	446	26189±804	1144±32	3,45±0,08	2,72±0,08	8387±90
28,0-28,9	268	25263±1015	1090±40	3,33±0,10	2,57±0,10	8429±116
29,0-29,9	164	24202±1424	1063±56	3,23±0,13	2,52±0,13	8180±153
30,0 и более	322	22993±822	990±33	3,07±0,08	2,32±0,08	8532±105

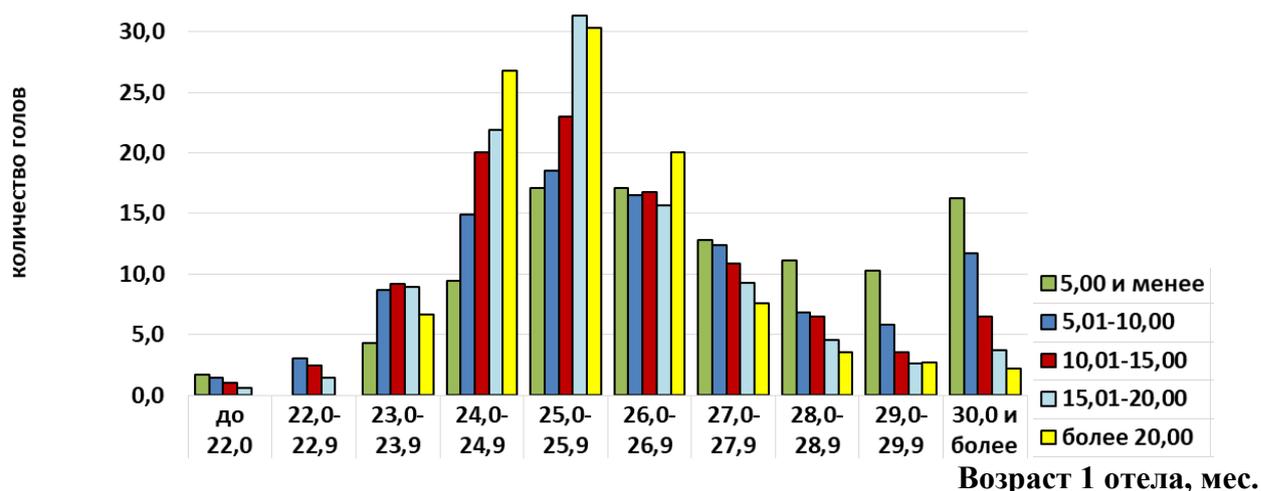


Рисунок 4. Доля коров разного возраста 1-го отела в зависимости от уровня эффективного производства молока

Figure 4. The proportion of cows of different ages of the 1st calving depending on the level of effective milk production

Таблица 5. Характеристика коров по молочной продуктивности по 1 лактации в зависимости от эффективности производства молока на день жизни  
 Table 5. Characteristics of cows by milk productivity for 1 lactation, depending on the efficiency of milk production on the day of life

Класс по удою за 1 день жизни, кг	Возраст 1 отела, мес.	Удой за 305 дней 1 лактации, кг	Содержание жира		Содержание белка	
			%	кг	%	кг
5,00 и менее	27,7±0,3	5677±90	3,81±0,02	216±3	3,18±0,01	181±3
5,01-10,00	26,6±0,1	7902±40	3,79±0,01	300±2	3,18±0,00	252±1
10,01-15,00	26,2±0,1	8550±42	3,74±0,01	320±2	3,20±0,00	274±1
15,01-20,00	25,8±0,1	10238±54	3,70±0,01	378±2	3,22±0,01	330±2
20,00 и более	25,7±0,1	11006±95	3,63±0,02	398±3	3,14±0,01	346±3

В результате исследований установлено, что с повышением эффективности производства молока на 1 день жизни (табл. 5) увеличивается продуктивность за 305 дней первой лактации (с 5677 до 11006 кг).

Достаточно высокая и достоверная корреляция (+0,581) выявлена между ЭПМ и удоем на 1 дойный день первой лактации (У1д1л.), который в среднем по выборке равен 27,6 кг молока. Аналогичная связь установлена между удоем за 1 лактацию и ЭПМ – +0,578. Доля желательных коров с ЭПМ более 15,00 кг молока растет от 2,0% (при У1д1л до 20,1 кг молока) до 75,0% (при У1д1л более 40,0 кг молока) (рис. 5). Следует отметить, что при суточном удое по 1-й лактации от 30,1 до 40,0 кг 46,2% животных имели желательный показатель ЭПМ. Таким образом, по этому показателю можно прогнозировать эффективность производства молока конкретной коровы.

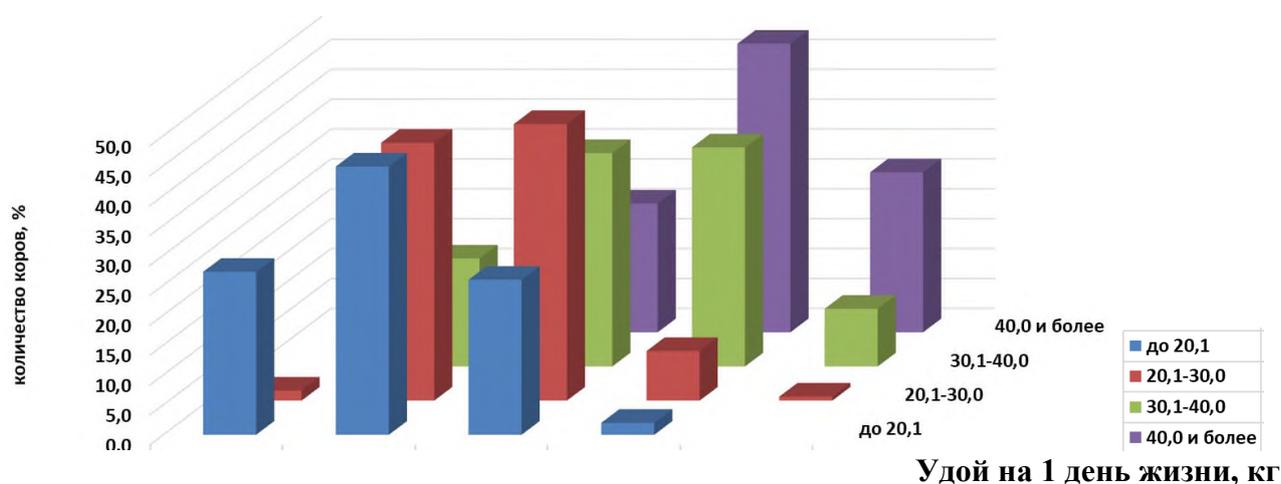


Рисунок 5. Зависимость эффективности производства молока от уровня удоя на 1 дойный день 1-й лактации

Figure 5. Dependence of milk production efficiency on the milk yield level on the 1st milking day of the 1st lactation

Проведенный расчет силы влияния фиксированных факторов на показатели продуктивного долголетия коров показал, что на ЭПМ большое влияние оказывают бык-производитель (+0,679), уровень удоя (+0,458) и условия кормления и содержания животных (+0,296). Возраст 1-го отела оказывает большее влияние (+0,048) на ЭПМ, чем на другие показатели долголетия, что необходимо учитывать в племенной работе с молочным скотом голштинской породы черно-пестрой масти.

**Выводы.** В анализируемой выборке желательного уровня пожизненной продуктивности в 30 тыс. кг молока может достигнуть большая доля коров, имеющих удой на 1 день жизни более 15,00 кг (86,8–100,0%). При этом возраст выбытия этих животных составляет более 4,0 отела, которые 4-му и 5-му классам по эффективности производства молока (ЭПМ) соответствуют 34,2 и 75,0%. Большая относительная численность коров с возрастом 1-го отела от 24,0 до 26,9 мес. также сосредоточена в двух классах по удою на 1 день жизни от 15,01 до 20,00 кг и более 20,00 кг – 68,9 и 77,3% соответственно. Наиболее высокопродуктивные и эффективные по производству молока коровы имеют суточный удой по 1-й лактации свыше 30,0 кг молока.

Таким образом, при организации селекционной работы, направленной на повышение эффективности молочного скотоводства, в стаде необходимо оставлять коров с суточным удоем по 1-й лактации свыше 30,0 кг молока, создавать им условия кормления и содержания, обеспечивающие их производственное использование не менее 4-х отелов.

### Список источников литературы

1. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2020 год) / С.Е. Тяпугин и др. – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2021. – 266 с.
2. Васильева О.К. Динамика показателей продуктивного долголетия коров в сельскохозяйственных предприятиях России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (60). – С. 80-87.
3. Часовщикова М.А. Продолжительность продуктивной жизни и пожизненная молочная продуктивность коров черно-пестрой породы в зависимости от генотипа // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – №1(29). – С. 63-66.
4. Шевелева О.М., Часовщикова М.А. Продолжительность хозяйственного использования и пожизненная продуктивность коров голштинской породы голландского происхождения разных генераций // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №12 (158). – С.104-108.
5. Denis Kučević, Snežana Trivunović, Žika Šoronja, Dobrila Janković, Dragan Stanojević, Radica Đedović, Tamara Papović. Association between age at first calving and milk production in first lactation on longevity traits in Holstein cows // *Biotechnology in Animal Husbandry*. – 2020 – №36 (1). – p: 27-35.
6. Wangler A., Blum E., Bottcher I., Sanftleben P. Productive life and longevity of dairy cows on the basis of efficiency of milk production // *Züchtungskunde*. – 2009. – №81 (5). – S. 341-360.
7. Ревина Г.Б., Асташенкова Л.И. Повышение продуктивного долголетия коров голштинской породы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – №8 (74). – С.84-87.
8. Попов Н.А., Некрасов А.А., Федотова Е.Г. Продолжительность продуктивного использования коров в стаде черно-пестрой породы // Зоотехния. – 2019. – №7. – С. 8-12.
9. Грачев В.С., Брагинец С.А., Алексеева А.Ю. Анализ влияния различных факторов на продуктивность и долголетие молочного скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – №4 (61). – С. 73-79.
10. Анистенков С.В., Тулинова О.В. Срок продуктивного использования и прибыльность выбывших коров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2013. – №4. – С. 20-24.
11. Крупицын В.В., Котарев В.И. Показатели молочной продуктивности коров, разводимых в хозяйствах Воронежской области, с учетом анализа основных технологических причин их выбраковки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №4 (52). – С. 232-239.
12. Сергеев С.М., Тулинова О.В. Селекционно-генетическая статистика – ВНИИГРЖ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ, №.2015663613. – 2015.

### References

1. E. Tyapugin et al. (2021) Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in the farms of the Russian Federation, M.: FGBNU VNIIPlem, 2021, 266 p.
2. Vasileva O.K. (2021) Dynamics of indicators of cows productive longevity in agricultural enterprises in Russia, *Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University*, № 3 (60), pp. 80-87. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13080.
3. Chasovshchikova M.A. (2018) The duration of productive life and lifelong milk productivity of black-and-white cows depending on the genotype, *Agricultural bulletin of Stavropol region*, №1 (29), pp. 63-66.
4. Sheveleva O.M., Chasovshchikova M.A. (2017) Economic use duration and lifetime milk production of Holstein cows of Dutch origin of different generations, *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, №12 (158), pp.104-108.
5. Denis Kučević, Snežana Trivunović, Žika Šoronja, Dobrila Janković, Dragan Stanojević, Radica Đedović, Tamara Papović (2020) Association between age at first calving and milk production in first lactation on longevity traits in Holstein cows, *Biotechnology in Animal Husbandry*, 36 (1), pp: 27-35.
6. Wangler A, Blum E, Bottcher I, Sanftleben P. (2009) Productive life and longevity of dairy cows on the basis of efficiency of milk production, *Züchtungskunde*, 81. (5), pp. 341–360.
7. Revina G.B., Astashenkova L.I. (2018) Increasing productive longevity of holstein cows, *International research journal*, №8 (74), pp.84-87.

8. Nekrasov A.A., Popov N.A., Fedotova E.G. (2019) Productive lifespan of black-and-white dairy cows, *Zootechniya*, №7, pp. 8-12.
9. Grachev V.S., Braginets S.A., Alekseeva A.Y. (2020) Analysis of the impact of various factors on the productivity and longevity of dairy cattle, *Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University*, №4 (61), pp. 73-79.
10. Anistenok S.V., Tulinova O.V. (2013) Term of productive use and profitability left cows, *Regulatory issues in veterinary medicine*, №4, pp. 20-24.
11. Krupitsyn V.V., Kotarev V.I. (2020) Indicators of dairy productivity of cows bred in farms of the Voronezh region with the analysis of main technological reasons for their culling, *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*, №4 (52), pp. 232-239
12. Sergeev S.M, Tulinova O.V. (2015) Breeding-genetic statistics. VNIIGRZH. Certificate of state registration of computer programs of the Russian Federation, no. 2015663613.

### Сведения об авторах

**Васильева Ольга Константиновна** – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; spin-код: 5612-5783; Scopus Author ID: 57200384693.

### Information about the authors

Vasilyeva Olga Konstantinovna – Candidate of Agricultural Sciences, researcher of All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Live Animals – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst"; spin-code: 5612-5783; Scopus Author ID: 57200384693.

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

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

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

**Conflict of interest.** The author claims that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 01.09.2021; принята к публикации 08.09.2021*

*The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 01.09.2021; accepted after publication 08.09.2021*

Научная статья

УДК 636.1.082

doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-76-83

**СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ ПРЫЖКА ЖЕРЕБЦОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
ТРАКЕНЕНСКОЙ ПОРОДЫ РОССИИ И ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ГЕРМАНИИ****Евгения Ивановна Алексеева<sup>1</sup>, Анна Витальевна Дорофеева<sup>2</sup>, Наталья  
Валерьевна Подобаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское ш., д.2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; alekseevaei@list.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-7119-5103>

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, Рязанская область,  
Рыбновский район, поселок Дивово; 391105, Россия: rustrak 2007@ yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0002-9114-3124>

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, Рязанская область,  
Рыбновский район, поселок Дивово; 391105, Россия: rustrak 2007@ yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-0147-6858>

**Реферат.** В статье проведено сравнение величин углов сгибания передних конечностей и шеи жеребцов-производителей голштинской и тракененской породы во время прыжка на свободе. Полученные данные сравнивались между собой с целью выявления заметных отличий.

Авторы отмечают, что в настоящее время в нашей стране невозможно получить полноценной оценки тракененской лошади в спорте из-за отсутствия системы подготовки молодых лошадей и недостаточного развития конного спорта.

Лидирующей породой для конкурра в мировом рейтинге остаётся голштинская, периодически её лидерство пытаются оспорить бельгийская и ольденбургская конкурные группы [7,8,9]. Поэтому модель прыжка голштинской лошади на свободе может служить идеалом для сравнения с техникой прыжка других пород.

Тракененская порода в большом конкуре в последнее время практически не встречается, за исключением литовских тракенов, проданных в Россию уже имеющими стартовый опыт, таких как Хартумас, Фиатас и другие. Такое положение дел снижает интерес к породе и беспокоит коннозаводчиков, которые не могут опираться на результативность своих производителей в конкуре. В этой ситуации сравнение техники прыжка тракененских и голштинских жеребцов может стать подспорьем для коннозаводчиков как определение качества своей работы и разработки стратегии селекции в будущем.

Мы часто недовольны нашими спортсменами – и техника у них несовершенна, и методы подготовки устарели, и морально-волевых качеств не хватает. Однако большая доля вины за их неудачи падает и на специалистов конных заводов, руководителей отрасли, ученых-селекционеров, призванных совершенствовать спортивные качества полукровных пород. Целенаправленная селекция по спортивным качествам постепенно внедряется в практику конных заводов.

Состояние и уровень развития отрасли в этих конных заводах неразрывно связаны с запросами конного спорта. То есть судьба конного спорта во многом зависит от качества продукции полукровного коннозаводства.

Наличие в сети Интернет фотографий голштинских жеребцов-производителей в форме открытых данных дают возможность оценить технику прыжка по основным углам сгибания шеи и конечностей.

**Ключевые слова:** тракененская порода, голштинская порода, жеребец-производитель, техника прыжка, угол сгибания конечностей, угол затылка

**Цитирование.** Алексеева Е.И., Дорофеева А.В., Подобаева Н.В. Сравнение модели прыжка жеребцов-производителей тракененской породы России и голштинской породы Германии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3(64). – С. 76-83. doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-76-83

## COMPARISON OF THE JUMP MODEL OF STALLIONS-PRODUCERS OF THE TRAKENEN BREED OF RUSSIA AND THE HOLSTEIN BREED OF GERMANY

**Evgenia I. Alekseeva<sup>1</sup>, Anna V. Dorofeeva<sup>2</sup>, Natalia V. Podobaeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg sh., 2,  
Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; alekseevaei@list.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-7119-5103>

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Ryazan region, Rybnovsky district, Divovo village; 391105, Russia: rustrak 2007@ yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9114-3124>

<sup>3</sup>All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Ryazan region, Rybnovsky district, Divovo village; 391105, Russia: rustrak 2007@ yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0147-6858>

**Abstract.** The article presents the results of a comparison of flexion angles of the forelimbs and neck of stallions of Holsteiner and Trakehner breeds during free jump.

Data obtained were compared with each other in order to identify noticeable differences.

The authors note that currently in our country it's impossible to get a full assessment of Trakehner horse in the sports due to lack of a system for training young horses and insufficient development of equestrian sports.

The Holstein breed remains the leading breed for show jumping in the world ranking, from time to time the Belgian and Oldenburg show jumping groups try to challenge its leadership [7,8,9]. Therefore, the model of the Holstein horse jumping at freedom can serve as an ideal for comparison with the jumping technique of other breeds.

The Traken breed has hardly been found in the big show jumping lately, with the exception of Lithuanian traken sold to Russia with already starting experience, such as Khartumas, Fiatas and others. This state of affairs reduces interest in the breed and worries horse breeders who cannot rely on the performance of their producers in show jumping. In this situation, a comparison of the jumping technique of Trakenen and Holstein stallions can be of help for horse breeders, as well as determining the quality of their work and developing a breeding strategy in the future.

We often scold our athletes – their equipment is imperfect, their training methods are outdated, and there are not enough moral and volitional qualities. However, a large share of the blame for their failures also falls on specialists of horse factories, industry leaders, breeders, scientists who are called upon to improve the sporting qualities of half-breeds. Purposeful selection based on athletic qualities is gradually being introduced into the practice of stud farms.

The state and level of development of the industry in these stud farms are inextricably linked with the demands of equestrian sports. That is, the fate of equestrian sports largely depends on the quality of semi-blood horse breeding products.

The availability of photos of Holstein stallions on the Internet in the form of open data makes it possible to evaluate the technique of jumping at the main angles of bending the neck and limbs.

**Keywords:** *trakenen breed, Holstein breed, breeding stallion, jumping technique, limb flexion angle, occipital angle*

**Citation.** Alekseeva Evgenia I., Dorofeeva Anna V., Podobaeva Natalia V. (2021) "Comparison of the jump model of stallions-producers of the trakenen breed of Russia and the holstein breed of Germany", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 76-83. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-76-83

**Введение.** В Советском Союзе тракененская порода считалась одной из самых успешных в конном спорте и в том числе в конкуре [1]. В этом виде конного спорта конкуренцию им составляли только будённовские и чистокровные верховые лошади.

Впервые информация об оценке прыжковых качеств на свободе в шпрингартене в целях племенной работы была опубликована в 1982 г. в Бельгии, при тестировании жеребцов 3-х лет. В том же году специалистами голштинского союза были оценены двигательные качества кобыл под всадником и прыжковые – на свободе [2].

Примерно в это же время в нашей стране была разработана система оценки прыжковых качеств молодняка на основе сравнения их техники прыжка с идеальной моделью, то есть с лошастью, максимально согнувшей передние конечности и опустившей шею вниз при преодолении высотно-широтных брусьев. На протяжении почти 40 лет отбор в производящий состав лошадей тракененской, ганноверской и голштинской пород производился на основе качества техники прыжка.

В настоящее время прыжки на свободе включены в технологии тренинга и испытаний лошадей многих стран Западной Европы и используются для демонстрации прыжковых качеств лошадей на кёрунгах и аукционах [3].

Распад СССР, связанное с этим разрушение системы финансирования конно-спортивных школ и возможность приобретения в Европе лошадей, подготовленных для выступлений, привели к падению интереса не только к отечественным породам, но и к системе подготовки молодых лошадей [4].

Уровень развития конного спорта существенно снизился, основной высотой в большинстве регионов страны является 100-110 см [5].

Но даже у отечественных всадников экстра-класса результаты на международной арене чрезвычайно низки, хотя выступают они на лошадях европейского уровня селекции и подготовки [6].

В этой ситуации такие отечественные породы, как тракененская и будённовская, представители которых выступали на высоте 150-160 см, не могут быть оценены по результатам использования в конкуре, разве только на любительском уровне [5]. И часто единственной пожизненной оценкой лошади остаются результаты её испытаний на свободе в шпрингартене.

Исследованиями В.Н. Дорофеева [2] было выделено 4 группы эффективности прыжка, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Классификация эффективности прыжка  
 Table 1. Classification of jump efficiency

Группа	Эффективность	Угол холки, °	Локтевой сустав, °	Запястный сустав, °	Предплечье к горизонтали
1	Высокая	150-160	30-40	20-40	Выше
2	Удовлетворительная	160-170	41-50	41-60	На уровне
3	Низкая	Более 170	Более 50	Более 60	Ниже
4	Порочная	Дискоординация, отклонения от идеальной модели			

У лошадей группы № 1 голова и шея максимально опущены вниз, передние конечности согнуты, а предплечье поднято выше горизонтали. Таких лошадей немного, и они приближаются к идеальной модели прыжка. Лошади группы № 2 представляют большую часть молодняка, они имеют правильный рисунок прыжка, но недорабатывают головой и шеей, не так сильно сгибают передние ноги, и их предплечье находится на уровне

горизонтали. Голова и шея лошадей группы № 3 во время прыжка находятся на уровне спины, ноги полусогнуты, предплечье ниже горизонтали. Координирующая роль вертикальных движений головы и шеи лошади наиболее ярко проявляется в прыжках максимальной сложности в момент переноса передних ног над вершиной препятствия [2].

**Цель исследования** – сравнить стиль прыжка жеребцов голштинской и тракененской пород по гибкости, работе шеи и передних конечностей.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом исследования послужили фотографии жеребцов-производителей голштинской и тракененской пород, сделанные во время оценки прыжковых качеств в шпринггартене, без всадника.

Были отобраны фотографии, сделанные на кёрунгах в Германии [10] и на отечественных испытаниях молодняка в фазе максимального сгибания передних ног и предельно низко опущенной шеи и головы. Выборка сделана из списка современных жеребцов-производителей обеих пород, имеющих фотографии прыжка на свободе.

При анализе фотографий важным условием было наличие видимых на снимках точек и углов сгибания (рис.).

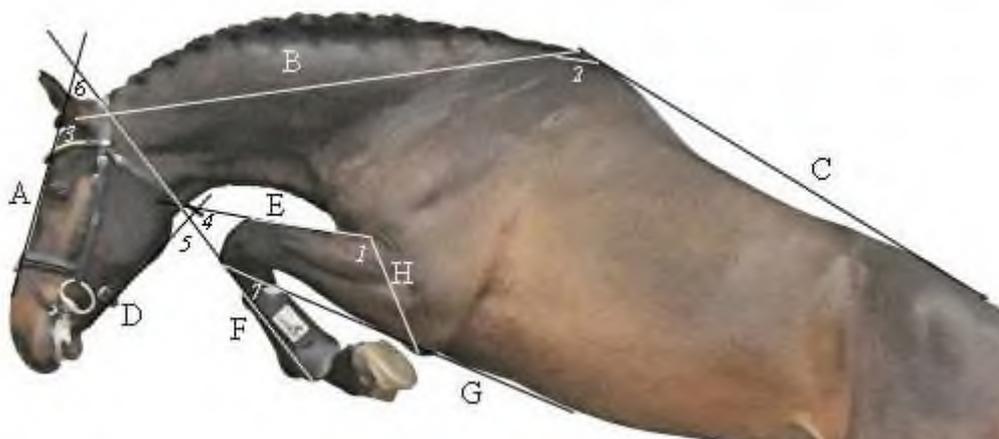


Рисунок. Обозначения основных углов во время максимального сгибания передних конечностей  
Figure. Designations of the main angles during the maximum flexion of the forelimbs

1. Угол между линиями предплечья и плечевой кости (Е-Н).
2. Угол холки измеряли между линией, идущей от крупа к высшей точке холки и от высшей точки холки к затылочному гребню (В-С).
3. Угол затылка – между линией, соединяющей высшую точку холки с затылочным гребнем и линией, касательной к лицевой части головы (А-В).
4. Угол запястья – между линиями, касательными к предплечью и пясти (Е-Ф).
5. Угол между линиями, касательными к краю нижней челюсти и внешней стороны пясти (D-F).
6. Угол между линиями, касательными к лицевой части головы и внешней стороны пясти (А-Ф).
7. Угол между линиями, касательными к нижнему краю грудной клетки и внешней стороны пясти (F-G).

Точки на фотографиях размечались с помощью программы с открытым исходным кодом ImageJ, в которой затем проводилось такое же измерение углов.

Обработка данных производилась с помощью программы Excel.2010.

**Результаты исследований.** При маркировании фотографий мы столкнулись с несколькими проблемами, связанными с плохо различимой мускулатурой на отдельных снимках, особенно у серых лошадей. В некоторых случаях животные сливались с фоном, были развёрнуты к фотографу, сняты с разных ракурсов. Все эти факторы, безусловно, повлияли на точность вычислений. Тем не менее при обработке результатов определения угловых

характеристик в момент наибольшего сгибания передних конечностей у лошадей обеих пород больших различий не установлено.

Угол предплечья к плечевой кости на фотографиях обеих выборок (табл. 2) практически не отличается, у голштинцев он меньше на 1,1 градуса, то есть тракненские лошади поднимают предплечье чуть выше, чем лошади голштинской породы.

Таблица 2. Результаты измерения угла между линиями предплечья и плечевой кости (Е-Н)  
 Table 2. Results of measuring the angle between the lines of the forearm and the humerus (E-H)

Порода	N, голов	M±m, °	σ	Cv,%	max,°	min,°
Голштинская	19	121,9±2,25	9,80	8,0	139,8	102,3
Тракненская	13	123,0±2,39	8,62	7,0	133,6	106,3
В среднем	32	122,4±1,63	9,21	7,5	139,8	102,3

При этом коэффициент вариации признака у тракненских жеребцов меньше, чем у голштинских, как и разница между максимальным и минимальным значением.

Таблица 3. Результаты измерения «угла холки» (В-С)  
 Table 3. Results of measuring the "withers angle" (B-C)

Порода	N, голов	M±m, °	σ	Cv,%	max,°	min,°
Голштинская	19	145,7±1,29	5,64	3,9	158,3	136,3
Тракненская	13	147,0±2,11	7,61	5,2	159,9	137,7
В среднем	32	146,3±1,14	6,43	4,4	159,9	136,3

Мы видим, что исследованные голштинские жеребцы больше «сгибались в холке» (табл. 3), чем тракненские, хотя величина эта в среднем минимальна и составляет всего 1,3 градуса. При этом коэффициент вариации у голштинских жеребцов более стабилен – 3,9 против 5,2 у тракненских лошадей. Амплитуда колебаний значений признака у голштинских жеребцов меньше, чем у тракненских.

Таблица 4. Результаты измерения «угла затылка» (А-В)  
 Table 4. Measurement results of the "occipital angle" (A-B)

Порода	N, голов	M±m,°	σ	Cv,%	max,°	min,°
Голштинская	19	122,5	5,04	4,1	133,1	116,3
Тракненская	13	118,12	10,08	8,5	131,9	101,0
В среднем	32	120,75	7,68	6,4	133,1	101,0

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что голштинские лошади сильнее вытягивают голову вперед – 122,5°, а тракненские, по сравнению с ними, чуть больше опускают голову вниз – 118,1°, к предплечьям. При этом в группе голштинских лошадей этот признак более стабилен, так как коэффициент вариации в 2 раза меньше, чем у тракненских жеребцов, – 4,1%, а разница между максимальным и минимальным значениями всего 16,8°, в то время как у тракненских лошадей размах колебаний равен 30,9 градуса. Совершенно естественно то, что наибольший «угол затылка» у тракенов и голштинов практически одинаков, различаясь всего на 1,2°. А наименьший угол сгибания в затылке у тракенов 101,0°, что на 15,1 градуса меньше минимального значения у голштинских лошадей.

Сравнивая значения таблиц 3 и 4, мы видим, что более острый угол холки у голштинских лошадей сопровождается более вытянутой вперед головой, что может быть связано с балансом во время преодоления максимально высокой точки полёта. Тракены же, судя по фотографиям, группируются несколько иначе – ниже опуская голову к предплечьям.

Таблица 5. Результаты измерения угла запястья (E-F)  
 Table 5. Wrist angle measurement results (E-F)

Порода	N, голов	M±m, °	σ	Cv,%	max, °	min, °
Голштинская	19	48,33±1,75	7,64	15,8	64,5	33,3
Тракененская	13	52,35±3,06	11,02	21,1	66,1	30,7
В среднем	32	49,96±1,63	9,22	18,4	66,1	30,7

Из данных таблицы 5 следует, что угол сгибания передней конечности в запястном суставе у лошадей голштинской породы меньше, чем у тракенов, в среднем на 4°. При этом коэффициент вариации признака у голштинов 15,8%, что на 5,3% меньше, чем у тракенов. Размах колебаний минимального и максимального значения у голштинских лошадей более узок, что говорит о том, что этот признак отселекционирован в более высокой степени. При этом у тракенов минимальный угол сгибания передних ног лучше и составляет 30,7 градуса, а максимальный – значительно хуже – 66,1°.

На фотографиях, выбранных нами для исследования, стиль прыжка почти идентичен, что говорит о высоком качестве селекции по этому признаку в обеих породах. Однако даже в этой случайной выборке можно увидеть, как по-разному лошади группируются в прыжке, подчас почти прижимая голову к запястному суставу. Этот угол чётко виден на всех фотографиях и легко поддаётся измерению. Для сравнения мы измерили угол DF – между пястью и линией нижней челюсти и AF – между пястью и линией лицевой части головы.

Таблица 6. Результаты измерения угла между линиями, касательными к краю нижней челюсти и внешней стороны пясти (D-F)

Table 6. Results of measuring the angle between the lines tangent to the edge of the lower jaw and the outside of the mouth (B-A)

Порода	N, голов	M±m, °	σ	Cv,%	max, °	min, °
Голштинская	19	92,46±3,40	14,84	16,0	116,2	66,8
Тракененская	13	85,82±4,38	15,79	18,4	111,1	50,3
В среднем	32	89,76±2,71	15,34	17,1%	116,2	50,3

Измерения показали, что в обоих случаях (табл. 6 и 7) у лошадей тракененской породы голова приближена к запястному суставу больше, чем у голштинских.

Теоретически это может быть связано с разной силой прыжка, так как на большей части фотографий голштинские лошади совершают иррациональный прыжок с большим запасом высоты и вытянутая вперёд голова позволяет им лучше сохранять баланс в фазе полёта. Тракены же характеризуются более рациональной, но не такой эффектной и модной техникой, проходя низко над барьером и опуская голову и шею ниже, для лучшего сгибания передних конечностей.

Таблица 7. Результаты измерения угла между линиями, касательными к лицевой части головы и внешней стороны пясти (A-F)

Table 7. Results of measuring the angle between the lines tangent to the front of the head and the outside of the mouth (A-F)

Порода	N, голов	M±m, °	σ	Cv,%	max, °	min, °
Голштинская	19	66,69±4,02	17,52	26,3	89,0	32,4
Тракененская	13	62,99±4,48	16,17	25,7	98,1	36,2
В среднем	32	65,19±2,97	16,82	25,8	98,1	32,4

Таблица 8. Результаты измерения угла между касательной к нижнему краю грудной клетки и внешней стороны пясти (F-G)

Table 8. Results of measuring the angle between the tangent to the lower edge of the chest and the outside of the pastern (F-G)

Порода	N, голов	M±m,°	σ	Cv,%	max,°	min,°
Голштинская	19	34,77±3,07	13,40	38,5	57,1	13,9
Тракененская	13	37,65±3,89	14,01	37,2	62,2	16,6
В среднем	32	35,94±2,39	13,50	37,6	62,2	13,9

Угол между линиями груди и пясти показывает, насколько пясть прижата к корпусу, и данные таблицы 8 свидетельствуют о том, что у голштинских лошадей этот показатель также меньше.

**Выводы.** В нашем исследовании не было выявлено значительных различий в технике прыжка голштинских и тракененских жеребцов. Голштинские лошади показывали технику прыжка в среднем на 1,1-6,6° лучше, чем тракены, но это настолько незначительно, что разницу между ними сложно определить без использования специальных программ. Это означает, что, во-первых: селекция по данному признаку находится на высоком уровне в обеих породах, во-вторых: тракененские жеребцы отечественной селекции по качеству прыжка соответствуют представителям голштинской породы Германии – лучшей в мировом конкурном рейтинге, и в-третьих: оценка жеребцов по технике прыжка является важным этапом отбора производителей, так как использование в племенной работе лошадей с высокой эффективностью прыжка ведёт к улучшению всего массива породы.

#### Список источников литературы

1. Дорофеева Н.В., Дорофеева А.В., Викулова Л. Русские тракены в спорте // Тракененская порода: инф. вып. – Дивово, 2003. – С. 4 – 10.
2. Дорофеев В.Н. Технология тренинга и испытаний молодняка верховых пород лошадей спортивного направления: дис... доктора сельскохозяйственных наук: 06.02.04 / ВНИИК. – Рязань, 1995. – 221 с.
3. Политова М.А. Грядёт реформа // Конный Мир. – 2015. – №4. – С. 64-69.
4. Киборт М.И., Николаева А.А., Филиппова Н.Ю.//Коневодство и конный спорт. – 2019. – №6. – С. 6-12.
5. Дорофеева А.В. Анализ уровня соревнований по конкуру в ПФО в 2019 г.: сборник докладов национального форума «Конная индустрия и современное общество: перспективы, тенденции, регулирование». – СПбГАУ, 2020. – С. 58-64.
6. Дорофеева А.В. Конная индустрия и современное общество: перспективы, тенденции, регулирование: сборник докладов национального форума/ФГБОУ ВО СПбГАУ, 2020. – С. 64-69.
7. Политова М.А. Глобализация по-голландски // Конный Мир. – 2017. – №4. – С. 60-65.
8. Политова М.А. Хранители спортивных генов (рейтинг WBFSH)//Голдмустанг. – 2020. – №1 (195). – С. 78-83.
9. Политова М.А., Дорофеева А.В. Линейная принадлежность жеребцов-производителей, лидирующих в мировом конном спорте, и структура современной популяции спортивных лошадей в России//Коневодство и конный спорт. – 2020. – № 3. – С. 15-18.
10. Die Hengste der Hengsthaltungs. – URL: <https://www.holsteiner-verband.de/de/hengste?eigentuemmer=verband&besamung=alle&hsLang=de> (дата обращения: 05.09.2021).

### References

1. Dorofeev N. In., Dorofeeva, A. V., Vikulova, L. (2003) Russian Tracey in sports, *Trakenenskaya breed: INF. vol.* – Divovo, P. 4-10.
2. Dorofeev V.N. (1995) Technology training and testing of youngsters riding horse breeds sports, *thesis...of doctor of agricultural Sciences: 06.02.04* – VNIIC, Ryazan, 221 p.
3. Politova M. A. (2015) Reform is coming, *Equestrian World*, No. 4, pp. 64-69.
4. Kibort M. I., Nikolaeva A. A., Filippova N. Yu. (2019) Horse breeding and equestrian sports, No. 6, pp. 6-12.
5. Dorofeeva A.V. (2020) Analysis of the level of show jumping competitions in the Volga Federal District in 2019. Collection of reports of the national forum "Equestrian industry and modern society: prospects, trends, regulation". SPbGAU, pp. 58-64.
6. Dorofeeva A.V. (2020) Mercedes, but not benz! Collection of reports of the national forum "Equestrian industry and modern society: prospects, trends, regulation". SPbGAU, pp. 64-69.
7. Politova M.A. (2017) Globalization in Holstein, *"Equestrian World"*, No. 4, pp. 60-65.
8. Politova M.A. (2020) Keepers of sports genes (WBFSH rating), *Goldmustang*, №1 (195), Pp. 78-83.
9. Politova M. A., Dorofeeva A.V. (2020) The linear affiliation of breeding stallions leading in world equestrian sports and the structure of the modern population of sports horses in Russia, *Horse breeding and equestrian sports*, No. 3, pp. 15-18.
10. Die Hengste der Hengsthaltungs GmbH URL: [//https://www.holsteiner-verband.de/de/hengste?eigentuemmer=verband&besamung=alle&hsLang=de](https://www.holsteiner-verband.de/de/hengste?eigentuemmer=verband&besamung=alle&hsLang=de) (data obrascheniya: 05.09.2021).

### Сведения об авторах

**Евгения Ивановна Алексеева** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3988-8816

**Анна Витальевна Дорофеева** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства; spin-код: 8912-9480

**Наталья Валерьевна Подобаева** – младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства; spin-код: 8262-7193

### Information about the authors

**Evgenia I. Alekseeva** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Large Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; spin-code: 3988-8816

**Anna V. Dorofeeva** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Horse Breeding; spin-code: 8912-9480

**Natalia V. Podobaeva** – Junior researcher, All-Russian Research Institute of Horse Breeding; spin-code: 8262-7193.

**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, implementation 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 23.08.2021; одобрена после рецензирования 06.10.2021; принята к публикации 06.10.2021*

*The article was submitted 23.08.2021; approved after reviewing 06.10.2021; accepted after publication 06.10.2021*

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

---

Научная статья

УДК 633.521.631.3

doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-84-92

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ РУЛОНОВ ЛЬНОТРЕСТЫ  
НА ПРИМЕРЕ ООО «УТОРГОШСКИЙ ЛЬНОЗАВОД» НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Михаил Алексеевич Новиков<sup>1</sup>, Сергей Борисович Павлов<sup>2</sup>**

<sup>1</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>2</sup> Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, Великий Новгород, 173003, Россия; sergeypavlov58@yandex.ru;  
<http://orcid.org/0000-0003-1866-1651>

**Реферат.** Лён-долгунец в силу его уникальных свойств по-прежнему является важнейшей сельскохозяйственной культурой для России. Экономические показатели производства льна-долгунца во многом зависят от уборки, на долю которой приходится до 70% от всех трудозатрат. Заключительным этапом уборочных работ является операция по транспортировке рулонов льнотресты к месту складирования и хранения. В статье проанализированы транспортные средства, применяемые при перевозке рулонов льна.

Анализ показал, что тракторные прицепы различных марок, автомобильный грузовой транспорт, используемые при транспортировании, не приспособлены для перевозки рулонов, т.к. размеры кузовов позволяют загрузить их только на 50-60% грузоподъёмности. Это приводит к существенному росту стоимости перевозки льносырья на льнозаводы, что снижает доходность отрасли. В связи с тем, что большинство полей расположено на расстоянии 15-35 км от льнозавода, то при низкой производительности транспортных средств рулоны льнотресты долгое время находятся под воздействием атмосферных осадков и портятся. В настоящее время для перевозки рулонов сена, соломы и льна рекомендуется применение самозагружающихся специализированных транспортных средств, позволяющих высвободить погрузчики с различной вместимостью рулонов. Они выполняют самозагрузку и транспортирование рулонов с последующей саморазгрузкой их в местах хранения. Однако эффективность использования специализированных самозагружающихся транспортных средств ограничивается расстоянием перевозки, что важно для данного предприятия.

Исходя из финансовых возможностей предприятия, рассмотрены технологии сбора, погрузки и транспортировки рулонов льнотресты. Определены пути повышения эффективности существующего способа перевозки рулонов. Предложено устройство для подбора и транспортировки рулонов льна к местам погрузки, применение которого позволяет снизить затраты денежных средств на транспортировку рулонов, сократить число проездов по полю и снизить уплотнение почвы.

**Ключевые слова:** лён-долгунец, льнотреста, уборка, рулон, погрузка, перевозка, транспортное средство

**Цитирование.** Новиков М.А., Павлов С.Б. Повышение эффективности перевозки рулонов льнострелы (на примере ООО «Уторгошский льнозавод» Новгородской области) // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №3 (64). – С. 84-92. doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-84-92

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION OF FLAX ROLLS ON THE EXAMPLE OF LLC "UTORGOSH FLAX FACTORY" OF THE NOVGOROD REGION

Mikhail A. Novikov<sup>1</sup>, Sergey B. Pavlov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye Shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; mihanov25@rambler.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6349-1842>

<sup>2</sup>Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Bolshaya St. Peterburgskaya, Veliky Novgorod, 41, 173003, Russia; sergeypavlov58@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1866-1651>

**Abstract.** Fiber flax due to its unique properties is still the most important crop for Russia. The economic indicators of the production of fiber flax largely depend on harvesting, which accounts for up to 70% of all labor costs. The final stage of harvesting is the operation of transporting flax rolls to the place of storage. The article analyzes the vehicles used in the transportation of flax rolls.

The analysis showed that tractor-trailers of various brands, road trucks used in transportation are not adapted for the transportation of rolls, because the dimensions of the bodies allow them to be loaded only at 50-60percentage of the carrying capacity. This leads to a significant increase in the cost of transporting flax raw materials to flax factories, which reduces the profitability of the industry. Due to the fact that most of the fields are located at a distance of 15-35 km from the flax factory, then at a low distance Performance of vehicles rolls flax for a long time are under the influence of precipitation and deteriorate. Currently, the use of self-loading specialized vehicles is recommended for the transport of rolls of hay, straw and flax, allowing the release of loaders with different roll capacities. They perform self-loading and transportation of rolls with their subsequent self-unloading in storage areas. However, the efficiency of the use of specialized self-loading vehicles is limited by the distance of transportation, which is important for the enterprise.

Based on the financial capabilities of the enterprise, the technologies of collection, loading and transportation of flax rolls are considered. The ways of increasing efficiency of the existing method of transportation of rolls are defined. A device for the selection and transportation of flax rolls to loading points is proposed, the use of which allows reducing the cost of money for the transportation of rolls, reducing the number of passages through the field and reducing soil compaction.

**Keywords:** *flax, flax, cleaning, roll, loading, transportation, vehicle.*

**Citation.** Novikov Mikhail A., Pavlov Sergey B. (2021) "Improving the efficiency of transportation of flax rolls on the example of llc "Utorgosh flax factory" of the Novgorod region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, № 3, pp. 84-92. (In Russ.). doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-84-92

**Введение.** Лен-долгунец является наиболее важной сельскохозяйственной технической культурой. Продукты его переработки служат источником оригинального натурального, экологически чистого сырья для текстильной, химической, пищевой промышленности и целого ряда других отраслей народного хозяйства.

Уборка – наиболее сложный по условиям проведения и трудоёмкости этап производства продукции льна-долгунца. Она включает в себя ряд операций, присущих для многих технологий: извлечение (теребление) растений, отделение очесом семенной части

урожая, расстил льносоломки для превращения в тресту путем сушки и вылежки; подбор тресты с образованием рулонов; погрузка и транспортировка рулонов.

Рулонная технология, широко применяемая при раздельном и комбайновом способах уборки, позволяет полностью исключить ручной труд на всех технологических процессах – от подбора тресты из лент до её реализации на льнозавод.

Заключительным этапом заготовки льнотресты является её транспортировка к местам складирования и хранения. Погрузка и транспортировка грузов являются наиболее энергоёмкими операциями и составляют большую долю в объёме всех сельскохозяйственных работ.

Тракторные прицепы различных марок и автомобильный грузовой транспорт, используемые при транспортировании, не приспособлены для перевозки рулонов, т.к. размеры кузовов позволяют загрузить их только на 50–60% грузоподъёмности. Это приводит к существенному росту стоимости перевозки льносырья на льнозаводы, что снижает доходность отрасли.

**Цель исследования** – определить наиболее рациональную технологию сбора, погрузки и транспортирования рулонов льнотресты.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Основные характеристики параметров формы и пространственного расположения рулонов льнотресты на поле, определённые во время работы, послужили опытными данными для разработки устройства для подбора и транспортировки рулонов льна (Патенты № 51451 [8] и № 148702 [10]). Обоснование некоторых параметров устройства и его производственная проверка представлены Перовым Г. А. в работе «Обоснование некоторых параметров свозчика рулонов льна» [1].

ООО «Уторгошский льнозавод» делает не только переработку льнотресты в длинное и короткое волокно, но и с 2003 года занимается выращиванием льна-долгунца, посевные площади которого составляют около 1000 га. На предприятии используют комбайновую технологию уборки льна-долгунца, при которой теребление стеблей льна с одновременным очёсом семенных коробочек и расстилом их в ленту производят прицепными льнокомбайнами ЛК-4А. Собранный в прицепы 2ПТС-4,5 льняной ворох отвозят на пункт сушки и переработки льновороха КСПЛ-0,9. Ворошение лент льна выполняют ворошилкой ВЛ-3 по мере прорастания их травой и перед подбором стеблей льна пресс-подборщиками. Полученную льнотресту подбирают и формируют в рулоны посредством пресс-подборщиков ПР-1,5 и транспортируют на льнозавод в прицепах 2ПТС-4,5. Погрузка рулонов на транспорт и укладка их на хранение в шохи выполняется погрузчиками ПМС-0,8.

Транспортировка льнотресты к местам складирования и хранения является заключительным этапом её заготовки. Вывоз рулонов с убранного поля требуется произвести в течение суток. Погрузка и перевозка рулонов являются энергоёмкими операциями и занимают большую долю в объёме уборки льна-долгунца.

На данном предприятии для перевозки рулонов льнотресты применяют тракторные прицепы 2ПТС-4,5, агрегатируемые с тракторами МТЗ-82. В них загружают рулоны лежа, в два ряда по три рулона и два рулона укладывают сверху во второй ярус. Всего загружается восемь рулонов льнотресты.

Рулоны, полученные при формировании пресс-подборщиком ПР-1,5, имеют следующие характеристики: ширина рулона – 1,15 м; диаметр рулона – до 1,5 м; плотность прессования – 120-200 кг/м<sup>3</sup>; масса рулона – 200-250 кг. Коэффициент статического использования вместимости кузова определяется:

$$K_{\Gamma} = \frac{q_{\phi}}{q_{H}}, \quad (1)$$

где  $q_{\phi}$  – фактически перевезённое количество груза за езду, т;  
 $q_{H}$  – номинальная грузоподъёмность транспортного средства, т.

В нашем случае он составляет 0,36-0,44, а это показывает, что тракторные прицепы для перевозки рулонов и габариты их кузова обеспечивают низкий коэффициент использования грузоподъёмности. Это приводит к значительному росту стоимости перевозки рулонов, что снижает доходность льна-долгунца. Так как большинство полей расположено на расстоянии 15-35 км от предприятия и при низкой производительности транспортных средств это приводит к тому, что рулоны льнотресты долгое время остаются в поле, попадают под дождь и портятся.

В странах западной Европы, занимающихся льноводством, для перевозки рулонов льнотресты применяют специализированные автопоезда или транспортные крупногабаритные прицепы, позволяющие загружать рулоны в три яруса, а по ширине платформы они устанавливаются в два ряда. Масса перевозимой тресты на транспортном средстве может достигать 20 тонн [2].

В Белоруссии перевозят рулоны льна на льнозавод тракторными прицепами ПТС-10, 2ПТС-6, автопоездом МАЗ-53360+прицеп 837810 [3], применяют также тракторный прицеп (платформу) ЗППТ-8,9 и погрузчик-транспортёрщик рулонов ТП-10 [4]. В перспективе разработана транспортёрка рулонов на базе автомобилей «МАЗ» [5].

Учитывая ограниченные финансовые возможности предприятия, предлагаем использовать для перевозки рулонов льнотресты транспортные средства, имеющиеся на предприятии.

Проанализируем три варианта технологии сбора и транспортировки рулонов:

1 вариант. Операции сбора, погрузки и транспортировки рулонов до хранилища осуществляются тракторными прицепами 2ПТС-4,5.

2 вариант. Операции сбора, погрузки и транспортировки рулонов на край поля производятся специальным устройством и с дальнейшей их перевозкой тракторными прицепами.

3 вариант. Сбор, погрузка и транспортировка рулонов к хранилищу выполняются специализированными транспортными средствами.

Рассмотрим 1 вариант. С внедрением рулонной технологии уборки льна-долгунца появилась необходимость в разработке пресс-подборщиков для льна, погрузчиков, перевозчиков рулонов. Вначале рулоны укладывались поперёк кузова, для этого использовался автомобиль «Шкода-706» [6]. Затем при перевозке рулонов с автомобилей и транспортных прицепов стали снимать борта кузова. При погрузке рулоны располагаются на платформе вертикально, комлями вниз. На платформе автомобилей ЗИЛ-133 и КАЗ-717 укладывают 24 рулона в три яруса по восемь в каждом [7]. Размеры платформы тракторных прицепов 2ПТС-4,5 позволяют укладывать по шесть рулонов в два яруса. При хорошей дороге добавляем ещё и третий ярус из четырёх рулонов. Таким образом на прицеп помещают 12-16 рулонов общей массой 3-4 т и коэффициент использования статической грузоподъёмности повышается до 0,67-0,89.

Для скрепления рулонов между собой используют Т-образные штыри и тяги с кольцами на концах. Таким образом, рулоны каждого яруса оказываются связанными между собой, что исключает возможность их падения с платформы при перевозке. В этом случае к продолжительности рейса добавляется время установки креплений в рабочее положение и снятие их при разгрузке.

Во втором варианте предлагается выполнять сбор рулонов льнотресты на край поля специальным устройством [8]. При средней урожайности льнотресты 2,5-3,0 т/га рулоны находятся на расстоянии 100-150 м один от другого [1].

Урожайность льнотресты в ООО «Уторгошский льнозавод» ниже средней, так как лён возделывается из года в год на одних и тех же полях. Разброс рулонов ещё больше, поэтому с целью экономии денежных средств, снижения трудовых затрат и расхода топлива, сокращения числа проездов по полю, а также снижения уплотнения почвы, необходимо специальное устройство для свозки рулонов в места их погрузки.

Устройство состоит из двух частей (рис.).

На заднюю навеску трактора крепится вилообразное устройство, состоящее из поперечного бруса 2, в ячейках которого установлены пальцы 1. Конструкция задней навески трактора, при воздействии гидроцилиндра, обеспечивает подбор, транспортирование и выгрузку рулона.

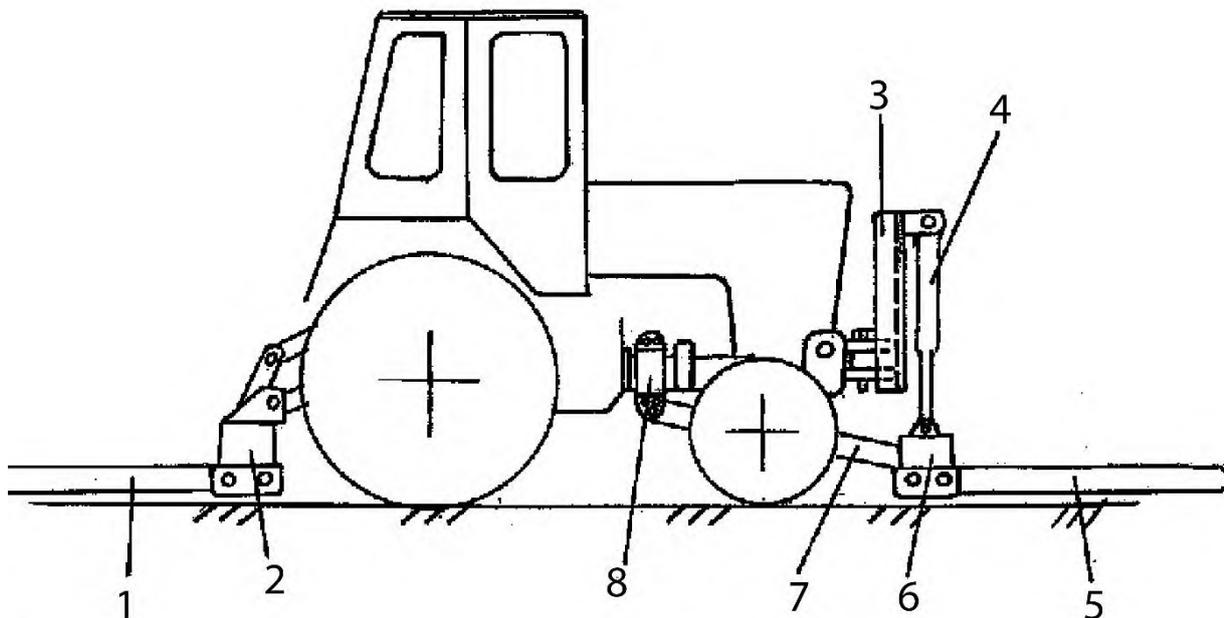


Рисунок. Устройство для сбора рулонов льна  
Figure. Device for collecting flax rolls

Спереди трактора установлено дополнительно разработанное устройство [9]. Оно содержит поперечный брус 6, на котором в ячейках установлены пальцы 5. К центру бруса присоединён гидроцилиндр 4 со стойкой 3, которая крепится к буксирному крюку трактора. Для навешивания устройства на трактор оно снабжено тягами 7, которые приварены к брусу 6, а вторым концом шарнирно соединены с кронштейнами 8, закреплёнными на лонжеронах трактора. Питание гидроцилиндра осуществляется от второго золотника распределителя гидросистемы трактора.

На брусах 2 и 6 переднего и заднего устройства размещены дополнительные ячейки. Путём перестановки пальцев 1 и 5 в ячейках изменяется расстояние между ними, что позволяет подбирать рулоны разного диаметра (от 1,2 до 1,5 м).

Навешивается устройство на тракторы тягового класса 0,6; 0,9 и 1,4.

Рассмотренное устройство подбирает и транспортирует к месту погрузки сразу два рулона. Его применение позволит увеличить производительность погрузки рулонов в 1,5 раза, снизить расход топлива, так как в рассмотренном первом варианте много времени тратится на переезды между рулонами двух средств: погрузчика ПМС-08, навешанного на трактор МТЗ-82, и транспортного средства трактора МТЗ-82, с прицепом 2ПТС-4,5.

В третьем варианте рекомендуется применение самозагружающихся специализированных транспортных средств, позволяющих высвободить погрузчики. В настоящее время их разработали в достаточном количестве для перевозки рулонов сена, соломы и льна с различной вместимостью рулонов. Они выполняют самозагрузку и транспортирование рулонов с последующей саморазгрузкой их в местах хранения. Выгрузка рулонов производится на поверхность земли в горизонтальном положении.

На льнозаводах рулоны хранятся в шобах в вертикальном положении комлями вниз, куда их устанавливают друг на друга погрузчиком. Поэтому для полного высвобождения

погрузчиков необходимо применять специализированные транспортные средства, которые выполняли бы разгрузку рулонов льна с установкой их в вертикальное положение. Впервые в нашей стране такой самозагружающийся прицеп для перевозки рулонов был представлен на выставке «Сельхозтехники-84» фирмой «Ривьер-Казалис», Франция [9].

Однако эффективность использования специализированных самозагружающихся транспортных средств ограничивается расстоянием перевозки. В Белоруссии рекомендуют использовать погрузчик-транспортировщик рулонов ТП-10 в агрегате с трактором МТЗ-1221 на расстоянии перевозки до 3 км. Для транспортировки прессованной массы в условиях Сибири авторы [10] определили пределы рационального использования специализированных транспортных средств: с вместимостью 3-4 рулона – до 2 км; с вместимостью 6 рулонов – до 6 км и вместимостью 8 рулонов – до 10 км. Поэтому для данного предприятия, учитывая расположение полей в радиусе 15-35 км, применение самозагружающихся транспортных средств является неэффективным.

Учитывая вышеизложенное, далее проведём сравнение 1 и 2 вариантов с существующим вариантом перевозки рулонов льнотресты на предприятии.

Продолжительность работы можно определить:

$$T_p = T_{уис} + T_z + T_{zp} + T_{xx} + T_{pz}, \text{ ч}, \quad (2)$$

где  $T_{уис}$  – время установки креплений рулонов в рабочее положение и снятие их, ч;

$T_z$  – время загрузки транспортного средства, ч;

$T_{zp}$ ,  $T_{xx}$  – время движения с грузом и без него, ч;

$T_{pz}$  – время разгрузки транспортного средства, ч.

Время установки крепления рулонов в рабочее положение и снятие их составляет  $T_{уис} = 0,15$  ч (характерно только для 1 и 2 вариантов).

Продолжительность полного рабочего цикла погрузчика:

$$t_z = t_n + \frac{l}{V_p} + \frac{l}{V_x}, \text{ ч}, \quad (3)$$

где  $t_n$  – время самой погрузки на транспортное средство, ч;

$l$  – длина пути погрузчика от места погрузки до следующего рулона, км;

$V_p$ ,  $V_x$  – скорость рабочего холостого хода погрузчика, км/ч.

Последние два слагаемых не учитываем во 2 варианте, так как рулоны льнотресты свозятся к месту погрузки специальным устройством.

Время движения:

$$T_{zp} = \frac{S}{V_{zp}}; T_{xx} = \frac{S}{V_{xx}}, \quad (4)$$

где  $S$  – расстояние перевозки от поля до льнозавода, км;

$V_{zp}$ ,  $V_{xx}$  – скорость движения транспортных средств с грузом и без груза, км/ч.

Среднее расстояние перевозки рулонов льнотресты примем:  $S = 25$  км.

**Результаты исследований.** При расчёте расхода топлива на рейс учитываем работу погрузчика, а во 2 варианте и работу устройства для сбора рулонов к месту погрузки. Результаты расчётов представлены в таблице.

Анализ представленных результатов расчета показывает, что:

1. Повысить эффективность перевозки рулонов льнотресты можно на тракторных прицепах 2ПТС-4,5 путём снятия бортов и располагая рулоны вертикально комлями вниз в два или три яруса. Для скрепления рулонов между собой необходимо использовать Т-

образные штыри и тяги с кольцами на концах. Коэффициент использования грузоподъёмности  $K_r$  транспортного средства увеличивается в 1,5-2 раза.

2. Для сбора рулонов льнотресты, находящихся на поле на удалении 100-150 м друг от друга к месту их погрузки в транспортное средство, необходимо использовать устройство для подбора и транспортировки рулонов льна (Патент № 51451 [8] и № 148702 [9]). Это устройство навешивается на трактор класса 0,6, 0,9 или 1,4 и позволяет одновременно подвозить по два рулона.

Таблица. **Технико-экономические показатели**  
 Table. **Technical and economic indicators**

Наименование показателей	Существующий вариант	1 вариант	2 вариант
Время рейса, ч	2,54	2,98	2,56
Количество перевозимых рулонов, шт.	8	16	16
Масса рулонов, т	2	4	4
Коэффициент использования грузоподъёмности, $K_r$	0,44	0,89	0,89
Производительность транспортного средства, т/ч	0,79	1,34	1,56
Расход топлива на рейс, л	28,4	38,1	26,6
Расход топлива на 1 т груза, л/т	14,2	9,5	6,7
Экономия топлива, л/т		4,7	7,5

**Выводы.** На основании выполненных теоретических и практических исследований можно сделать заключение, что применение устройства для подбора и транспортировки рулонов льна позволит снизить затраты труда и расход топлива, сократить число проездов по полю и снизить уплотнение почвы. Предлагаемый сборщик рулонов льнотресты имеет низкую стоимость, простое устройство и может быть изготовлен в мастерских сельскохозяйственного предприятия.

#### Список источников литературы

1. Перов Г.А., Ковалёв М.М., Толстущко М.М. Обоснование некоторых параметров свозчика рулонов льна // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: матер. Междунар. научно-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЛ, 2017. – С. 247-251.
2. Орбинский Д.Ф., Шушков Р.А. Оптимизация транспортных средств при перевозке льносырья //Экономические и социальные перемены, факты, тенденции, прогноз. – 2012. – №5 (23). – С. 137-142.
3. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства /под ред. А. В. Новикова. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 516 с.
4. Шаршунов В.А., Алексеенко А.С., Цайц М.В., Левчук В.А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна //Вестник Белорусской гос. с/х академии. – 2017. – №2. – С.134-141.
5. Казакевич П.П. Совершенствование технологий производства и переработки льна-долгунца и льна масличного. – Минск: Белорусская наука, 2016. – 184 с.
6. Jng. Miroslav Binder a kolektiv. Mechanizace velkovýrobního pěstování lnu. Vydalo ministerstvo zemědělství a vř̄ ivy Českē socialistickē republiky ve Stātním zemědělskē nakladatelství v Praze, 1980. – s. 152.
7. Справочник льновода /Сост. М. М. Труш и Ф. М. Карпунин. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1985. – 240 с.

8. Патент № 51451 РФ МПК 51A01D45/06. Устройство для подбора и транспортировки рулонов льна /Павлов С. Б., Еськов Н. А.: Заявка № 2005130778/22; заявлено 04.10.2005; опуб. 27.02.2006, Бюл. № 6.
9. Патент №148702 РФ МПК51 А001D45/06. Устройство для подбора и транспортировки рулонов льна /Павлов С. Б., Мелков Д. С.: Заявка № 201424354/13; заявлено 16.04.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34.
10. Гуськов А. Ю., Тихонкин И. В., Блынский Ю. Н. Использование специализированных транспортных средств в технологиях сбора и транспортировки прессованной в рулоны растительной массы в условиях Сибири //Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №2 (46). – С. 146-152.

### References

1. Perov G.A., Kovalev M.M., Tolstushko M.M. (2017) Substantiation of some parameters of the svoschik rolls of flax / in sb. Innovative developments for the production and processing of bast crops, *Mater. Int. scientific and practical. Conf. FGBNU VNIIML*, Pp. 24
2. Orobinsky D.F., Shushkov R.A. (2012) Optimization of vehicles during transportation of flax raw materials / *Economic and social changes, facts, trends, forecast*, №5 (23). – Pp. 137-142.
3. Technical support of crop production / edited by A. V. Novikov. – Minsk: New Knowledge; M.: INFRA-M, – 2015. – 516 p.
4. Sharshunov V.A., Alekseenko A.S., Tsayts M.V., Levchuk V.A. (2017) Analysis of mechanized technologies of harvesting and primary processing of flax, №2. – Pp.134-141.
5. Kazakevich P.P. (2016) Perfection of technologies of production and processing of flax-dolgunets and flax of oilseed. – Minsk: Belaruskaya navuka, 184 p.
6. Jng. Miroslav Binder a kolektiv. (1980) Mechanizace velkovýrobního pěstování lnu. Vydalo ministerstvo zemědělství a výživy České socialistické republiky ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze, 19 – P. 152.
7. Directory of flax grower /Sost. M. M. Trush and F. M. Karpunin. – L.: Agropromizdat. Leningr. otdnie, 1985. – 240 p.
8. Patent No. 51451 RF IPC 51A01D45/06. Device for selection and transportation of flax rolls / Pavlov S. B., Yeskov N. A.: Application No. 2005130778/22; declared 04.10.2005; pub. 27.02.2006, Byul. № 6.
9. Patent No148702 RF MPK51 А001D45/06. Device for selection and transportation of flax rolls / Pavlov S. B., Melkov D. S.: Application No. 201424354/13; announced 16.04.2014; publ. 10.12.2014, Byul. № 34.
10. Guskov A. Yu., Tikhonkin I. V., Blynsky Y. N. (2018) Use of specialized vehicles in technologies of collection and transportation of vegetative mass pressed into rolls in Siberia . . Far Eastern Agrarian Bulletin, №2 (46), Pp. 146-152.

### Сведения об авторах

**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.

**Павлов Сергей Борисович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесного хозяйства и земельных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», spin-код: 9127-0843.

### Information about the authors

**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.

**Pavlov Sergey Borisovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Forestry of Land Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, spin-code: 9127-0843.

**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 06.09.2021; одобрена после рецензирования 04.10.2021; принята к публикации 05.10.2021*

*The article was submitted 06.09.2021; approved after reviewing 04.10.2021; accepted after publication 05.10.2021*

Научная статья

УДК 631.372:631.311

doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-92-106

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА СО СКОБООБРАЗНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ С ТРАКТОРОМ ТЯГОВОГО КЛАССА 3**

**Нозим Исмоилович Джабборов<sup>1</sup>, Александр Владимирович Добринов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия; nozimjon-59@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8910-2625>

<sup>2</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия; a.v.dobrinov@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3242-1235>

**Реферат.** В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур самым энергоемким является обработка почвы, и на неё приходится 35-40% энергетических затрат. Для снижения экологической нагрузки почвообрабатывающих агрегатов на окружающую среду, защиты почв от переуплотнения и эрозии, в соответствии с зональными требованиями, разрабатываются новые энергоэффективные или энергосберегающие технологии и технические средства. Объектом исследований являлся почвообрабатывающий агрегат УКПА-2,4 со скобообразными рабочими органами для сплошной поверхностной обработки почвы. Предметом исследований являлись эксплуатационные показатели почвообрабатывающего агрегата со скобообразными рабочими органами с трактором тягового класса 3. При проведении исследований применялись методы математического моделирования, тензометрирования почвообрабатывающего агрегата, анализа и обобщения экспериментальных данных. Научную новизну работы представляют закономерности изменения эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата при различных скоростных режимах его функционирования. В результате исследований были определены основные зависимости эксплуатационных показателей, такие как тяговое усилие, коэффициент вариации тягового усилия, тяговая мощность, производительность, глубина обработки почвы, тяговый КПД и условный тяговый КПД трактора от скорости движения почвообрабатывающего агрегата МТЗ-2022+УКПА-2,4. Экспериментально установлено, что при возрастании скорости движения агрегата от 1,28 до 1,93 его производительность увеличилась от 0,88 до 1,33 га/ч, то есть на 50,8%, а тяговый КПД трактора – от 0,268 до 0,455, то есть на 69,8%. При этом расход топлива на 1 га обработанной площади уменьшился на 11%. Полученные эмпирические зависимости в дальнейшем будут использованы при выборе рациональных режимов его работы.

**Ключевые слова:** обработка почвы, почвообрабатывающий агрегат, скобообразный рабочий орган, эксплуатационные показатели

**Цитирование:** Джаббаров Н.И., Добринов А.В. Закономерности изменения эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата со скобообразными рабочими органами с трактором тягового класса 3 // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64). – С. 92-106. doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-92-106

## CHANGE PATTERNS IN OPERATIONAL INDICATORS OF A SOILTILLAGE UNIT WITH BRACKET-SHAPED WORKING BODIES FOR TRACTION CLASS 3 TRACTOR

Nazim I. Jabbarov <sup>1</sup>, Alexander V. Dobrinov <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of FSBI FNAC VIM, Filitrovskoe Highway, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; nozimjon-59@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8910-2625>

<sup>2</sup>Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of FSBI FNAC VIM, Filitrovskoe Highway, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; [a.v.dobrinov@yandex.ru](mailto:a.v.dobrinov@yandex.ru); <http://orcid.org/0000-0002-3242-1235>

**Abstract.** In the technologies of cultivation of agricultural crops, the most energy-intensive is soil tillage and it accounts for 35-40% of energy costs. In order to reduce the environmental impact of tillage units on the environment, protect soils from over-compaction and erosion, in accordance with zonal requirements, new energy-efficient or energy-saving technologies and technical means are being developed. The object of research was a soil tillage unit UKPA-2,4 with bracket-shaped working bodies for continuous soil surface tillage. The subject of the research was the operational parameters of a tillage unit with bracket-shaped working bodies for traction class 3 tractor. During the research, methods of mathematical modeling, strain measurement of the tillage unit, analysis and generalization of experimental data were used. The scientific novelty of the work is represented by the regularities of changes in the operational parameters of the soil tillage unit at different speed modes of its operation. As a result of the research, the main dependences of operational indicators were determined, such as traction force, coefficient of variation of traction force, traction power, productivity, depth of tillage, traction efficiency and conditional traction efficiency of the tractor, from the speed of movement of the tillage unit MTZ-2022+UKPA-2,4. It was experimentally established that with an increase in the speed of movement of the unit from 1.28 to 1.93, its productivity increased from 0.88 to 1.33 ha / h, that is, by 50.8%, and tractor traction efficiency – from 0.268 to 0.455, that is, by 69.8%. At the same time, fuel consumption per 1 ha of treated area decreased by 11%. The obtained empirical dependences will be used in the future when choosing rational modes of its operation.

**Keywords:** soil tillage, soil tillage unit, bracket-shaped working body, operational indicators

**Citation.** Jabbarov N.I., Dobrinov A.V. (2021), «Change patterns in operational indicators of a soil tillage unit with bracket-shaped working bodies for traction class 3 tractor», *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 92-106. (In Russ.). doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-92-106

**Введение.** Многочисленные исследования свидетельствуют, что в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур самым энергоёмким является обработка почвы, и на неё приходится 35-40% энергетических затрат. Если пересчитать все приёмы и способы обработки почвы на вспашку, то ежегодно на каждом гектаре обрабатываемой площади перемещается 6 тыс. тонн почвы.

Общеизвестно, что качественная обработка должна способствовать улучшению физико-механических свойств почвы, условий минерального питания, создавать оптимальные условия для роста и развития растений, обеспечивать защиту почв от водной и ветровой эрозии. Анализ результатов исследований по агротехнике сельскохозяйственных культур показывает, что от качества обработки почвы зависит возможность дополнительного получения 20-25% урожая.

Для снижения экологической нагрузки почвообрабатывающих агрегатов на окружающую среду, защиты почв от переуплотнения и эрозии в соответствии с зональными требованиями разрабатываются новые энергоэффективные или энергосберегающие технологии и технические средства.

Значимость обработки почвы в формировании высокого урожая сельскохозяйственных культур отмечена в работе [1], для снижения энергоёмкости почвообработки предложены различные схемы комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

Предложена конструктивно-технологическая схема многофункционального почвообрабатывающего агрегата [2] с различными рабочими органами, изложены результаты устойчивости его движения.

Для повышения эффективности технологии обработки почвы авторы работы [3] предлагают применять тягово-приводной почвообрабатывающий агрегат с активными рабочими органами. Установлена возможность повышения коэффициента полезного действия (КПД) почвообрабатывающего агрегата путём снижения буксования движителей трактора и потерь его мощности на перекачивание.

В статье [4] обоснована необходимость разработки комбинированных почвообрабатывающих машин, обеспечивающих оптимальную структуру почвы, снижающих её эрозию.

Выявлены закономерности между мощностью двигателя трактора, производительностью почвообрабатывающего агрегата с учётом методов и способов снижения его тягового сопротивления [5]. Установлено, что обработка почвы в фазе физической спелости, непрерывный контроль технического состояния машин, своевременное проведение технического обслуживания и правильное комплектование агрегатов обеспечит энергосбережение в технологии обработки почвы.

Разработан комбинированный почвообрабатывающий агрегат со сменными рабочими органами [6], обеспечивающими основную и предпосевную обработку почвы, а также работы по восстановлению необрабатываемых (залежных) земель. При этом были использованы двухдисковые секции фронтальных борон, сменных рыхлительных рабочих органов плоскорезущего и чизельного типа, прикатывающие катки с трубчатыми и зубчатыми барабанами. Обоснована рациональная схема размещения рабочих органов. В итоге такой агрегат способен за один проход выполнять разные варианты основной и предпосевной обработки почвы, заменяя четыре однооперационные машины.

Разработана конструкция автоматизированного многофункционального почвообрабатывающего агрегата [7], позволяющая за один проход проводить щелевание почвы, безотвальное её рыхление с подрезанием сорняков, дополнительное измельчение и боронование. Автоматическая регулировка глубины обработки почвы производится блоком управления исполнительным механизмом, размещённым в кабине трактора. Автоматизированная система регулировки глубины обработки почвы обеспечивает улучшение качества работы агрегата до 10%.

В исследовании авторов [8] отражены результаты оценки тягового усилия почвообрабатывающих машин, разработана модель расчета тягового усилия и потребной мощности дискового плуга.

В работе [9] приведены результаты исследований для определения энергозатрат на обработку почвы. Установлено, что большие диапазоны тягового усилия трактора, расхода топлива и эффективности трактора указывают на значительную экономию энергии, которой можно добиться при выборе энергоэффективных почвообрабатывающих машин, а также правильном согласовании габаритов трактора и рабочих параметров почвообрабатывающих орудий.

Авторами статьи [10] выявлены основные недостатки работы культиваторов с серийными рабочими органами на почвах, подверженных ветровой эрозии. На основе проведенных исследований предложена новая конструкция рабочего органа культиватора, проведены сравнительные лабораторные исследования лап культиватора, обоснована схема нового рабочего органа на соответствие основным требованиям почвозащитного, экологически безопасного, ресурсосберегающего земледелия.

Ряд работ посвящены изучению влияния полосовой обработки почвы на тяговое усилие, расход топлива и выбросы CO<sub>2</sub> [11], эффективности глубокого рыхления почвы [12], анализу методов моделирования взаимодействия почвенных сред с орудиями почвообрабатывающих машин [13], оценке влияния усовершенствованных почвообрабатывающих машин на величину энергетических затрат и различные способы обработки почвы [14].

В Институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработан универсальный комбинированный почвообрабатывающий агрегат [15] блочно-модульной структуры со сменными рабочими органами. Разработан алгоритм расчёта конструктивных параметров и прогнозирования эксплуатационных параметров комбинированных почвообрабатывающих агрегатов [16]. Проведенные экспериментальные исследования универсального комбинированного почвообрабатывающего агрегата в условиях повышенного увлажнения (Северо-Западный регион РФ) показали его высокую эффективность при глубокой безотвальной, поверхностной обработке почвы, а также при восстановлении залежных земель.

В качестве одного из сменных рабочих органов универсального комбинированного почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 был разработан скобообразный рабочий орган [17] для поверхностной сплошной обработки почвы.

**Цель исследования** – выявить закономерности изменения эксплуатационных показателей универсального комбинированного почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 для дальнейшего совершенствования технических средств и повышения энергоэффективности технологии обработки почвы.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследований является универсальный комбинированный почвообрабатывающий агрегат УКПА-2,4 со скобообразными рабочими органами для сплошной поверхностной обработки различных типов почв на глубину до 22 см в составе с трактором Беларус-2022-3.У1 (рис.1). Агрегат предназначен для работ на всех типах почв с влажностью не более 22%, твердостью в обрабатываемом слое не более 1,6 МПа.

За один проход он выполняет операции рыхления, крошения и измельчения почвы, подрезания сорных растений, выравнивания поверхности поля, а также прикатывания.



Таблица 2. Условия проведения экспериментальных исследований  
 Table 2. Conditions for conducting experimental studies

Показатель	Значения показателя	
Тип почвы	дерново-подзолистый легкий суглинок	
Предшествующая обработка	вспашка поля из-под зерновых	
Рельеф, град.	1-2	
Микрорельеф, ± см	1,8 – 2,8	
Влажность почвы, %: в слое:	0-10 см	17,03
	10-20 см	18,09
Твердость почвы, МПа: в слое:	0-10 см	0,08
	10-20 см	0,11
Засоренность участка камнями на 1 м <sup>2</sup> , шт.	1 – 3	
Средний размер камней, см	5,3	
Плотность почвы в слое 0-10 см, г/см <sup>3</sup>	0,71	
Гребнистость поверхности почвы, см	1,72	
Массовая доля комков (%) размером, мм:	от 0 до 25 включительно	61,68
	свыше 25 до 50 включительно	15,2
	свыше 50	22,8
Температура воздуха, °С	8,0	
Относительная влажность воздуха, %	75,0	

Общий вид агрофона на момент исследований работы агрегата (вспаханное поле) и после прохода Беларус-2022-3.У1 +УКПА-2,4 приведен на рисунке 2.



Рисунок 2. Общий вид агрофона: 1 – после обработки, 2 – до обработки  
 Figure 2. General view of the agrophone: 1 – after treatment, 2 – before treatment

При проведении исследований использовалось измерительное оборудование, перечень которого приведен в таблице 3.

Таблица 3. **Технические средства проведения экспериментальных исследований**  
 Table 3. **Technical means for conducting experimental research**

Наименование определяемой характеристики, параметра	Наименование, марка испытательного оборудования, прибора, ГОСТ
Рельеф	Эклиметр АНЕ 3.819.00ПС
Микрорельеф	Уровень строительный УС-Б
	Комплект линеек, реек
Влажность почвы	Весы ВЛКТ-500 ГОСТ 19491
	Шкаф сушильный СШ-3 ТУ 79
Твердость почвы	Полевой почвенный твердомер Ревякина
Размер камней, гребнистость, глубина обработки	Метр складной
Крошение	Весы РП-100Ш-13 ГОСТ 11219
Скорость движения	Секундомер ГОСТ 5072
	Циркуль 2-метровый
Ширина захвата	Рулетка металлическая
Габаритные размеры	Рулетка металлическая
	Высотомер НСИ
Масса	Весы автомобильные РП-15Ш
Расход топлива	Счетчик жидкости ШЖУ-258

При проведении исследований применялись методы экспериментальных исследований почвообрабатывающих агрегатов, анализ и обобщение экспериментальных данных. Тяговое усилие агрегата определялось тензометрированием – методом буксирования.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывались по методике статистической обработки эмпирических данных, изложенной в работе [18].

**Результаты исследований.** Перейдем к рассмотрению и анализу результатов экспериментальных исследований. Рассмотрим средние значения эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата Беларусь-2022-3.У1+УКПА-2,4 при фиксированном значении глубины обработки почвы  $h_{см} = 15$  см.

На рисунке 3 представлена зависимость тягового усилия  $P_{кр}$  от скорости движения  $V_p$  почвообрабатывающего агрегата Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4.

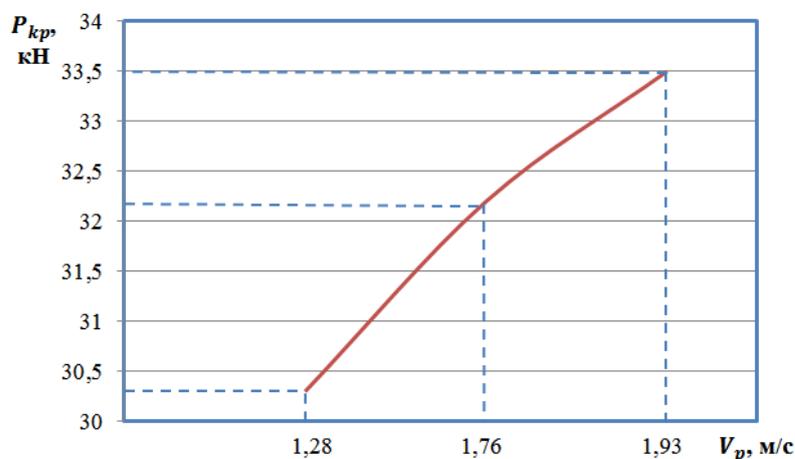


Рисунок 3. Зависимость среднего значения тягового усилия от скорости МТА Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4

Figure 3. Dependence of the average value of the tractive effort on the speed of MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

С повышением скорости движения  $V_p$  от 1,28 до 1,93 м/с тяговое усилие почвообрабатывающего агрегата возрастает от 30,3 до 33,5 кН, то есть на 10,56%.

Выявлена закономерность изменения параметра  $P_{кр}$  от скорости  $V_p$  движения агрегата, которая описывается эмпирической зависимостью (таблица 4).

Графическая зависимость коэффициента вариации  $\nu_p$  тягового усилия  $P_{кр}$  от скорости  $V_p$  движения Беларус-2022-3.У1 +УКПА-2,4 показана на рисунке 4.

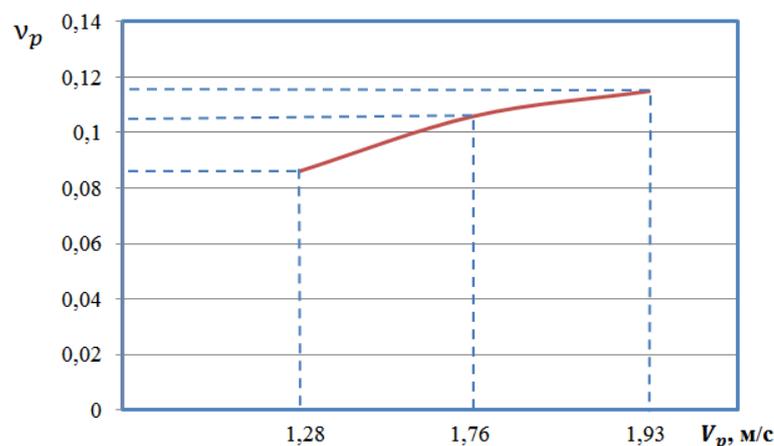


Рисунок 4. Зависимость коэффициента вариации тягового усилия от скорости движения МТА Беларус-2022-3.У1 +УКПА-2,4  
 Figure 4. Dependence of the coefficient of variation of the tractive effort on the speed of the MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

Установлено, что с повышением скоростного режима работы агрегата от 1,28 до 1,93 м/с коэффициент вариации нагрузки  $P_{кр}$  увеличивается от 0,086 до 0,115, то есть на 33,7%.

Закономерность изменения коэффициента вариации  $\nu_p$  тягового усилия описывается эмпирической зависимостью, которая приведена в таблице 4.

Одним из значимых эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата является тяговая мощность трактора, затрачиваемая на полезную работу.

На рисунке 5 показана зависимость тяговой мощности  $N_{кр}$  от скорости движения Беларус-2022-3.У1 +УКПА-2,4.

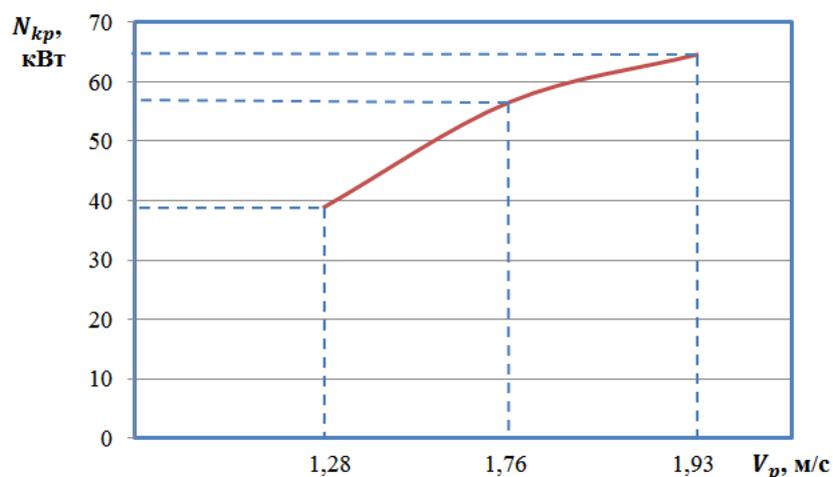


Рисунок 5. Зависимость тяговой мощности от скорости движения МТА Беларус-2022-3.У1 + УКПА-2,4

Figure 5. Dependence of traction power on the speed of the MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

Как видно из рисунка 5, с повышением скорости движения от 1,28 до 1,93 м/с наблюдается возрастание тяговой мощности  $N_{кр}$  от 38,78 до 64,65 кВт, то есть на 66,71%.

Эмпирическая зависимость, описывающая закономерность изменения тяговой мощности  $N_{кр}$  от скорости  $V_p$  движения агрегата, приведена в таблице 4.

Зависимость производительности  $W_q$  почвообрабатывающего агрегата от скорости его движения представлена на рисунке 6.

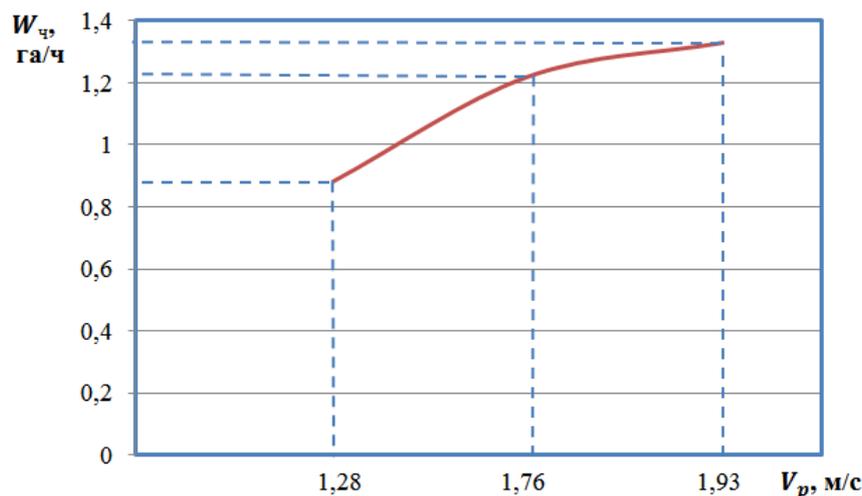


Рисунок 6. Зависимость часовой производительности от скорости движения МТА Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4

Figure 6. Dependence of the hourly productivity on the speed of the MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

Опытные данные свидетельствуют о том, что при возрастании скорости движения агрегата от 1,28 до 1,93 его производительность увеличивается от 0,88 до 1,33 га/ч, то есть на 50,8%.

Выявлена закономерность изменения производительности почвообрабатывающего агрегата от его скорости движения, описываемая эмпирической зависимостью (таблица 4).

В качестве агротехнического показателя оценки качества работы почвообрабатывающего агрегата нами рассмотрены глубина обработки почвы (рисунок 7) и степень её крошения.

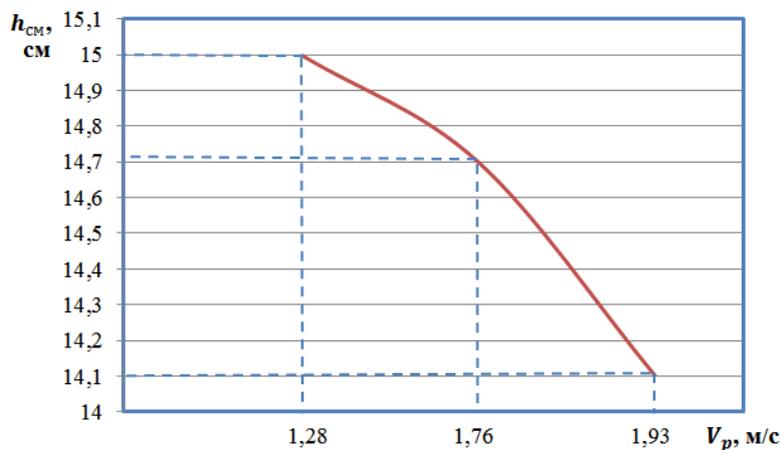


Рисунок 7. Зависимость среднего значения глубины обработки почвы от скорости движения МТА Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4

Figure 7. Dependence of the average value of the tillage depth on the speed of the MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

В пределах изменения скорости движения  $V_p = 1,28 - 1,93$  м/с отмечено уменьшение среднего значения глубины обработки почвы от 15,0 до 14,1 см, то есть на 6%, что характерно и закономерно для всех почвообрабатывающих агрегатов. Закономерность изменения глубины обработки почвы описывается эмпирической зависимостью, приведенной в таблице 4.

Опытные данные, полученные в диапазоне скоростей 1,28-1,93 м/с на разных скоростных режимах функционирования почвообрабатывающего агрегата, показали, что в среднем степень крошения почвы составляла 88,9%, при минимально допустимой 80%.

Следует отметить, что полученные в процессе исследований работы почвообрабатывающего агрегата Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4 показатели качества выполнения технологического процесса соответствовали агротехническим требованиям.

Условный тяговый и тяговый коэффициенты полезного действия трактора позволяют оценить эффективность использования, соответственно, номинальной и эффективной мощности двигателя трактора. В качестве примера на рисунках 8 и 9 представлены зависимости условного  $\eta_{ту}$  и тягового  $\eta_t$  КПД трактора Беларусь-2022-3.У1 в агрегате с почвообрабатывающей машиной УКПА-2,4 со скобообразными рабочими органами.

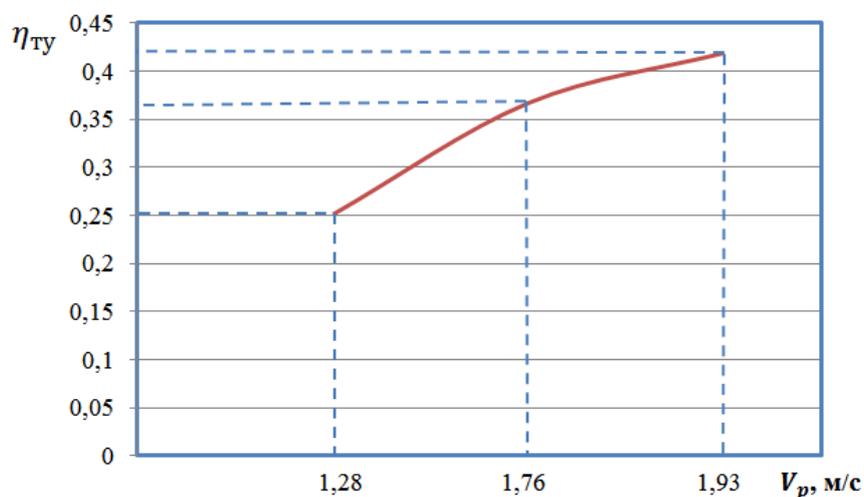


Рисунок 8. Зависимость условного тягового КПД трактора от скорости движения МТА Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4

Figure 8. Dependence of the conditional traction efficiency of the tractor on the speed of the MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

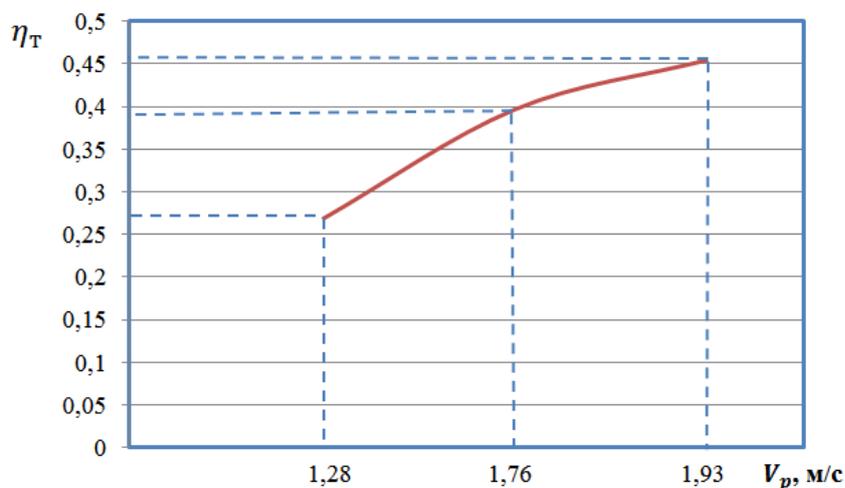


Рисунок 9. Зависимость тягового КПД трактора от скорости движения МТА Беларусь-2022-3.У1 +УКПА-2,4

Figure 9. Dependence of the traction efficiency of the tractor on the speed of the MTA Belarus-2022-3.U1 + UKPA-2.4

Экспериментальные данные показывают, что повышение скорости движения почвообрабатывающего агрегата со скобообразными рабочими органами от 1,28 до 1,93 м/с обеспечивает увеличение условного тягового КПД трактора от 0,251 до 0,419, то есть на 66,93%.

Повышение скорости движения почвообрабатывающего агрегата от 1,28 до 1,93 м/с позволяет увеличить тяговое КПД трактора от 0,268 до 0,455, то есть на 69,8%.

Закономерности изменения КПД трактора, описываемые эмпирическими формулами, приведены в таблице 4.

Таблица 4. Эмпирические зависимости эксплуатационных показателей МТА Беларусь-2022-3.U1 +УКПА-2,4 от скорости его движения при глубине обработки почвы 15 см  
 Table 4. Empirical dependences of the performance indicators of the MTA Belarus-2022-3.U1 + УКРА-2.4 on the speed of its movement at a soil cultivation depth of 15 cm

Параметр	Расчётная формула	Условие
Тяговое усилие $P_{кр}$ , кН	$P_{кр} = 5,675V_p^2 - 13,294V_p + 38,018$	Средняя глубина обработки почвы $h_{см} = 15$ см; Диапазон скорости движения агрегата $1,28 \leq V_p \leq 1,93$ м/с
Коэффициент вариации тягового усилия $v_p$	$v_p = 0,017V_p^2 - 0,0111V_p + 0,072$	
Тяговая мощность $N_{кр}$ , кВт	$N_{кр} = 14,877V_p^2 - 7,957V_p + 24,589$	
Производительность агрегата $W_ч$ , га/ч	$W_ч = -0,0943V_p^2 + 0,995V_p - 0,239$	
Средняя глубина обработки почвы $h_{см}$ , см	$h_{см} = -4,468V_p^2 + 12,959V_p + 5,734$	
Условный тяговый КПД трактора $\eta_{ту}$	$\eta_{ту} = 0,0988V_p^2 - 0,059V_p + 0,164$	
Тяговый КПД трактора $\eta_т$	$\eta_т = 0,111V_p^2 - 0,070V_p + 0,175$	
Расход топлива на единицу выполненной работы $Q_{га}$ , кг/га	$Q_{га} = 11,250W_ч^2 - 28,600W_ч + 31,671$	$0,88 \leq W_ч \leq 1,33$ га/ч

Топливную экономичность мобильных сельскохозяйственных агрегатов можно оценить по величине расхода топлива  $Q_{га}$  на единицу выполненной работы. На рисунке 10 показана графическая зависимость расхода топлива на 1 га от часовой производительности почвообрабатывающего агрегата.

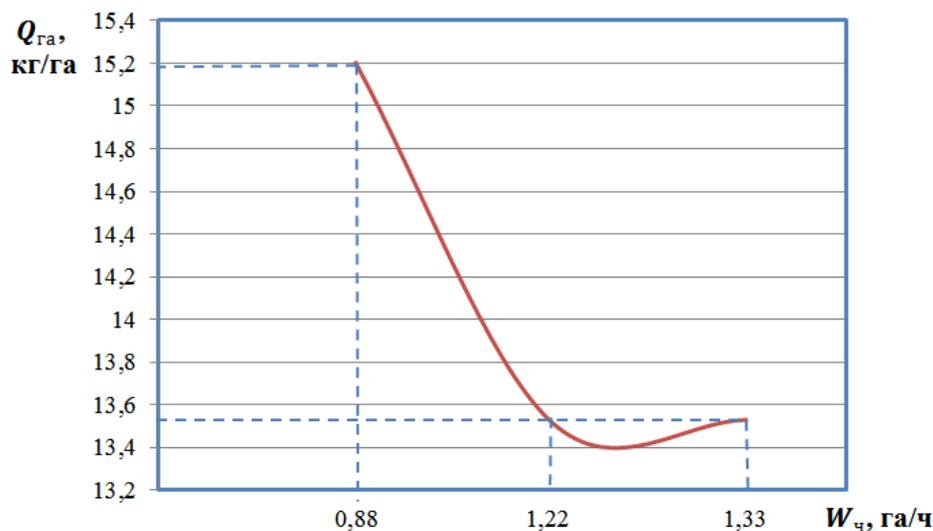


Рисунок 10. Зависимость расхода топлива на 1 га от часовой производительности МТА Беларусь-2022-3.U1 +УКПА-2,4

Figure 10. Dependence of fuel consumption per 1 ha on the hourly productivity of MTA Belarus-2022-3.U1 + УКРА-2.4

Экспериментально установлено, что с повышением производительности агрегатов происходит снижение расхода топлива на единицу выполненной работы. Исследования работы почвообрабатывающего агрегата ещё раз подтверждают эту закономерность. При глубине обработки почвы 15 см, при изменении скорости движения от 1,28 до 1,93 м/с расход топлива на 1 га обработанной площади уменьшился от 15,21 до 13,53 кг, то есть на 11%.

Эмпирическая зависимость для определения расхода топлива на 1 га обработанной площади от производительности почвообрабатывающего агрегата приведена в таблице 4.

Полученные эмпирические зависимости (таблица 4), описывающие закономерности изменения эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата, позволяют рассчитать средние их значения на различных режимах функционирования в пределах установленных ограничений (условий). В дальнейшем они могут быть использованы при выборе рациональных режимов работы МТА Беларус-2022-3.У1 +УКПА-2,4.

**Выводы.** В условиях зоны повышенного увлажнения Северо-Западного региона РФ проведены исследования, которые позволили получить первичные экспериментальные данные для определения и оценки эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата Беларус-2022-3.У1 +УКПА-2,4 со скобообразными рабочими органами.

В качестве эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата рассмотрены: тяговое усилие и его коэффициент вариации, тяговая мощность, производительность, глубина обработки, степень крошения почвы, коэффициент полезного действия трактора и расход топлива на единицу выполненной работы.

На основе экспериментальных данных установлены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения эксплуатационных показателей в различных скоростных режимах функционирования почвообрабатывающего агрегата при фиксированном значении глубины обработки почвы, что в дальнейшем будет использовано при выборе рациональных режимов его работы.

#### Список источников литературы

1. Юнусов Г.С., Ахмадеева М.М., Михеев А.В. Оценка эффективности разработанных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов //Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2016. – № 16. – С. 26-31.
2. Дёмшин С.Л., Андреев В.Л., Ильичев В.В., Исупов А.Ю. Теоретическое обоснование конструктивно-технологической схемы многофункционального почвообрабатывающего агрегата //Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 2 (105). – С. 18-31.
3. Петров А.М., Савельев Ю.А., Ишкин П.А., Петров М.А. Тягово-приводное почвообрабатывающее орудие для энергоэффективной обработки почвы // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. – 2019. – С. 309-313.
4. Клименко В.И., Петровец В.Р. Инновационные методы обработки почвы //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1. – С. 125-128.
5. Завора В.А., Илющенко А.Т., Бауэр И.И. Теоретические основы энергетического повышения производительности мобильных почвообрабатывающих агрегатов растениеводства //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 118-120.
6. Мосяков М.А., Зволинский В.Н. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат для основной и предпосевной обработки почвы //Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 6. – С. 30-35.
7. Алахая Б.Х., Шогенов Ю.Х. Автоматизированный многофункциональный почвообрабатывающий агрегат //Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. –№ 6. – С. 55-58.
8. Iman Ahmadi. A draught force estimator for disc harrow using the laws of classical soil mechanics. Biosystems Engineering Volume 171, July 2018, Pages 52-62.<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.008>

9. McLaughlin N.B., Drury C.F., Reynolds W.D., Yang X.M., Li Y.X., Welacky T.W., Stewart G. Energy Inputs for Conservation and Conventional Primary Tillage Implements in a Clay Loam Soil. Transactions of the ASABE. 51(4): 1153-1163. (doi: 10.13031/2013.25231) @2008
10. Myalo V.V., Myalo O.V., Demchuk E.V., Mazyrov V.V. Basic Parameters Substantiation of the Cultivator Working Body for the Continuous Tillage in the System of Ecologically Safe Resource-Saving Agriculture. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 224 (2019) 012023 doi:10.1088/1755-1315/224/1/012023
11. Kristina Lekavičienė, Egidijus Šarauskius, Vilma Naujokienė, Sidona Buragienė, Zita Kriaučiūnienė The effect of the strip tillage machine parameters on the traction force, diesel consumption and CO2 emissions. Soil & Tillage Research 192 (2019) 95–102. doi.org/10.1016/j.still.2019.05.002
12. Bădescu M., Croitoru St., Marin E., Ivan Gh., Petcu A., Boruz S., Kabaş O., Vlăduţ V., Caba I., Cujbescu D., Manea D. Current status in the construction of equipments for deep chiselling of the soil worldwide. Analele Universităţii din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series) Vol. XLIV 2014 [https://www.researchgate.net/publication/275271204\\_current\\_status\\_in\\_the\\_construction\\_of equipments\\_for\\_deep\\_chiselling\\_of\\_the\\_soil\\_worldwide](https://www.researchgate.net/publication/275271204_current_status_in_the_construction_of equipments_for_deep_chiselling_of_the_soil_worldwide)
13. Lysych M. N. Review of numerical methods for modeling the interaction of soil environments with the tools of soil tillage machines. Journal of Physics: Conference Series 1399 (2019) 044014. doi:10.1088/1742-6596/1399/4/044014
14. Vilde A., Cesnieks S., Rucins A. Energetical, economical and ecological aspects of soil tillage minimization. Environment Technology Resources Proceedings of the International Scientific and Practical Conference 1:294. (2006) doi.org/10.17770/etr2003vol1.2023.
15. Патент на полезную модель № 130473. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат Джабборов Н.И., Добринов А.В., Лобанов А.В., Федькин Д.С., Евсеева С.П. // Заявка №2013104360. Приоритет модели 01 февраля 2013 г. зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 27 июля 2013 г.
16. Джабборов Н.И., Добринов А.В., Дементьев А.М. Алгоритм расчета конструктивных параметров и прогнозирования эксплуатационных показателей почвообрабатывающих и посевных агрегатов блочно-модульной структуры // Свидетельство ИНИМ РАО о регистрации электронного ресурса № 16060. Дата регистрации 10 августа 2010 г.
17. Патент РФ на изобретение № 2453087. Рабочий орган для рыхления почвы. Джабборов Н.И., Добринов А.В., Дементьев А.М. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 июня 2012 г.
18. Валге, А.М. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства с примерами на STATGRAPHICS и EXCEL // А.М. Валге, Н.И. Джабборов, В.А. Эвиев; под ред. А.М. Валге. – Санкт-Петербург: Изд-во ИАЭП; Элиста: изд-во КалмГУ, 2015. – 140 с.

### References

1. YUnusov G.S., Ahmadeeva M.M., Miheev A.V. (2016), Evaluation of the effectiveness of the developed combined tillage units, *Sel'skohozyajstvennyye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov*, 2016, № 16, S. 26-31.
2. Dyomshin S.L., Andreev V.L., Il'ichev V.V., Isupov A.YU. (2020), Theoretical substantiation of the design and technological scheme of a multifunctional processing unit, *Vestnik NGIEI*, 2020, № 2 (105), S. 18-31.
3. Petrov A.M., Savel'ev YU.A., Ishkin P.A., Petrov M.A. (2019), Traction-driven tillage tool for energy-efficient tillage, *Sel'skoe hozyajstvo i prodovol'stvennaya bezopasnost': tekhnologii, innovacii, rynki, kadry: Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu agrarnoy nauki, obrazovaniya i prosveshcheniya v Srednem Povolzh'e*, 2019, S. 309-313.
4. Klimenko V.I., Petrovec V.R. (2012), Innovative methods of tillage, *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2012, № 1, S. 125-128.
5. Zavora V.A., Ilyushchenko A.T., Bauer I.I. (2013), Theoretical foundations of energy efficiency improvement of mobile tillage units of crop production, *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, № 10 (108), S. 118-120.

6. Mosyakov M.A., Zvolinskij V.N. (2015), Combined tillage unit for basic and pre-sowing tillage, *Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*, 2015, № 6, S. 30-35.
7. Alahaya B.H., SHogenov YU.H. (2017), Automated multifunctional tillage unit, *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*, 2017, № 6, S. 55-58.
8. Iman Ahmadi. (2018), A draught force estimator for disc harrow using the laws of classical soil mechanics. *Biosystems Engineering Volume 171*, July 2018, Pages 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.008>
9. McLaughlin N.B., Drury C.F., Reynolds W.D., Yang X.M., Li Y.X., Welacky T.W., Stewart G. (2008), Energy Inputs for Conservation and Conventional Primary Tillage Implements in a Clay Loam Soil. *Transactions of the ASABE*. 51(4): 1153-1163. (doi: 10.13031/2013.25231) @2008
10. Myalo V.V., Myalo O.V., Demchuk E.V., Mazyrov V.V. (2019), Basic Parameters Substantiation of the Cultivator Working Body for the Continuous Tillage in the System of Ecologically Safe Resource-Saving Agriculture. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 224* (2019) 012023 doi:10.1088/1755-1315/224/1/012023
11. Kristina Lekavičienė, Egidijus Šarauskius, Vilma Naujokienė, Sidona Buragienė, Zita Kriauciūnienė (2019), The effect of the strip tillage machine parameters on the traction force, diesel consumption and CO2 emissions. *Soil & Tillage Research 192* (2019) 95–102. doi.org/10.1016/j.still.2019.05.002
12. Bădescu M., Croitoru St., Marin E., Ivan Gh., Petcu A., Boruz S., Kabaş O., Vlăduţ V., Caba I., Cujbescu D., Manea D. (2014), Surrent status in the construction of equipments for deep chiselling of the soil worldwide. *Analele Universităţii din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series) Vol. XLIV 2014* [https://www.researchgate.net/publication/275271204\\_current\\_status\\_in\\_the\\_construction\\_of equipments\\_for\\_deep\\_chiselling\\_of\\_the\\_soil\\_worldwide](https://www.researchgate.net/publication/275271204_current_status_in_the_construction_of equipments_for_deep_chiselling_of_the_soil_worldwide)
13. Lysych M.N. (2019), Review of numerical methods for modeling the interaction of soil environments with the tools of soil tillage machines. *Journal of Physics: Conference Series 1399* (2019) 044014. doi:10.1088/1742-6596/1399/4/044014
14. Vilde A., Cesnieks S., Rucins A. (2006), Energetical, economical and ecological aspects of soil tillage minimization. *Environment Technology Resources Proceedings of the International Scientific and Practical Conference 1:294*. (2006) doi.org/10.17770/etr2003vol1.2023.
15. Patent na poleznuyu model' № 130473. Kombinirovannyj pochvoobrabatyvayushchij agregat Dzhaborov N.I., Dobrinov A.V., Lobanov A.V., Fed'kin D.S., Evseeva S.P. // *Zayavka №2013104360*. Prioritet modeli 01 fevralya 2013 g. zaregistrirovano v Gosudarstvennom reestre poleznyh modelej RF 27 iyulya 2013 g.
16. Dzhaborov N.I., Dobrinov A.V., Dement'ev A.M. (2010), Algorithm for calculating design parameters and forecasting operational indicators of tillage and sowing aggregates of block-modular structure, *Svidetel'stvo INIM RAO o registracii elektronnoho resursa № 16060*. Data registracii 10 avgusta 2010 g.
17. Patent RF na izobretenie № 2453087. Rabochij organ dlya ryhleniya pochvy. Dzhaborov N.I., Dobrinov A.V., Dement'ev A.M. Zaregistrirovano v Gosudarstvennom reestre izobretenij Rossijskoj Federacii 20 iyunya 2012 g.
18. Valge A.M, Jaborov N.I and Eviev V.A. *Fundamentals of statistical processing of Experimental Data in the Conduct of researches on mechanization of agricultural production with examples on STATGRAPHICS and EXCEL*. 2015 (St. Petersburg; Elista, Publishing house of the Kalmyk State University) pp 140.

#### Сведения об авторах

**Джаббаров Нозим Исмоилович** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела «Технологий и технических средств производства продукции растениеводства», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, spin-код: 5203-7086, Researcher ID: A-7780-2019.

**Добринов Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела «Технологий и технических средств производства продукции растениеводства», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, spin-код: 8323-5320, Scopus author ID: 57208860805, Researcher ID: AAC-9655-2020.

### Information about the authors

**Jaborov Nozim Ismoilovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, leading researcher of the Department of "Technologies and Technical Means of Production of Crop Production", Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of the Federal State Budgetary Institution FNAC VIM, spin-code: 5203-7086, Researcher ID: A-7780-2019.

**Dobrinov Alexander Vladimirovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior researcher of the Department of "Technologies and Technical Means of Production of Crop Production", Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of the Federal State Budgetary Institution FNAC VIM, spin-code: 8323-5320, Scopus author ID: 57208860805, Researcher ID: AAS-9655-2020.

**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 15.09.2021; одобрена после рецензирования 14.10.2021; принята к публикации 14.10.2021*

*The article was submitted 15.09.2021; approved after reviewing 14.10.2021; accepted after publication 14.10.2021*

Научная статья

УДК 631.171

doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-106-114

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО РАБОТЫ

Алексей Иванович Сухопаров<sup>1</sup>, Илья Игоревич Иванов<sup>2</sup>,  
Юлия Александровна Плотникова<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, 3, пос. Тярлево, г. СПб 196624, Россия; sukhoparov\_ai@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5993-2417>

<sup>2</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, 2, с. Молочное, г. Вологда, 160555, Россия; kadyichina@mail.ru;

<sup>3</sup>Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, пл. Миусская, 9, Москва, 124047, Россия; [japlotnikova@yandex.ru](mailto:japlotnikova@yandex.ru); <http://orcid.org/0000-0003-1516-7404>

**Реферат.** В статье представлена конструкция измельчающего устройства для зерна центробежно-роторного типа и рассмотрено влияние его конструктивных параметров на выходные показатели, характеризующие его работу. Измельчение зерна на данной установке осуществляется между двумя смежными дисками – верхним (статор) с ножами и нижним (ротор) с кольцевыми выступами для измельчения зерна. Был поставлен многофакторный эксперимент при измельчении ячменя. В качестве варьируемых на двух уровнях факторов принимались подача зернового материала, частота вращения ротора, величина открытия сепарирующей поверхности, число ножей на внутреннем и внешнем кольце верхнего диска. В качестве выходных параметров принимались – требуемая мощность на привод рабочих

органов измельчителя, производительность установки и соответствие получаемого продукта зоотехническим требованиям. В результате обработки массива данных получены адекватные математические модели, в результате их анализа установлена степень влияния рассматриваемых пяти факторов на выходные показатели. Выявлено, что увеличению энергопотребления способствует в наибольшей степени увеличение подачи зерна, увеличению производительности – уменьшение числа оборотов нижнего диска, увеличению содержания пылевидной фракции – увеличение подачи и величины открытия сепарирующей поверхности на верхнем диске, увеличению содержания частиц диаметром более 3 мм – увеличение количества ножей на внутреннем кольце верхнего диска. Наиболее высокие качественные показатели работы разработанного центробежно-роторного измельчителя достигаются при следующих конструктивных параметрах: подача зерна при значениях частотного преобразователя, управляющего работой электродвигателя питателя, должна составлять 30 Гц; частота вращения ротора – 1200 об/сек; величина открытия сепарирующей поверхности – 2,5 мм; количество ножей на внутреннем кольце диска – 3 шт.; количество ножей на внешнем кольце диска – 18 шт.

**Ключевые слова:** *измельчение зерна, ротор, нож, модель, энергозатраты, качество помола*

**Цитирование.** Сухопаров А.И., Иванов И.И., Плотникова Ю.А. Влияние конструктивных параметров центробежно-роторного измельчителя на качественные показатели его работы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64). – С. 106-114. doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-106-114

### THE INFLUENCE OF THE DESIGN PARAMETERS OF THE CENTRIFUGAL ROTARY TYPE GRINDER FOR QUALITATIVE INDICATORS OF IT'S WORK

Aleksey I. Sukhoparov<sup>1</sup>, Ilya I. Ivanov<sup>2</sup>, Yulia A. Plotnikova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production - branch of FSBSI FNAC VIM, Filtrovskoe highway, 3, 196624, Tyarlevo vil., Saint-Petersburg, Russia; sukhoparov\_ai@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5993-2417>

<sup>2</sup>Vologda state dairy academy the name N.V. Vereshchagin, Shmidta st., 2, Molochnoe vil., Vologda, 160555, Russia; [kadyichina@mail.ru](mailto:kadyichina@mail.ru)

<sup>3</sup>Mendeleev University of Chemical Technology, Miusskaya square, 9, Moscow, 124047, Russia; [japlotnikova@yandex.ru](mailto:japlotnikova@yandex.ru); <http://orcid.org/0000-0003-1516-7404>

**Abstract.** The article presents the design of a grinding device for grain of centrifugal-rotary type and considers the influence of its design parameters on the output parameters characterizing its operation. Grain grinding on this unit is carried out between two adjacent disks – the upper (stator) with knives and the lower (rotor) with annular projections for grinding grain. A multifactorial experiment was performed when grinding barley. The factors varied at two levels were the feed of grain material, the frequency of rotation of the rotor, the size of the opening of the separating surface, the number of knives on the inner and outer ring of the upper disk. The output parameters were taken as the required power to drive the working bodies of the grinder, the performance of the installation and the compliance of the resulting product with zootechnical requirements. As a result of processing the data array, adequate mathematical models were obtained, as a result of the analysis of the models, the degree of influence of the five factors under consideration on the output indicators was established. It was revealed that the increase in energy consumption is most facilitated by an increase in grain supply, an increase in productivity - a decrease in the number of revolutions of the lower disk, an increase in the content of the dust-like fraction – an increase in the supply and the size of the opening of the separating surface on the upper disk, an increase in the content of particles with a diameter of more than 3 mm - an increase in the number of knives on the inner ring of the upper disk.

The highest quality performance of the developed centrifugal rotary grinder is achieved with the following design parameters: grain feed at the values of the frequency converter controlling the operation of the electric motor of the feeder should be 30 Hz; rotor speed - 1200 rpm; the opening value of the separating surface - 2.5 mm; the number of knives on the inner ring of the disc - 3 pcs.; the number of knives on the outer ring of the disc - 18 pcs.

**Keywords:** *grain grinding, rotor, knife, model, energy consumption, grinding quality*

**Citation.** Sukhoparov, A.I., Ivanov, I.I. and Plotnikova, Yu.A. (2021), "The influence of the design parameters of the centrifugal-rotary shredder on the quality indicators of its operation", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3 pp. 106-114. (In Russ.). doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-106-114

**Введение.** В себестоимости продукции животноводства весомая доля приходится на корма из фуражного зерна. Поэтому, чем меньше затрат приходится на корма, идущие на корм сельскохозяйственным животным, которые обладают высокой энергетической ценностью и усвояемостью животными, и при этом являются собственными производителями, тем выше будет рентабельность отрасли животноводства и в целом выше конкурентоспособность сельскохозяйственного предприятия. В связи с этим внедрение в производство новых технологических решений, одним из которых является совершенствование конструктивных параметров машин для приготовления кормов, является важной задачей.

Из общего количества фуражного зерна, выращенного в сельскохозяйственных предприятиях, убранного в фазу полной спелости, только половина поступает в переработку на комбикорма, остальная же часть скармливается в измельченном виде. Независимо от вида корма, предназначенного для скармливания сельскохозяйственным животным, его необходимо готовить в соответствии с зоотехническими требованиями. При механическом способе приготовления кормов из зерна самым распространенным и обязательным является измельчение [1]. При размоле, дроблении и плющении зерна разрушается твердая оболочка, питательные вещества становятся более доступными, что облегчает усвояемость их организмом животного, в результате чего корм имеет более высокий коэффициент отдачи и сопровождается в результате более высокой эффективностью вложенных средств.

Измельчение является наиболее энергоемкой и трудоемкой операцией, занимающей более 50% от общих энерго- и трудозатрат в приготовлении комбикормов [2]. Технические решения, направленные на повышение производительности измельчающих машин при одновременном снижении энергозатрат на обмолот, сопровождается получением готового корма со значительным содержанием недоизмельченной фракции. В связи с этим актуальна разработка альтернативных измельчителей, которые обеспечат качественное измельчение фуражного зерна с меньшими затратами энергии [3].

**Цель исследования** – сокращение энергозатрат на технологический процесс измельчения зерна и повышение качественных показателей готового продукта путём совершенствования конструктивных параметров центробежно-роторного измельчителя.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Решение поисковых задач относительно более совершенных способов измельчения фуражного зерна и их реализации сопровождается предложением оригинальных конструкторско-технических решений, воплощаемых в новых конструкциях измельчителей зерна [2, 4, 5, 6]. Практический интерес для измельчения зерна представляют конструкции измельчителей, работающие в пограничной области, совмещающие процесс измельчения скалыванием и срезом со своевременным выводом готового продукта. Проведенный обзор научно-технической и патентной литературы по исследуемой проблеме показал, что существующие измельчители зерна имеют ряд недостатков, основные из которых: высокая металло- и энергоемкость, получаемый

измельчённый продукт обладает существенной неравномерностью гранулометрического состава (большой процент пылевидной фракции или же крупной фракции), ускоренное изнашивание рабочих органов, существенное повышение температуры измельчённого зерна [7]. Для устранения приведённых недостатков предложена конструкция измельчителя зерна центробежно-роторного типа, где движение зерна при измельчении происходит по осесимметричной вращающейся криволинейной поверхности с вертикальной осью вращения [7-9].

По результатам теоретических исследований предложена конструкция измельчителя зерна центробежно-роторного типа [10-12]. Принципиальная схема представлена на рисунке 1. Общий вид верхнего диска измельчителя с сепарирующей поверхностью и установленными ножами и схема контроля открытия сепарирующей поверхности диска (величина  $h$ ) между ножами приведена на рисунке 2.

В ходе проведения исследования в качестве исходного зернового материала использовался яровой ячмень кондиционной влажности.

Регулировка подачи зерна в устройство  $x_1$  осуществлялась за счет изменения частоты вращения вала электродвигателя лопастного питателя частотным преобразователем. Частота вращения ротора  $x_2$  регулировалась за счет изменения оборотов электродвигателя. Открытие сепарирующей поверхности  $x_3$  – за счет выставления соответствующего размера между параллельными плоскостями двух рядом расположенных ножей на внешнем кольце 9 (см. рисунки 1 и 2). Число ножей на внутреннем  $x_4$  и наружном кольце  $x_5$  – в результате добавления или удаления таковых.

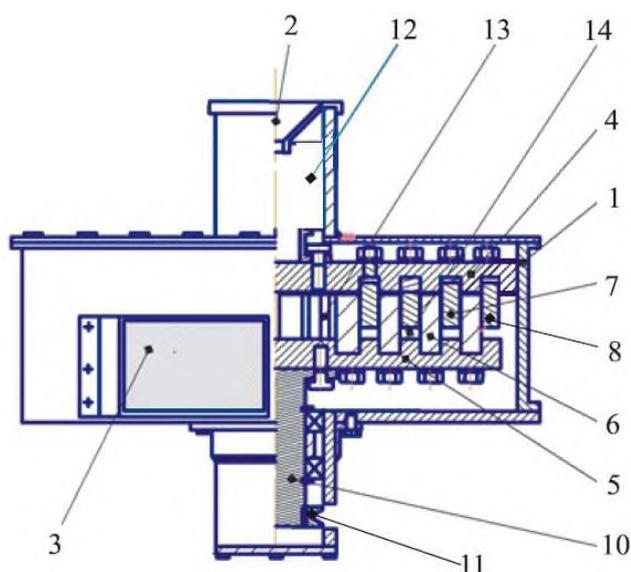


Рисунок 1. Схема измельчителя зерна центробежно-роторного типа:

- 1 – корпус; 2 – загрузочный патрубок; 3 – выходной патрубок; 4 – верхний диск (статор);  
 5 – нижний диск (ротор); 6 – кольцевые выступы; 7 – ножи; 8 – наружный ряд ножей;  
 9 – сквозные пазы; 10 – приводной вал; 11 – шкив; 12 – приемная камера;  
 13 – радиальные окна; 14 – рабочая камера

Figure 1. Scheme of grain shredder of centrifugal-rotary type:

- 1 – housing; 2 – loading pipe; 3 – outlet pipe; 4 – upper disk (stator);  
 5 – lower disk (rotor); 6 – ring projections; 7 – knives; 8 – outer row of knives;  
 9 – through slots; 10 – drive shaft; 11 – pulley; 12 – receiving chamber;  
 13 – radial windows; 14 – working chamber

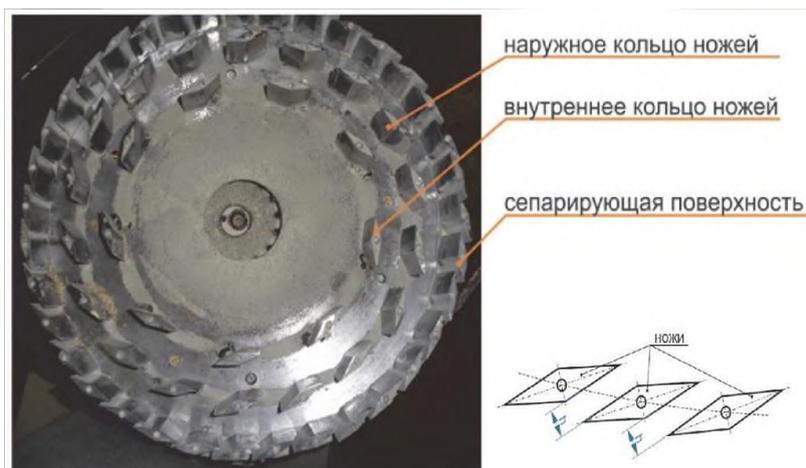


Рисунок 2. Вид верхнего диска (статора) измельчителя  
 Figure 2. View of the upper disc (stator) of the shredder

Планирование эксперимента проводилось с помощью матрицы Бокса-Бенкина. Для сокращения объема проводимых исследований использовалась матрица дробного факторного эксперимента типа  $2^{5-2}$ . Матрица планирования эксперимента и результаты работы измельчителя центробежно-роторного типа представлены в таблице 1.

Для анализа массива данных и построения математических моделей использовался пакет анализа данных Microsoft Office Excel.

Таблица 1. Результаты исследований работы измельчителя  
 Table 1. Results of research on the operation of the shredder

№ опы та	Факторы					Выходные показатели			
	подача зерна, $q$ , Гц	частота вращен ия ротора, $n$ , $c^{-1}$	величина открытия сепариру ющей поверхнос ти, $h$ , мм	число ножей на внутренне м кольце, $n_{ив}$	число ножей на внешнем кольце, $n_{ив}$	потребля емая мощност ь, кВт	пропуск ная способн ость, $Q$ , кг/мин	содержан ие пылевидн ой фракции, $m_2$ , %	остато к на сите – 3мм, $m_2$ , %
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
1	30	800	3,2	9	9	1,80	0,75	8,78	8,52
2	60	1200	3,2	9	9	3,00	1,51	11,54	6,50
3	60	800	3,2	3	9	5,16	1,16	18,1	6,59
4	30	1200	3,2	3	9	2,43	0,79	14,95	7,65
5	60	800	3,2	9	18	3,33	0,64	12,29	7,38
6	30	1200	3,2	9	18	3,60	1,01	17,04	5,73
7	30	800	2,5	3	9	1,95	0,71	12,34	4,60
8	60	1200	2,5	3	9	4,02	1,59	16,80	4,72
9	60	800	2,5	9	9	2,70	1,46	7,83	20,71
10	30	1200	2,5	9	9	1,83	0,84	8,08	16,63
11	30	800	3,2	3	18	2,49	0,73	12,40	17,58
12	60	1200	3,2	3	18	3,87	1,67	13,65	3,60
13	60	800	2,5	3	18	5,94	1,19	18,88	10,08
14	30	1200	2,5	3	18	2,43	1,08	11,59	4,14
15	30	800	2,5	9	18	3,12	0,67	9,83	8,77
16	60	1200	2,5	9	18	5,07	1,57	14,78	9,44

**Результаты исследований.** Была осуществлена обработка экспериментальных данных в программе Microsoft Office Excel, в результате чего были получены уравнения регрессии (1-4). Для первых трёх моделей коэффициенты уравнений регрессии значимы на 5% уровне [13], что говорит о высокой их адекватности исследуемого процесса измельчения фуражного зерна на центробежно-роторном измельчителе.

Мощность, затрачиваемая на привод рабочих органов при измельчении зерна (кВт):

$$y_1 = -12,850 + 0,284x_1 + 4,318x_3 - 0,485x_4 + 0,552x_5 - 0,00006x_1x_2 - 0,04x_1x_3 - 0,008x_1x_4 + 0,005x_2x_4 - 0,2048x_3x_5 + 0,0214x_4x_5, \quad (1)$$

$$R^2 = 0,993.$$

Наиболее значительное влияние на энергопотребление  $y_1$  оказывает фактор  $x_1$ , затем факторы  $x_3$  и  $x_5$ . Увеличение подачи зерна  $x_1$  увеличивает расход электроэнергии  $y_1$ , увеличение величины открытия  $x_3$  и уменьшение числа ножей на внешнем кольце  $x_5$  приводит к уменьшению её расхода.

Пропускная способность центробежно-роторного измельчителя (кг/мин):

$$y_2 = 0,742 + 0,042x_1 - 0,0029x_2 + 0,1578x_4 - 0,032x_5 - 0,0105x_1x_3 - 0,005x_1x_4 - 0,0009x_1x_5 + 0,0005x_2x_3 + 0,0001x_2x_5 - 0,027x_2x_4 - 0,005x_4x_5, \quad (2)$$

$$R^2 = 0,999.$$

Существенное влияние на пропускающую способность центробежно-роторного измельчителя  $y_2$  формирует фактор  $x_2$ , чуть меньше – факторы  $x_1$  и  $x_4$ . Увеличение числа оборотов  $x_2$  и числа ножей на внутреннем кольце  $x_4$  приводит к уменьшению пропускной способности  $y_2$ , а увеличение подачи зерна  $x_1$  приводит к её увеличению.

Содержание пылевидной фракции в готовом продукте (%):

$$y_3 = -7,980 + 0,851x_1 + 8,050x_3 - 4,706x_4 - 0,0002x_1x_2 - 0,167x_1x_3 - 0,0187x_1x_4 + 0,0018x_2x_4 + 0,573x_3x_4 - 0,1799x_3x_5 + 0,1123x_4x_5, \quad (3)$$

$$R^2 = 0,991.$$

На содержание пылевидной фракции в готовом продукте  $y_3$  наибольшее влияние оказывают факторы  $x_1$  и  $x_4$ , и затем фактор  $x_3$ . Увеличение подачи зерна  $x_1$  и величины открытия  $x_3$  увеличивает процент содержания пылевидной фракции  $y_3$ , а увеличение числа ножей на внутреннем кольце  $x_4$  приводит к уменьшению её содержания в готовом измельчённом продукте.

Содержание в готовом продукте частиц размером более 3 мм (%):

$$y_4 = -56,320 + 0,87x_1 + 18,15x_3 + 9,328x_4 - 0,312x_1x_3 - 0,00067x_2x_5 - 2,339x_3x_4 + 0,530x_3x_5 - 0,159x_4x_5, \quad (4)$$

$$R^2 = 0,882.$$

Исследуемый фактор  $x_4$  всех весомее влияет на содержания частиц диаметром более 3 мм в измельчённом продукте  $y_4$ , затем факторы  $x_1$  и  $x_3$ . Увеличение числа ножей на внутреннем кольце  $x_4$ , подачи зерна  $x_1$  и открытия сепарирующей поверхности  $x_3$  сопровождается ростом содержания частиц диаметром более 3 мм.

Для хозяйств важно получение качественного помола при минимальных затратах при измельчении зерна. В то же время эффективность любой машины характеризуется минимальными энергозатратами при высоких показателях её производительности. Поэтому была решена задача с помощью инструментария «Поиск решения» программы Microsoft Office Excel по поиску оптимальных конструктивных параметров исследуемого центробежно-

роторного измельчителя при условии минимума энергопотребления, максимуме производительности и получения высокого качества измельчённого продукта (низкий процент пылевидной фракции и содержания частиц более 3 мм). В результате решения были получены следующие оптимальные конструктивные параметры центробежно-роторного измельчителя:

– подача зерна в камеру измельчения лопастным питателем осуществляется при значениях частотного преобразователя, управляющего работой электродвигателя питателя, ( $x_1$ ) должна составлять 30 Гц;

– частота вращения ротора ( $x_2$ ) – 1200 об/сек;

– величина открытия сепарирующей поверхности ( $x_3$ ) – 2,5 мм;

– количество ножей на внутреннем кольце диска ( $x_4$ ) – 3 шт.;

– количество ножей на внешнем кольце диска ( $x_5$ ) – 18 шт.

Данные конструктивные параметры обеспечивают:

– необходимую мощность для привода рабочих органов измельчителя ( $y_1$ ) – 2,805 кВт;

– производительность измельчителя ( $y_2$ ) – 0,60 кг/мин;

– содержание пылевидной фракции в помоле ( $y_3$ ) – 10,89%;

– содержание частиц размером более 3 мм в помоле ( $y_4$ ) – 2,99%.

**Выводы.** Все рассматриваемые при исследовании факторы являются весомыми и влияют на качественные показатели работы центробежно-роторного измельчителя. Самым весомым фактором, влияющим на его работу, является подача зерна в камеру измельчения. Увеличение подачи сопровождается ростом затрат на привод ротора, содержанием пылевидных частиц и крупным размером более 3 мм, но способствует увеличению производительности измельчителя. Наиболее заметное влияние частоты вращения ротора на качественные показатели работы проявляется при рассмотрении её в совокупности с другими факторами. Величина открытия сепарирующей поверхности в основном влияет на фракционную структуру помола – при расстоянии между ножами 2,5 мм происходит ухудшение качества готового измельчённого продукта. Оптимальным количеством расположения ножей на поверхности статора является 3 на внутреннем кольце и 18 ножей на внешнем кольце.

#### Список источников литературы

1. Scientific justification of power efficiency of technological process of crushing of forages / A.K. Apazhev et al. // Journal of Physics Conference Series, International Scientific Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering (APITECH), Krasnoyarsk, Russia, 25-27 September 2019, V. 1399, Num. article 055002.
2. Сергеев Н.С. Разработка и обоснование основных параметров измельчителя фуражного зерна центробежного типа: автореф. дис... канд. техн. наук. – Челябинск, 1989. – 19 с.
3. Determination of the main efficiency indicators of forage grain grinder / A.M. Abalikhin et al. // Conference Series-Earth and Environmental Science, International Conference on World Technological Trends in Agribusiness (WTTA), Omsk, Russia, 04-05 July 2020, V. 624, Num. article 012083.
4. Шагдыров И.Б. Обоснование параметров многоступенчатой дробилки фуражного зерна: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1988. – 220 с.
5. Investigations in feeding device of grain crusher / P. Savinyh et al. // Engineering for Rural Development, 18th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development (ERD), Jelgava, Latvia, 22-24 May 2019, P. 123-128.
6. Direct mechanical energy measures of hammer mill comminution of switchgrass, wheat straw, and corn stover and analysis of their particle size distributions / V.S.R. Bitra et al. // Powder Technology. 2009. V 193. N 1. P. 32-45.
7. Studies of a rotary-centrifugal grain grinder using a multifactorial experimental design / A. Marczuk et al. // Sustainability. 2019. V 11. N 19. Num. article 5362.
8. Пат. на изобрет. RU 2656619 C2 Устройство для измельчения сыпучих материалов / П.А. Савиных, В.Е. Саитов, В.А. Сухляев, И.И. Иванов, А.В. Палицын, Н.Н. Кузнецов. 06.06.2018.

9. Палицын А.В, Иванов И.И. Разработка и поисковые результаты исследований измельчителя роторно-центробежного типа фуражного зерна для крестьянских хозяйств // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: мат-лы Междунар. научно-практ. конф. «Мосоловские чтения». – Йошкар-Ола, 2017. – Вып. 19. – С. 284-289.
10. Investigation of oscillations of hammer rotor of grain crusher / V. Sysuev et al. // Engineering for Rural Development, 18th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development (ERD), Jelgava, Latvia, 22-24 May 2019, P 1225-1232.
11. Савиных П.А., Палицын А.В., Иванов И.И. Исследование измельчителя фуражного зерна роторно-центробежного типа с различными рабочими органами // Молочнохозяйственный вестник. 2017. – №2 (26). – С.119-129.
12. Сухопаров А.И., Иванов И.И., Плотнокова Ю.А. Моделирование движения частицы в рабочей области центробежно-роторного измельчителя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №57. – С. 240-249.
13. Плотноков М.Г., Плотнокова Ю.А. Математика. – Часть 2. – Вологда-Молочное: Изд-во Вологодской государственной молочнохозяйственной академии, 2019. – 206 с.

### References

1. Sergeev, N.S. (1989), Razrabotka i obosnovanie osnovnyh parametrov izmel'chite-lya furazhnogo zerna centrebezhnogo tipa [Development and substantiation of the main parameters of the centrifugal type feed grain grinder], Abstract PhD, Diss, Chelyabinsk, 19 p. (In Russ.).
1. Apazhev, A.K, Shekikhachev, Y.A., Hazhmetov, L.M., Fiaphev, A.G., Shekikhacheva, L.Z., Napov, Y.S., Hazhmetova, Z.L. and Gabachiyev, D.T. (2019), “Scientific justification of power efficiency of technological process of crushing of forages”, *Journal of Physics Conference Series, International Scientific Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering (APITECH)*, Krasnoyarsk, Russia, 25-27 September 2019, V. 1399, Num. article 055002. DOI 10.1088/1742-6596/1399/5/055002
2. Sergeev, N.S., (1989), Development and substantiation of the main parameters of the centrifugal type feed grain grinder, Abstract of Ph.D, dissertation, Chelyabinsk Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Chelyabinsk, Russia.
3. Abalikhin, A.M. Mukhanov, N.V., Krupin, A.V., Kolesnikova, A.I., (2021), “Determination of the main efficiency indicators of forage grain grinder”, *Conference Series-Earth and Environmental Science, International Conference on World Technological Trends in Agribusiness (WTTA)*, Omsk, Russia, 04-05 July 2020, V. 624, Num. article 012083. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012083
4. Shagdyrov, I.B., (1988), *Substantiation of parameters of multistage feed grain crusher, Ph.D, dissertation, Chelyabinsk Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Chelyabinsk, Russia.*
5. Savinyh, P., Kazakov, V., Moshonkin, A., Ivanovs, S., (2019), “Investigations in feeding device of grain crusher”, *Engineering for Rural Development, 18th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development (ERD)*, Jelgava, Latvia, 22-24 May 2019, pp. 123-128. DOI 10.22616/ERDev2019.18.N165
6. Bitra, V.S.R., Womac, A.R., Chevanan, N., Miu, P.I., Igathinathane, C., Sokhansanj, S. and Smith, D.R., (2009), “Direct mechanical energy measures of hammer mill comminution of switchgrass, wheat straw, and corn stover and analysis of their particle size distributions”, *Powder Technology*, vol, 193, no. 1, pp. 32-45. DOI 10.1016/j.powtec.2009.02.010
7. Marczuk, A., Blicharz-Kania, A., Savinykh, P.A., Isupov, A.Y., Palichyn, A.V. and Ivanov, I.I., (2019), “Studies of a rotary-centrifugal grain grinder using a multifactorial experimental design”, *Sustainability*, vol, 11, no. 19, Num. article 5362. DOI 10.3390/su11195362
8. Savinyh, P.A., Saitov, V.E., Suhlyayev, V.A., Ivanov, I.I., Palicyn, A.V. and Kuznetsov N.N., (2018), *Ustrojstvo dlya izmel'cheniya sypuchih materialov [Device for crushing bulk materials]*, RU, Pat. № 2656619 C2.
9. Palicyn, A.V. and Ivanov, I.I. (2017), “Development and search results of research of a rotary-centrifugal type grinder for feed grain for peasant farms”, *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkii sel'skogo hozyajstva, Abstracts of International*

conference «*Mosolovskie chteniya*», Joshkar-Ola, Vol. 19, pp. 284-289.

10. Sysuev, V., Savinyh, P., Aleshkin, A., Ivanovs, S., (2017), "Investigation of oscillations of hammer rotor of grain crusher", *Engineering for Rural Development, 16th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development (ERD)*, Jelgava, Latvia, 24-26 May 2017, pp. 1225-1232. DOI 10.22616/ERDev2017.16.N269
11. Savinyh, P.A., Palicyn, A.V. and Ivanov, I.I. (2017), "Research of a rotary-centrifugal type feed grain grinder with various working parts", *Molochnohozyajstvennyj vestnik*, No 2 (26), pp. 119-129.
12. Sukhoparov, A.I., Ivanov, I.I. and Plotnikova Yu.A. (2019), "Simulation of particle motion in the working area of a centrifugal rotary shredder", *Izvestiya SPbGAU*, No 57, pp. 240-249.
13. Plotnikov, M.G. and Plotnikova Yu.A. (2019), *Mathematics*, Vol. 2, Vologda-Molochnoe, Russia.

#### Сведения об авторах

**Сухопаров Алексей Иванович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории технологий и технических средств в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ; spin-код: 1530-5661, Scopus Author ID: 6507547574, Researcher ID: K-1167-2018.

**Иванов Илья Игоревич** – соискатель, старший преподаватель кафедры энергетических средств и технического сервиса инженерного факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина»; spin-код: 5074-9360

**Плотникова Юлия Александровна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики факультета естественных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»; spin-код: 5089-9861, Scopus Author ID: 57189470933

#### Information about the authors

**Aleksey I. Sukhoparov** – Candidate of Technical Sciences, senior researcher at the laboratory of Technologies and Technical Means in Crop Production, The Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production - branch of FSBSI FNAC VIM; spin-code: 1530-5661, Scopus Author ID: 6507547574, Researcher ID: K-1167-2018.

**Ilya I. Ivanov** – the applicant, senior lecturer of the department of Energy Resources and Technical Service of the Faculty of Engineering, Vologda State Dairy Academy the name N.V. Vereshchagin; spin-code: 5074-9360

**Yulia A. Plotnikova** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the department of Higher Mathematics of the Faculty of Natural Sciences, Mendeleev University of Chemical Technology; spin-code: 5089-9861, Scopus Author ID: 57189470933

**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 23.08.2021; одобрена после рецензирования 14.10.2021; принята к публикации 14.10.2021*

*The article was submitted 23.08.2021; approved after reviewing 14.10.2021; accepted after publication 14.10.2021*

Научная статья

УДК 628.237

doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-115-125

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В КОЛОДЦАХ И ЖИЖЕСБОРНИКАХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ АПК

**Роман Владимирович Шкрабак**

«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Петербургское шоссе, д. 2,  
г. Пушкин, Санкт-Петербург, 196601 Российская Федерация; e-mail: shkrabakrv@mail.ru

**Реферат.** Приведены результаты исследований по обеспечению безопасности операторов при выполнении работ в колодцах и жижесборниках канализационных систем АПК. Сообщаются сведения о числе летально травмированных операторов при выполнении указанных работ в различных видах экономической деятельности, включая АПК, причины и источники травмирования. Отмечается, что основными из них являются отравления операторов вредными газами (аммиак, сероводород, метан, окиси углерода) из-за недостаточной очистки пространства колодцев и жижесборников от указанных газов перед началом работ. Обращено внимание на неполное выполнение требований по организации безопасности работ, а также недостатки в обеспечении операторов средствами индивидуальной защиты и спасательными поясами. Нуждаются в совершенствовании инструктажи на рабочем месте с показом в качестве напоминания содержания и порядка выполнения основных видов работ по техническому обслуживанию или устранению отказов элементов канализационного колодца или канализационной системы в целом в полном соответствии требованиям технологических карт на эти работы. Важны мероприятия по контролю усвоения операторами итогов инструктажа и его регистрации в установленном порядке. Для устранения фактов травмирования операторов при выполнении необходимых работ в колодцах и жижесборниках разнообразных объектов предложены инновационные решения – способ и устройство для обеспечения безопасности операторов путем очистки канализационных колодцев и жижесборников от вредных газов. Отмечена необходимость выполнения в полном объеме организационных мероприятий, определенных нормативной документацией и указанных в наряде-допуске на рассматриваемые работы, включая временной режим работы и отдыха и необходимость в наличии двух страхующих на случай необходимости срочной эвакуации оператора из колодца или жижесборника.

**Ключевые слова:** колодцы, жижесборники, вредные газы, инновационный способ, устройство очистки.

**Цитирование.** Шкрабак Р.В. Инновационные пути обеспечения безопасности работ в колодцах и жижесборниках канализационных систем АПК // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64). – С. 115-125. doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-115-125

## INNOVATIVE WAYS TO ENSURE SAFETY WORKS IN THE WELLS AND LIQUID MANURE COLLECTORS OF THE SEWERAGE SYSTEMS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

**Roman V. Shkrabak**

Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg,  
196601, Russia; shkrabakrv@mail.ru

**Abstract.** The results of studies on ensuring safety of operators during works in wells and liquid manure collectors of sewage systems of agro-industrial complex are given. Information on the number of fatally injured operators in the performance of these works in various economic activities, including agro-industrial complex, causes and sources of injury, is reported. It is noted that the main ones are poisoning of operators with harmful gases (ammonia, hydrogen sulfide, methane, carbon monoxide) due to insufficient cleaning of the space of wells and liquid manure collectors from these gases before the start of work. Attention is drawn to the incomplete fulfillment of the requirements for the organization of work safety, as well as shortcomings in the provision of operators with personal protective equipment and rescue belts. It is necessary to improve the training at the workplace with the indication as a reminder of the content and procedure of the main types of maintenance work and whether to eliminate failures of the elements of the sewage pit or sewage system as a whole in full compliance with the requirements of the Job Instructions for these works. Measures to control the assimilation by operators of the results of the briefing and its registration in the prescribed manner are important. To eliminate the facts of injury to operators when performing the necessary work in wells and liquid manure collectors of various objects, innovative solutions have been proposed - a method and device to ensure the safety of operators by cleaning sewer wells and collectors from harmful gases. It is noted that it is necessary to fully implement the organizational measures specified in the regulatory documentation and specified in the work permit for the work in question, including a temporary mode of work and rest and the need for two insurers in case of an urgent need to evacuate an operator from a well or a liquid manure collector.

**Keywords:** *wells, liquid manure collectors, harmful gases, innovative method, cleaning device*

**Citation.** Shkrabak R.V. (2021) "Innovative ways to ensure safety works in the wells and liquid manure collectors of the sewerage systems of agro-industrial complex", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 64, no. 3, pp. 115-125. (In Russ.). doi: 10/24411/2078-1318-2021-3-115-125

**Введение.** Экономика стран мира базируется на составляющих систем жизнедеятельности. Как правило, номенклатуру их представляют водопроводы, газопроводы, сети электрообеспечения и связи (подземные и надземные), канализационные системы, системы теплопроводов. Применительно ко всем видам экономической деятельности указанные направления деятельности и дальше будут развиваться в интересах улучшения качества жизни, особенно сельского населения, в целях сближения его с городскими жителями. Эта работа будет интенсивно наращиваться в соответствии с Указом Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [1], прогнозом научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. [2], наилучшими доступными технологиями – эффективной стратегией экологического благополучия [3]. Реализация положений в названных документах будет мощным вкладом в дальнейшее развитие АПК, который благодаря труду сельских жителей и поддержке государства в последние годы стал стабильным экспортером зерна, занимая передовые позиции в мире. Кроме того, отечественный АПК практически по всем основным видам продовольственной продукции (за небольшим исключением) обеспечивает население страны. Деятельность в этом направлении и дальше будет развиваться в интересах населения.

**Целью исследований** является улучшение условий и повышение безопасности труда работников, обеспечивающих работоспособность систем жизнедеятельности структур АПК.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В качестве материалов использованы результаты анализа состояния условий и безопасности труда операторов, эксплуатирующих системы жизнедеятельности объектов АПК. В качестве методов применялись натурные

изучения и анализ безопасности лиц, работающих в люках и жижесборниках канализационных систем, которые использовались в качестве объектов исследования.

**Результаты исследований.** Практически все из названных систем при подземной прокладке обеспечены колодцами или жижесборниками в соответствии с правилами прокладки их, монтажа, эксплуатации (обслуживания). Практика использования этих систем во всех видах экономической деятельности и ЖКХ показывает [4-7], что имеют место отказы (засорения, выход из строя отдельных элементов, скопление сточных вод со всеми загрязнениями и др.). В результате на дне и в соединительных линиях протекают биохимические процессы с выделением различных (как правило, вредных) газов (аммиак, сероводород, окислы азота и др.) разнообразной плотности, располагающиеся слоями в колодцах в соответствии с их удельными весами, а порой и в виде смесей. Засорения и другие отказы нарушают технологические процессы объектов экономической деятельности, что требует их устранения. Учитывая специфику прокладки названных систем и их конструктивные особенности, предполагается, что устранять неполадки могут операторы-профессионалы при их опускании в колодцы и жижесборники для регулировки, очистки, осмотра, ремонта и устранения других причин отказа работоспособности объектов.

Указанные работы в связи с условиями труда внутри колодцев и жижесборников, являющихся накопителями вредных (ядовитых) продуктов разложения биологических масс, транспортируемых по канализационным системам и в случае отказов скапливающихся в колодцах и жижесборниках, являются опасными. Поэтому они выполняются по наряду-допуску при наличии и знании правил производства работ (ППР) с соответствующими инструктажами, при полном обеспечении средствами индивидуальной защиты (СИЗ) по установленной номенклатуре, с обеспечением страхования работающего в колодце (жижесборнике) не менее, чем двумя находящимися на поверхности земли у колодца (жижесборника) специалистами, поддерживающими постоянную связь с оператором внутри колодца и готовыми оказать немедленную помощь для удаления из колодца оператора посредством надетой на него погружной амуниции. Кроме того, страхующие наблюдают за временем работы в колодце оператора, не превышающего, как правило, 20 минут с последующим его выходом из колодца на свежий воздух для отдыха в течение установленного времени при пересмене с другим оператором.

Несмотря на изложенные требования в части обеспечения безопасности операторов, практически ежегодно в АПК и других видах экономической деятельности встречаются одиночные или групповые несчастные случаи, в том числе и с летальными исходами, по причине отравления ядовитыми газами, которые не были до конца удалены из колодца (жижесборника) соответствующими методами и средствами (продувкой объема колодца, вытяжкой вредных газов, вакуумированием или другими способами) или по причине поступления в колодец указанных газов из элементов канализационных систем в период работы там оператора или продолжения работы после кратковременного отдыха на поверхности земли без дополнительной очистки от газов объема колодца (жижесборника). По данным Росстата, практически ежегодно летально травмируются 50-60 человек по причине отравления или электропоражения (учитывая постоянную сырость в пространствах колодца и канализационных систем). По этой же причине ежегодно имеют место более сотни случаев отравления и других травмирований с временной утратой трудоспособности. Напомним, что групповые несчастные случаи с летальными исходами на указанных объектах имеют место в АПК Ленинградской и Свердловской областей; аналогичные ситуации были и в других регионах страны не только в АПК, но и в других видах экономической деятельности.

Такие обстоятельства являются результатом несовершенства технологии выполнения работ, а также методов и средств очистки колодцев и жижесборников от скопившихся там ядовитых газов или постоянно поступающих из канализационных систем в указанные емкости, или выполнения там работ операторами при отсутствии постоянного контроля состава воздуха внутри колодца (жижесборника).

В результате исследований травматизма в АПК страны [7-10] установлено, что эксплуатация канализационных систем, очистных сооружений, водообеспечения, тепло-, газо- и электрообеспечения связана с наладочно-регулирующими, ремонтными, очистными и другими работами в колодцах и жижесборниках. Травмоопасную ситуацию осложняет аварийность работ в результате разнообразных отказов различных элементов систем. В результате их устранения в среднем ежегодно за десятилетие погибает: в колодцах и жижесборниках – около 50 человек, в системах канализации – около 40 человек; системах водо-тепло-энергоснабжения – около 60 человек, в подвалах, ямах, траншеях – около 15 человек; в очистных сооружениях – около 20 человек. По данным Минтрудсоцзащиты, только в 2017 г. при выполнении работ в канализационных, водопроводных и газовых колодцах имело место 19 групповых несчастных случаев, при которых погибло 53 человека (жилищно-коммунальное хозяйство, животноводство – около 36% от общего количества случаев, строительные объекты, обеспечение электроэнергией, электромонтажные и теплотехнические работы). Указанное имело место в результате отравления вредностями (сероводород, метан, аммиак, окись углерода и др.). Указанные обстоятельства в названном году имели место в Камчатском и Ставропольском краях, Ростовской, Челябинской, Тамбовской, Нижегородской, Воронежской областях, Республиках Алтай и Башкортостан.

Как правило, источниками травмирования являются колодцы различных систем, жижесборники, системы тепло-, водо-, электро-, газообеспечения, очистные сооружения, подвалы, ямы. Типичными травматическими ситуациями являются: отравление газами, электропоражения, падения в жидкие среды, обвалы, обрушения, воздействие низких температур и горячих жидкостей, падения с высоты, взрывы, падения на поверхность, пожары и др.

Источниками вредностей являются различные обстоятельства, в том числе продукты биохимического разложения материалов и веществ. Так, исследованиями ВНИИОТСХ (Орёл) установлено, что в результате разложения тонны навоза в животноводстве в среднем выделяется около 50 м<sup>3</sup> биогаза: состав его – около 55% метана, 43% углекислоты, 3% азотсодержащих соединений, 1% сероводорода.

Хронология летальных несчастных случаев по месяцам года в среднем характеризуется так: в первом квартале года имеет место по 2,5% случаев в месяц (от общего числа их в году), начиная с апреля по сентябрь включительно стабильно наблюдается рост смертельных травм в колодцах и жижесборниках животноводческих ферм (в апреле ~5%, в мае ~11%, в июне ~12%, в июле ~12,3%, августе-сентябре – по 15% в месяц, в октябре – 11,8%, в ноябре – 6%, в декабре – 2,4%).

В основе подобных результатов, кроме изложенного, кроются организационные причины. Основными из них являются: отсутствие должного высокопрофессионального инструктажа, оснащения работников средствами индивидуальной защиты, требуемого инструмента, страховочных поясов, касок, рукавиц-перчаток, лестниц требуемой конструкции, индикаторов вида и концентрации газов в колодце (жижесборнике) перед спуском в них операторов, отсутствие средств защиты от поражения электрическим током, нарушение режима работы и отдыха, отсутствие требуемого количества страхующих, непрофессиональное поведение оператора и страхующих, недостаточная освещенность мест устранения неполадок и др.

Практика реализации технологий по устранению отказов в обсуждаемых системах показывает, что эти работы выполняются десятилетиями с изложенными выше нарушениями; свидетельством изложенному являются перечисленные выше травмы. Проблема характерна и для зарубежных стран [11].

Итогами научно-исследовательской деятельности трудовой педагогической школы СПбГАУ доказано [11], что важнейшим путем устранения обсуждаемой проблемы является усиление внимания организационным вопросам с учётом перечисленных выше недостатков и инженерно-техническое обеспечение фронта работ в колодцах и жижесборниках, включающее требуемую нормативно-правовую документацию

[4-6] и, прежде всего, эффективную систему очистки от вредных газов объема колодцев и жижесборников и поддержание требуемой чистоты воздуха там в течение установленной технологией продолжительности работы оператора. Для этого выполнен комплекс исследований и обоснованы пути инновационного решения, чему способствовали патентные исследования. На основе названных результатов предложены способ и устройство очистки канализационных колодцев и жижесборников от вредных газов (патент №2563375С1 [13]). Целью изобретения являлось повышение надежности и качества очистки канализационных колодцев и жижесборников от вредных газов, сокращение времени на очистку при одновременном контроле состава удаляемых из пространства указанных объектов вредных газов (газовоздушной смеси).

Задача очистки канализационных колодцев и жижесборников выполнялась с использованием предложенного способа и устройства, включающих подачу свежего воздуха в пространство колодцев и жижесборников под давлением, перемешивая его турбулизацией, и удаление загрязненной газовой смеси под действием разряжения в системе воздухообеспечения с одновременной регистрацией концентрации и вида удаляемых газов до момента достижения этих значений ниже предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных нормативной документацией [4-6]. Способ реализуется нагнетанием чистого воздуха в пространство открытого колодца (жижесборника) в течение 7 мин. под давлением до  $1,5 \text{ кг/см}^2$  с возможностью увеличения его скорости на дне колодца с последующим переключением на вытяжку загрязненного воздуха из колодца создаваемым разряжением до  $0,4 \text{ кг/см}^2$  в течение 7 минут. Затем по мере необходимости (если не достигнуто требуемое значение ПДК всех видов вредных газов) процесс повторяют.

Предложенное устройство для реализации указанного способа содержит вертикальную скважину, нагнетатель чистого воздуха, напорный и вытяжной трубопроводы. Последние оснащены предохранительными кранами и вентилями, соединенными через всасывающие и выпускные клапаны компрессора соответственно. Каждый из трубопроводов в нижней части имеет отверстия на равном расстоянии друг от друга по высоте трубопроводов с равномерным уменьшением диаметра отверстий от сопла Лавала, которыми оснащены нижние концы трубопроводов: при этом диаметры нижнего ряда отверстий больше диаметров верхнего ряда отверстий в 2 раза с шагом по высоте  $0,1$  диаметра трубопровода и суммарной площадью, равной 25% площади сечения трубопровода. Отверстия расположены в горизонтальной плоскости сечения трубопровода симметрично относительно друг друга и со смещением горизонтальных рядов отверстий относительно предыдущего ряда. На отводящем трубопроводе установлены датчик вида и концентрации газов в удаляемой газовой смеси.

Новые существенные признаки:

- 1) нагнетают чистый воздух в пространство открытого колодца в течение 7 мин. под давлением до  $1,5 \text{ кг/см}^2$  с возможностью увеличения его скорости на дне открытого колодца;
- 2) переключают на всасывающую трубу и удаляют загрязненный воздух, создавая разряжение в колодце до  $0,4 \text{ кг/см}^2$  в течение 7 мин. с непрерывным определением типа газа и его концентрации;
- 3) процесс повторяют до момента допустимой концентрации загрязненного воздуха по всем показателям;
- 4) напорный и отводящий трубопроводы, оснащенные вентилями и предохранительными клапанами, которые соединены через выпускные и всасывающие клапаны компрессора соответственно;
- 5) каждый из трубопроводов в нижней части имеет отверстия на равном расстоянии друг от друга по высоте трубопроводов с равномерным уменьшением диаметра отверстий от сопла Лавала, при этом диаметры нижнего ряда отверстий больше диаметров верхнего ряда отверстий в 2 раза;
- б) отверстия выполнены с шагом по высоте  $0,1$  диаметра трубопровода и суммарной площадью, равной 25% площади сечения трубопровода;

7) отверстия расположены в горизонтальной плоскости сечения трубопровода симметрично относительно друг друга и со смещением горизонтальных рядов отверстий относительно предыдущего ряда;

8) на отводящем трубопроводе установлен датчик загазованности.

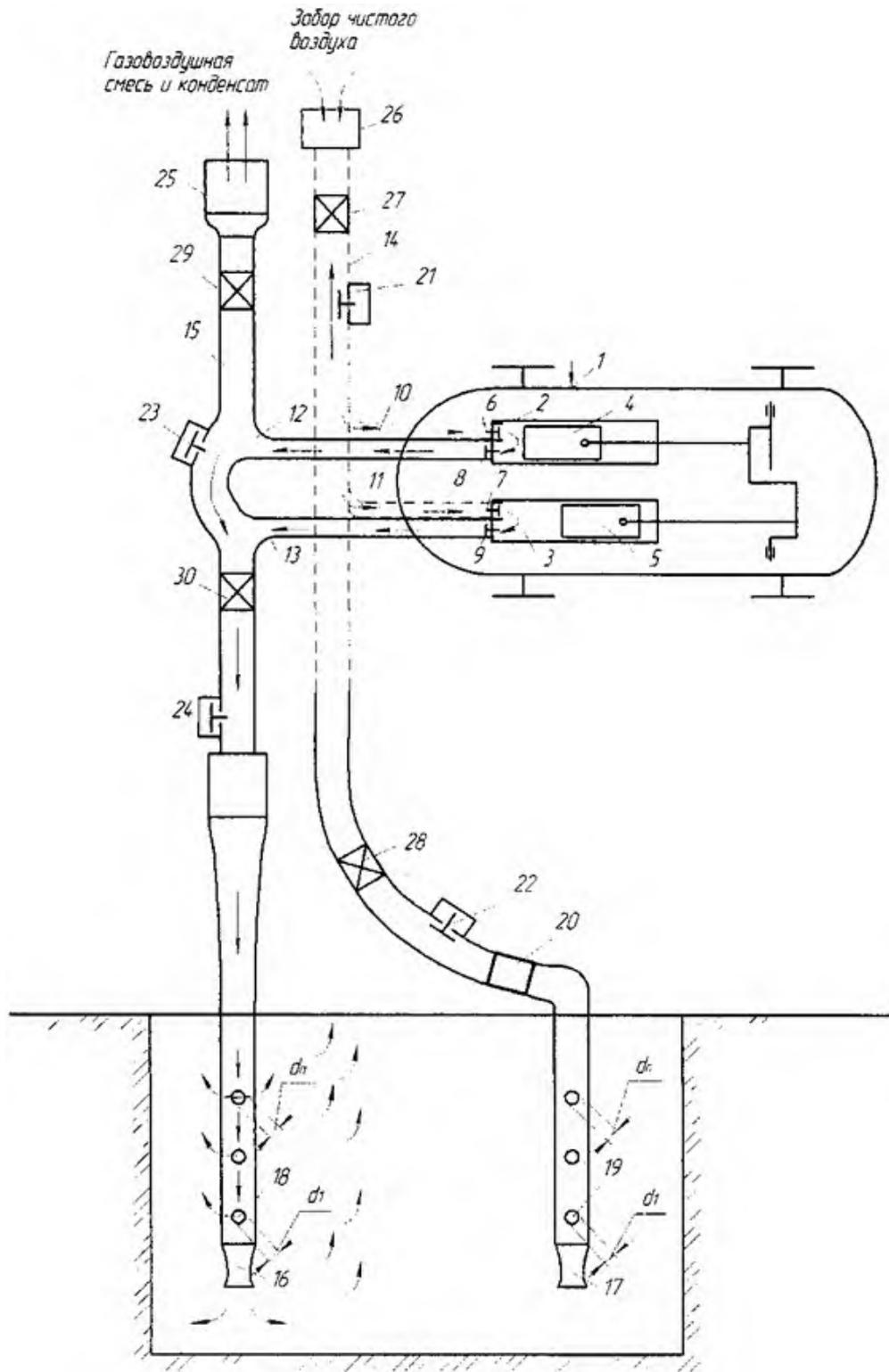


Рисунок 1. Принципиальная схема очистки колодцев (жидесборников) от вредных газов (процесс нагнетания воздуха в пространство колодца--жидесборника)

Figure 1. Schematic diagram of cleaning wells (liquid collectors) from harmful gases (the process of pumping air into the space of the well-liquid collector)

Технический результат заключается в повышении надежности и качества очистки канализационных колодцев и жижеборников от вредных газов за счет сопел Лавалья и отверстий на напорном и отводящем трубопроводах. В каждом из трубопроводов обеспечивается поочередно избыточное давление и вакуум.

Трубопровод, в котором создается вакуум, производит интенсивный отсос газов со всего уровня и с нижних застойных слоев колодца (борника), где находятся газы с высоким удельным содержанием примесей.

Установка датчика загазованности позволяет контролировать состав газов и опосредованно качество очистки, он может подавать сигнал на окончание очистки.

Технический результат также заключается в сокращении времени на очистку за счет создания разности давления подаваемого воздуха и удаляемых газов из колодца.

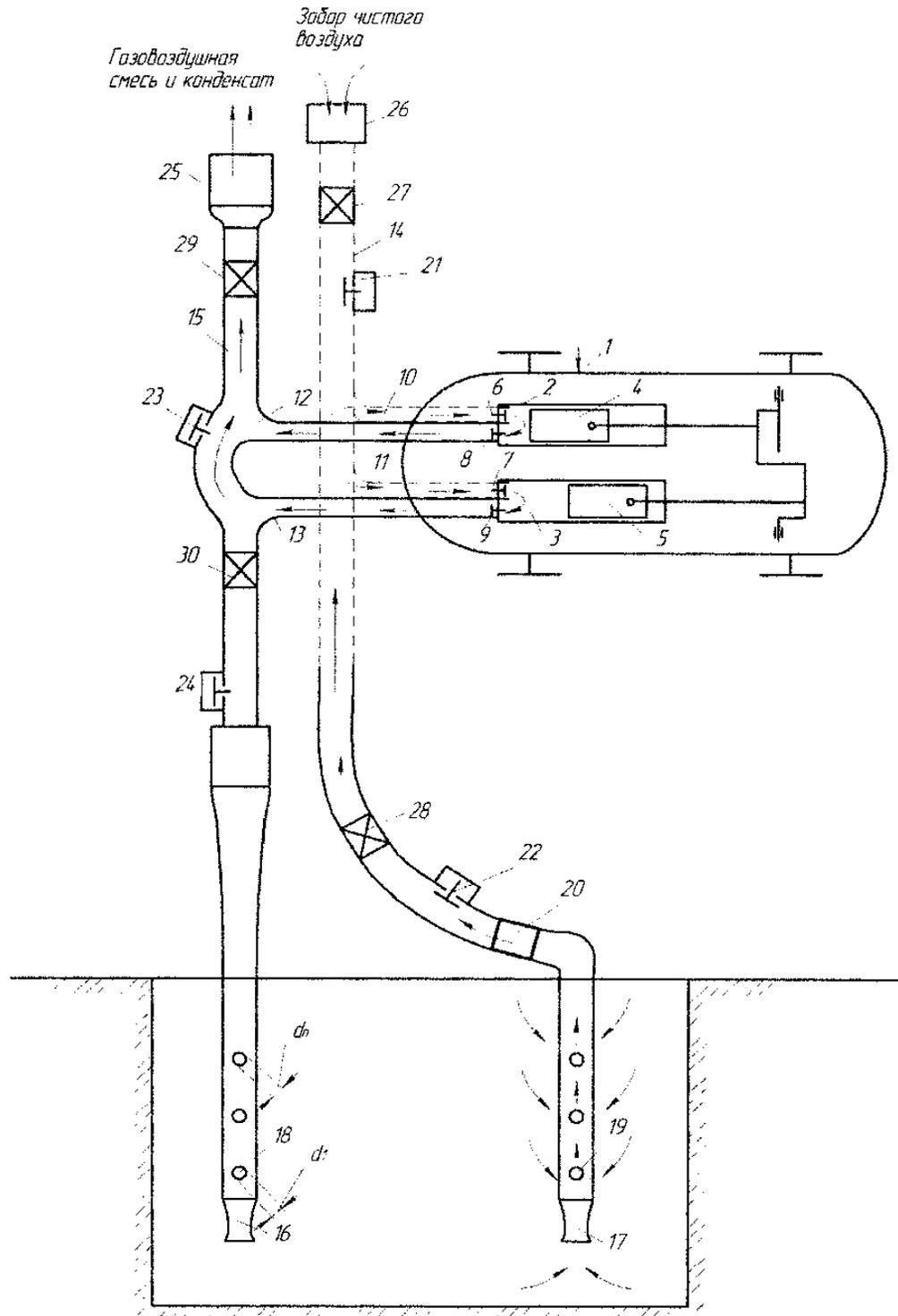
Изменение диаметров отверстий в трубопроводах и занимаемая площадь сечения 25% от площади трубопроводов с равным шагом позволяет увеличить турбулентность и объем подачи воздуха в слой с более высокой плотностью отравляющих газов, находящихся на дне колодца.

Новые существенные признаки в совокупности с известными необходимы и достаточны для достижения технического результата во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны.

На рисунке 1 схематично изображено устройство очистки канализационных колодцев и жижеборников (на подачу воздуха);

На рисунке 2 схематично изображено устройство очистки канализационных колодцев и жижеборников (на удаление газо-воздушной смеси).

Устройство очистки канализационных колодцев и жижеборников от вредных газов содержит нагнетатель воздуха, выполненный, например, в виде компрессора 1, содержащего два цилиндра 2, 3 со своими поршнями 4, 5. Цилиндры 2, 3 имеют каждый по впускному 6 и 7 и выпускному 8 и 9 клапану, которые трубопроводами 10 и 11 и 12 и 13 соединены с напорным 14 и отводящим 15 трубопроводами, на концах которых установлены сопла Лавалья 16 и 17 соответственно. На каждом из трубопроводов 14 и 15 в нижней части выше сопел Лавалья 16 и 17 выполнены отверстия 18 и 19; при этом  $D_1/D_n=2$ , где  $D_1$  – диаметр наибольшего отверстия нижнего ряда у сопла Лавалья, а  $D_n$  – диаметр наименьшего отверстия самого верхнего ряда. Отверстия 18 и 19 выполнены по диаметру сечений трубопроводов напорного 14 и отводящего 15 равномерно и с шагом по высоте этих трубопроводов, равным 0,1 их диаметров. При этом суммарная площадь этих отверстий 18 и 19 равна 25% площади сечения своего трубопровода 14 или 15. В нижней части трубопровода 14 установлен датчик загазованности 20. На трубопроводе 14 установлены предохранительные клапаны 21, 22, а на трубопроводе 15 – предохранительные клапаны 23, 24. На трубопроводах 15 и 14 в верхних их частях закреплены фильтры 25, 26. На трубопроводе 14 между фильтром 26 и предохранительным клапаном 21 установлен вентиль 27, а второй вентиль 28 установлен между предохранительными клапанами 21 и 22. На трубопроводе 15 установлен вентиль 29 между фильтром 25 и предохранительным клапаном 23, а второй вентиль 30 расположен между предохранительными клапанами 23, 24.



**Рисунок 2. Принципиальная схема очистки колодцев (жидкесборников) от вредных газов (процесс вытяжки газовоздушной смеси из пространства колодца-жидкесборника вакууммированием)**

**Figure 2. Schematic diagram of cleaning wells (liquid collectors) from harmful gases (the process of extracting the gas-air mixture from the space of the well-liquid collector by vacuum)**

Устройство работает следующим образом.

Открывают вентили 27 и 30 и одновременно закрывают вентиль 29. Включают компрессор 1. Воздух через впускной клапан 6 по трубопроводу 10 подается в надпоршневое пространство цилиндра 2. При сжатии поршень 4 движется к верхней мертвой точке (ВТМ), при ее достижении закрывается впускной клапан 6 и открывается выпускной клапан 8,

направляя воздух в трубопровод 12 через открытый вентиль 30. Воздух под давлением выходит через отверстие 18 и сопло Лавалья 16 в пространство колодца или жижесборника, турбулизируя массу газов в колодце. При достижении поршня 4 цилиндра 2 ВМТ поршень 5 цилиндра 3 находится в нижней мертвой точке (НМТ). Затем происходит аналогичный процесс с участием поршня 5 цилиндра 3 и его клапанов 7 и 9 и трубопроводов 11, 13. Данный процесс периодически повторяется в течение 7 мин. По истечении 7 мин. (получено расчетно-опытным путем) устройство переключается на удаление из колодца газо-воздушной смеси. При этом закрывают вентили 27 и 30 и открывают вентили 28 и 29. Газо-воздушная смесь засасывается с низа колодца через сопло Лавалья 17 и отверстия 19 трубопровода 14. Удаляемая газо-воздушная смесь проходит через датчик загазованности 20, где определяются состав и концентрация газо-воздушной смеси. По трубопроводу 14 и трубопроводу 11 через клапан 7 газо-воздушная смесь поступает в надпоршневое пространство цилиндра 3. При движении поршня 5 к верхней мертвой точке клапан 7 закрывается, а клапан 9 открывается и газо-воздушная смесь по трубопроводу 13 поступает в отводящий трубопровод 15, через открытый вентиль 29 и через фильтр 25 поступает в атмосферу. Аналогично происходит процесс с участием поршня 4 цилиндра 2 и его клапанов 6, 8 и трубопроводов 10, 12.

Показания датчика загазованности 20 указывают на продолжительность работы устройства до момента меньше предельно допустимой концентрации вредных газов.

При превышении установленного давления воздуха в трубопроводе 15 срабатывает клапан 24 и 23. Клапан 23 срабатывает при превышении давления воздуха при работе цилиндра 2, а клапан 24 – при работе цилиндра 3.

При превышении установленного давления воздуха в трубопроводе 14 при работе цилиндра 2 срабатывает клапан 21, а при работе цилиндра 3 – клапан 22.

На рисунке 3 схематично изображено размещение отверстий на трубопроводе.

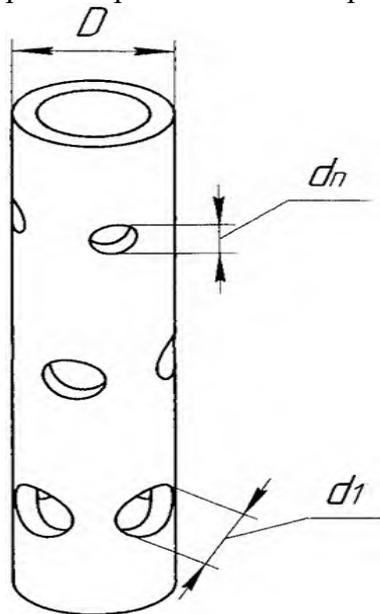


Рисунок 3. Схема размещения отверстий на нагнетательно-вытяжных частях соответствующих трубопроводов

Figure 3. The layout of the holes on the discharge and exhaust parts of the corresponding pipelines

**Выводы.** Модельные лабораторные исследования показали, что предложенные решения при их реализации позволяют решить проблему эффективной очистки колодцев и жижесборников от вредных газов и обеспечить тем самым безопасные условия работы операторов, исключая возможные отравления вредными газами с летальными исходами и с временной утратой трудоспособности. Этим достигается высокая социально-экономическая эффективность.

**Список источников литературы**

1. Указ Президента РФ от 02.07.2021 . № 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации». (система «Гарант»). – <https://base.garant.ru/401425792/> (дата обращения: 10.09.2021).
2. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. – М., 2017. – 50 с.
3. Федоренко В.Ф. Наилучшие доступные технологии: эффективная стратегия экологического благополучия.- М., 2018. – 25 с.
4. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М, 2015. – 272с.
5. ГОСТ 12.0.001-82. Система стандартов безопасности труда. «ССБТ. Основные положения». – М.: 1982 (электронный ресурс).
6. Правила по охране труда при эксплуатации объектов очистки сточных вод организаций, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье. (ПОТ РО 010-2003), утв. МСХ РФ 20.06 03 Приказ «891, (рег. № 4787).
7. Водяшкіна Л.Д. Тинякова Н.Г. Летальный травматизм на объектах водоснабжения и канализации: сб. науч. тр. – Орёл: ВНИИОТ,1998. – С.81-85.
8. Шкрабак, Р.В. Производственный травматизм и заболеваемость – общемировая проблема веков: пути динамичного снижения и ликвидации/ Р.В.Шкрабак, В.С. Шкрабак, П.П. Григоров, А.В. Шкрабак, Р.Х. Давлятшин, А.Р.Шкрабак// Вестник Донского ГАУ. – 2020. – №3 (51). – С.85-92.
9. Шкрабак, В.С. Повышение эксплуатационной надёжности подземных трубопроводов / В.С. Шкрабак, П.С. Орлов, Р.В.Шкрабак, А.В. Шкрабак // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(58), – С.186-193.
10. Российский статистический ежегодник: стат. сб. / Росстат. – М., 2019. – 798с
11. Шкрабак, В.С. Технологические мероприятия предупреждения аварий и катастроф, катодно-защищённых подземных трубопроводов и высокотемпературных поверхностей нагрева/ В.С. Шкрабак, Л.А. Голдобина, П.С.Орлов, В.В.Морозов, Р.В. Шкрабак. – Санкт-Петербург-Ярославль. – 2019. – 368с.
12. Occupational Health and Safety. National Environmental Health Actional Plans. WHO Regional Office for Europe. 1997. P.17.
13. Патент 2563375С1 Российской Федерации МПК F03F 5/08. Способ и устройство очистки канализационных колодцев и жижесборников от вредных газов / Р.В. Шкрабак, В.В. Шкрабак, В.С. Шкрабак и др. Патентообладатель Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – № 2014125 645/13, заявл. 24.06.2014. Оpubл.20.09.2015. Бюлл.26.

**References.**

1. Decree of the President of the Russian Federation of 02.07.2021 No. 400 "On the National Security Strategy of the Russian Federation." (Garant).
2. Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period until 2030. M of 2017 – 50 pages.
3. Fedorenko V.F. The best available technologies: an effective strategy for environmental well-being. M of 2018 – 25 pages.
4. Labor Code of the Russian Federation. M., 2015 272s.
5. GOST 12.0.001-82 Occupational safety standards system
6. Rules for labor protection during the operation of wastewater treatment facilities of organizations that process agricultural raw materials. (POT RO 010-2003), approved Ministry of Agriculture of the Russian Federation 20.06 03 № 891 . (reg. No. 4787) .
7. Vodyashkina L. D., N.G.Tinyakova Fatal injuries at water supply and sewerage facilities /, // Collection of scientific papers. Oryol, VNIOT, 1998.-p.81-85.
8. Shkrabak R.V. Industrial injuries and morbidity are a global problem of centuries: and dynamic reduction and elimination. / R.V. Shkrabak, V.S. Shkrabak, P.P. Grigorov, A.V. Shkrabak, R.H. Davlyatshin, A.R. Shkrabak // Bulletin of Donskoy State Agrarian University No. 3 (51), 2020 , pp. 85-92.
9. Shkrabak V.S. (2020), Improving the operational reliability of underground pipelines / V. S. Shkrabak, P.S. Orlov, R.V. Shkrabak, A.V. Shkrabak. // Bulletin of St. Petersburg State University, 2020. No. 1 (58), pp. 186-193.
10. Russian statistical yearbook. ... Stat. Sat. Rosstat. - M., 2019, -798s

11. Shkrabak V.S. (2019), Technological measures to prevent accidents and disasters of cathode-protected underground pipelines and high-temperature heating surfaces. / V.S. Shkrabak, L.A. Goldobina, P.S. Orlov, V.V. Morozov, R.V. Shkrabak. St. Petersburg-Yaroslavl. 2019, - 368 p.
12. Occupational Health and Safety. National Environmental Health Actional Plans. WHO Regional Office for Europe. 1997. P.17
13. Patent 2563375C1 of the Russian Federation MPK F03F 5/08. Method and device for cleaning sewer koldodtsev and slurry collectors from harmful gases / RV Shkrabak, VV, Shkrabak, VS Shkrabak et al. Patent holder St. Petersburg State Agrarian University.-№2014125 645/13, Appl. 24.06.2014. Published on September 20, 2015. Bull. 26

#### Сведения об авторах

**Роман Владимирович Шкрабак** – кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; spin-код: 5773-7541

#### Information about the authors

**Roman V. Shkrabak** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; spin-code: 5773-7541

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования единолично принимал непосредственное участие в анализе проблемы, постановке цели и задач, разработке системы планирования, обосновании и разработке способа и устройства, а также выполнении и анализе данного исследования.

**Конфликт интересов.** Статья подготовлена единолично на основе исследований и разработок; конфликт интересов отсутствует.

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

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

*Статья поступила в редакцию 12.09.2021; одобрена после рецензирования 04.10.2021; принята к публикации 04.10.2021*

*The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 04.10.2021; accepted after publication 04.10.2021*

## **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 № 3 (64)

Подписано к печати 20.10.2021 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. 16. Тираж 1000. Заказ 266  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2