

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 1 (58)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2020**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (58)



# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2020

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 1 (58)

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  
№ 1 (58)

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  
№ 1 (58)

Главный редактор

Доктор ветеринарных наук, временно исполняющий обязанности ректора ФГБОУ ВО СПбГАУ  
**Морозов Виталий Юрьевич**

Заместители главного редактора:

Доктор сельскохозяйственных наук, временно исполняющий обязанности проректора  
по научной, инновационной и международной работе

**Цыганова Надежда Александровна**

Кандидат экономических наук, временно исполняющий обязанности проректора  
по коммерческой деятельности и развитию имущественного комплекса

**Воронцов Ярослав Алексеевич**

Выпускающий редактор

**Баранова Марина Дмитриевна**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Алдошин Николай Васильевич**, д-р техн. наук, проф., зав. 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**, д-р биол. наук, проф., проф. кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);

**Атрощенко Геннадий Парфёнович**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

**Болгов Анатолий Ефремович**, д-р с.-х. наук, проф., и.о. зав. кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство» ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

**Ганусевич Фёдор Фёдорович**, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства; 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство);

**Джураева Улугой Шаймардановна**, д-р биол. наук, проф. кафедры «Крупное животноводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Дидманидзе Отари Назирович**, член-корр. Российской академии наук, д-р техн. наук, проф., проф. 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, д-р с.-х. наук, проф., зам. директора по научной работе ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений);

**Долженко Татьяна Васильевна**, д-р с.-х. наук, доц., доц. кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.04 Агротехнология; 06.01.07 Защита растений);

**Донских Нина Александровна**, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Добринов Александр Владимирович**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Елифанов Алексей Павлович**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Электроэнергетика и электрооборудование» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

**Иванов Алексей Иванович**, член-корр. Российской академии наук, д-р с.-х. наук, проф., глав. науч. сотрудник, зав. отделом физико-химической мелиорации и опытного дела ФГБНУ АФИ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.03 Агротехнология; 06.01.04 Агротехнология);

**Карпов Валерий Николаевич**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологий» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

**Карынбаев Аманбай Камбарбекович**, д-р с.-х. наук, глав. науч. сотрудник ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

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

**Лаврищев Антон Викторович**, д-р с.-х. наук, доц., зав. кафедрой «Почвоведение и агрохимия» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.03 Агрофизика; 06.01.04 Агрохимия);

**Лаптев Георгий Юрьевич**, д-р биол. наук, директор ООО «Биотроф» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов; 06.02.07. Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

**Митюков Алексей Савельевич**, д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник ФГБУН «Институт Озероведения Российской академии наук» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

**Найда Надежда Михайловна**, д-р биол. наук, проф., проф. кафедры «Земледелие и луговодство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.04 Агрохимия; 06.01.06 Луговодство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

**Новиков Михаил Алексеевич**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

**Осипова Галина Степановна**, д-р с.-х. наук, проф., проф. кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений; 06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

**Осипова Ольга Валентиновна**, канд. с.-х. наук, доц., декан факультета «Зооинженерия и биотехнологии» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

**Попов Владимир Дмитриевич**, академик Российской академии наук, д-р техн. наук, проф., глав. науч. сотрудник ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Рогозина Елена Вячеславовна**, д-р биол. наук, вед. науч. сотрудник отд. генетич. ресурсов картофеля ФГБНУ ВИР (06.01.04 Агрохимия; 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений);

**Ружьев Вячеслав Анатольевич**, канд. техн. наук, доц., декан факультета «Технические системы, сервис и энергетика» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Сафронов Сергей Леонидович**, д-р с.-х. наук, доц., зав. кафедрой «Аквакультура и болезни рыб» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Смелик Виктор Александрович**, д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

**Сорокопудов Владимир Николаевич**, д-р с.-х. наук, проф., зав. центром генетики, селекции и интродукции садовых культур ФГБНУ ВСТИСП (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений; 06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

**Спиридонов Анатолий Михайлович**, д-р с.-х. наук, доц., декан факультета «Плодоовощеводство и перерабатывающие технологии» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства; 06.01.06 Луговодство и лекарственные эфирно-масличные культуры; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Станишевская Ольга Игоревна**, д-р биол. наук, руковод. отд. генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов с.-х. птиц ВНИИГРЖ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Терлецкий Валерий Павлович**, д-р биол. наук, проф., глав. науч. сотрудник ФГБНУ ВИР (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

**Шульга Леонид Петрович**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Генетика, разведение и биотехнологии животных» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

**Юдаев Игорь Викторович**, д-р техн. наук, проф., зам. директора по научной работе Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

**Якушев Виктор Петрович**, академик Российской академии наук, д-р с.-х. наук, проф., зав. 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

№ 1 (58)

Editor-in-Chief

Doctor of Veterinary, acting Rector of FSBEI HE SPbSAU

**Morozov Vitaliy Yurievich**

Deputies Editor-in-Chief

Doctor of Agriculture, acting Vice-Rector for scientific, innovative and international work

**Tsyganova Nadezhda Aleksandrovna**

Ph.D. of Economics, acting Vice-Rector for commercial activities and the development of the property complex

**Vorontsov Yaroslav Alekseyevich**

Executive Journal Editor

**Baranova Marina Dmitrievna**

**EDITORIAL BOARD**

**Aldoshin Nikolay Vasilyevich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Agricultural Machines» at FSBEI HE «Russian Timiryazev State Agrarian University» (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture);

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

**Atroshchenko Gennady Parfyonovich**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department of «Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture» FSBEI HE SPbSAU (06.01.08 Horticulture, viticulture; 06.01.09 Vegetable farming);

**Bolgov Anatoly Efremovich**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of «Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management», FSBEI HE PetrSU (06.02.07 Breeding, selection genetics of farm animals);

**Ganusevich Fyodor Fyodorovich**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of «Plant Growing Department of I.A. Stebut» FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and Means of Agricultural Mechanization; 06.01.01 General farming, plant growing);

**Dzuraeva Ulugoy Shaimardanovna**, Doctor of Biology, Professor, Department of «Large Livestock» FSBEI HE SPbSAU (06.02.08 Fodder production, livestock feeding and feed technology);

**Didmanidze Otari Nazirovich**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Automobile Transport», FSBEI HE «Russian Timiryazev State Agrarian University» (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture);

**Dolzhenko Viktor Ivanovich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Deputy. Director for Scientific Work, FSBSI All-Russian Institute of Plant Protection (06.01.07 Plant Protection);

**Dolzhenko Tatyana Vasilyevna**, Doctor of Biology, Associate Professor of the Department of «Plant Protection and Quarantine» FSBEI HE SPbSAU (06.01.04 Agrochemistry; 06.01.07 Plant Protection);

**Donskikh Nina Aleksandrovna**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of «Farming and Grassland» FSBEI HE SPbSAU (06.01.01 General farming, plant growing; 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops; 06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology);

**Dobrinov Alexandr Vladimirovich**, Ph.D. of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Technical Systems in Agribusiness» FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and Means of Agricultural Mechanization);

**Epifanov Aleksey Pavlovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Electricity and Electrical Equipment» FSBEI HE SPbSAU (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture);

**Ivanov Aleksey Ivanovich**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Chief Researcher, FSBSI «Agrophysical Research Institute» (06.01.01 General farming, plant growing; 06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry);

**Karpov Valery Nikolayevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Power Supply of Enterprises and Electrical Technologies» FSBEI HE SPbSAU (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture);

**Karynbaev Amanbay Kambarbekovich**, Doctor of Agriculture, Professor of Department of «Biology», LLP South-West Research Institute of Livestock and Crop Production (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals; 06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products);

**Kulintsev Valery Vladimirovich**, Doctor of Agriculture, Director, North Caucasus Federal Agricultural Research Center (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology);

**Lavrishchev Anton Viktorovich**, Doctor of Agriculture, Associate Professor, Head of the Department of «Soil Science and Agrochemistry» FSBEI HE SPbSAU (06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry);

**Lapteev Georgy Yuryevich**, Doctor of Biology, Director of «Biotrof» LLC (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology; 06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals);

**Mityukov Aleksey Savelyevich**, Doctor of Agriculture, Leading Scientific Researcher, Institute of Limnology of Russian Academy of Sciences (06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products);

**Naida Nadezhda Mikhailovna**, Doctor of Biology, Professor of the Department of «Farming and Grassland» FSBEI HE SPbSAU (06.01.04 Agrochemistry; 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops);

**Novikov Mikhail Alekseevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Technical Systems in Agribusiness» FSBEI HE SPbSAU (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture);

**Osipova Galina Stepanovna**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department of «Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture» FSBEI HE SPbSAU (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants; 06.01.08 Horticulture, viticulture; 06.01.09 Vegetable farming);

**Osipova Olga Valentinovna**, Ph.D. of Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of «Animal Science and Biotechnology» FSBEI HE SPbSAU (06.02.10 Private animal husbandry, technology for the production of livestock products);

**Popov Vladimir Dmitrievich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Agroengineering and environmental problems - branch of FSBSI «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization);

**Rogozina Elena Vyacheslavovna**, Doctor of Biology, Leading Scientific Researcher of Potato Genetic Resources Department, FSBSI «Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources» (06.01.04 Agrochemistry; 06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants);

**Ruzhyev Vyacheslav Anatolyevich**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of «Technical Systems, Service and Energetics» FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization);

**Safronov Sergey Leonidovich**, Doctor of Agriculture, Assistant Professor., Head of the Department of «Aquaculture and Fish Diseases», FSBEI HE SPbGAVM (06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals; 06.02.08 Fodder production, livestock feeding and feed technology);

**Smelik Viktor Aleksandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Technical systems in agribusiness» FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization);

**Sorokopudov Vladimir Nikolayevich**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Center for Genetics, Breeding and Introduction of Horticultural Plants, FSBSI ARHIBAN (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants; 06.01.08 Horticulture, viticulture; 06.01.09 Vegetable farming);

**Spiridonov Anatoly Mikhailovich**, Doctor of Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of «Horticulture and Processing Technologies» FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization; 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops; 06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology);

**Stanishevskaya Olga Igorevna**, Doctor of Biology, Head of the Department of Genetics, Breeding and Preservation of genetic resources of agricultural birds RRIFAGB (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals; 06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology);

**Terletsky Valery Pavlovich**, Doctor of Biology, Professor, Chief Researcher FSBSI «Federal Research Center the N.I.Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources» (06.02.08 Feed production, livestock feeding and feed technology);

**Shulga Leonid Petrovich**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department «Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals» FSBEI HE SPbSAU (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals);

**Yudaev Igor Viktorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Research of the Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of FSBEI HE DonSAU (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture);

**Yakushev Viktor Petrovich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agronomy, Professor, Head of the Department of Adaptive Agrotechnology Modeling, FSBSI «Agrophysical Research Institute» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization; 06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry)

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

Найда Н.М., Цыганова Н.А. Изучение лекарственных растений в Китае .....	9
Донских Н.А., Лозовой А.А. Урожайность многолетних злаковых травостоев и качество сырья в зависимости от срока скашивания в условиях Ленинградской области .....	14
Лаврищева Т.А., Осипова Г.С. Накопление пигментов листьями цикорного салата эндивия ( <i>Cichorium endivia L.</i> ) в зависимости от площади питания и сроков посадки .....	20
Мухортов С.Я., Тихомирова И.Б. Динамика агроценоза горчицы салатной при направленном изменении элементов технологии выращивания .....	26
Атрощенко Г.П., Логинова С.Ф., Кошман А.И. Апробационные признаки сортов голубики высокорослой в условиях Ленинградской области .....	32
Юшев А.А., Орлова С.Ю. Вишни России .....	39
Чалая Н.А., Киру С.Д. Новые перспективные российские сорта картофеля для Северо-Западного региона Российской Федерации .....	45
Кононенко А.Н., Берим М.Н., Бендикайте Т.В. Мониторинг тлей – потенциальных переносчиков вирусов при выращивании меристемного картофеля в Ленинградской области .....	50
Балакирева О.С., Долженко В.И., Иванова Г.П. Биологические средства защиты томата и огурца от тепличной белокрылки <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westw. (homoptera: aleyrodidae) .....	56
Пирахунова Ф.Н., Абзалов А.А., Рахимова Я.А. Влияние микроэлементов на интенсивность фотосинтеза и опадения плодоземелентов хлопчатника .....	62
Лекомцев П.В., Комаров А.А. Динамика прироста биомассы растений в одновидовых и смешанных посевах на разных фонах удобрений при использовании биопрепаратов .....	69
Спиридонов А.М., Бронштейн П.М. Оценка влияния новых видов удобрений на районированные сорта картофеля отечественной селекции в условиях Северо-Запада РФ .....	76
Трусова Л.А., Алфёрова И.Ю. Действие и последствие оргавита и биогема на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление в них нитратов .....	82
Ефремова М.А., Лохматова А.А., Митрофанов В.В. Динамика накопления кадмия, цинка и ртути пшеницей при изменении физико-химических и биологических факторов почвы .....	88
Царенко В.П., Уланов А.Н., Горский А.С. Сравнительная оценка продуктивности и сработки торфяной почвы под сельскохозяйственными культурами при их длительном бессменном возделывании .....	96
Гамзаева Р.С. Количественная и качественная оценка биологической активности дерново-подзолистой почвы при применении бактериальных препаратов .....	103
Верхорубов С.А. Оценка почвенно-климатического и экологического потенциала сельских территорий региона	109

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Алексеева Е.И., Дорофеева А.В., Головина Т.Н. Испытания верховых лошадей Северо-Западного федерального округа в 2019 году .....	116
Горелик О.В., Неверова О.П., Харлап С.Ю. Оценка кормовой базы и эффективность ее использования пчелами	123

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Гулин С.В., Пиркин А.Г. Особенности бизнес–реинжиниринга при создании и эксплуатации электротехнологического оборудования .....	130
Беззубцева М.М., Волков В.С., Абдурахманов Х.А. Исследование физико-механических процессов в магнитоожигенном слое электромеханических диспергаторов .....	137
Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Васькин А.Н. Способ оценки оптического излучения в светокультуре по стабильности развития облучаемых растений .....	142
Романов А.Р. Энергосбережение в процессе переработки молока на предприятиях АПК .....	149
Косоухов Ф.Д., Криштопа Н.Ю., Борошнин А.Л. Двухпроводная система электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз для электроснабжения удаленных от источников электроэнергии объектов АПК .....	154
Керимов М.А. Измельчительные технологии: от микроразмерных фракций до наночастиц .....	166
Новиков М.А., Павлов С.Б. Анализ процесса отрыва стеблей от почвы при ворошении .....	172
Алдошин Н.В., Лылин Н.А., Сибирёв А.В., Мосяков М.А. Обоснование параметров рабочих органов очесывающей жатки для уборки белого люпина .....	178



<b>Шкрабак В.С., Орлов П.С., Шкрабак Р.В., Шкрабак А.В. Повышение эксплуатационной надёжности подземных трубопроводов .....</b>	<b>186</b>
<b>Аннотации .....</b>	<b>194</b>

### AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY

<b>Nayda N.M., Tsyganova N.A. Study of medicinal plants in China .....</b>	<b>9</b>
<b>Donskikh N.A., Lozovoy A.A. Yield of perennial cereal grass stands and raw materials quality depending on the mowing period in the conditions of Leningrad region .....</b>	<b>14</b>
<b>Lavrishcheva T.A., Osipova G.S. The pigments accumulation in endive leaves (<i>Cichorium endivia L.</i>) depending on the nutrition area and planting time .....</b>	<b>20</b>
<b>Mukhortov S.Ya., Tikhomirova I.B. Dynamics of mustard agrocenosis when the directional elements change in cultivation technology .....</b>	<b>26</b>
<b>Atroshchenko G.P., Loginova S.F., Koshman A.I. Approbation characteristics of the highbush blueberry varieties under conditions of Leningrad region .....</b>	<b>32</b>
<b>Yushev A.A., Orlova S.Yu. Cherries of Russia .....</b>	<b>39</b>
<b>Chalaya N.A., Kiru S.D. New perspective russian potato varieties for North-West region of the Russian Federation .....</b>	<b>45</b>
<b>Kononenko A.N., Berim M.N., Bendikaite T.V. Monitoring of aphids-potential carriers of viruses while growing meristemic potatoes in Leningrad region .....</b>	<b>50</b>
<b>Balakireva O.S., Dolzhenko V.I., Ivanova G.P. Biological means of protection of tomato and cucumbers from greenhouse wheel <i>Trialeurodes vaporariorum</i> westw. (homoptera: aleyrodidae) .....</b>	<b>56</b>
<b>Pirakhunova F.N., Abzalov A.A., Rakhimova J.A. Influence of microelements on the intensity of photosynthesis and the fall of cotton fruit elements .....</b>	<b>62</b>
<b>Lekomtsev P.V., Komarov A.A. Dynamics of plant biomass growth in single-species and mixed crops on different fertilizer backgrounds when using biological preparations .....</b>	<b>69</b>
<b>Spiridonov A.M., Bronshtein P.M. Assessment of influence quality of integrated fertilizers on districted varieties of potato of domestic selection of North-West Russian Federation .....</b>	<b>76</b>
<b>Trusova L.A., Alferova I.Yu. The effect and consequences of orgavit and biosem on crop yields and the accumulation of nitrates in them .....</b>	<b>82</b>
<b>Efremova M.A., Lokmatova A.A., Mitrofanov V.V. Dynamics of cadmium, zinc and mercury accumulation by wheat when changes in chemical and biological factors of the soil .....</b>	<b>88</b>
<b>Tsarenko V.P., Ulanov A.N., Gorsky A.S. Comparative assessment of productivity and working off of peat soil under agricultural crops during their long permanent cultivation .....</b>	<b>96</b>
<b>Gamzayeva R.S. Quantitative and qualitative assessment of the biological and enzymatic activity of sod-podzolic soil when using bacterial .....</b>	<b>103</b>
<b>Verkhorubov S.A. Assessment of soil-climatic and ecological potential of rural areas of the region .....</b>	<b>109</b>

### AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE

<b>Alekseeva E.I., Dorofeeva A.V., Golovina T.N. Factory tests of riding horses of Northwestern federal district in 2019 .....</b>	<b>116</b>
<b>Gorelik O.V., Neverova O.P., Kharlap S.Yu. Assessment of fodder base and efficiency of its use by bees .....</b>	<b>123</b>

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

<b>Gulin S.V., Pirkin A.G. Features of business reengineering during electrical equipment creation and operation .....</b>	<b>130</b>
<b>Bezzubtseva M.M., Volkov V.S., Abdurakhmanov H.A. Investigation of physical and mechanical processes in a magnetically liquefied layer of electromechanical dispersants .....</b>	<b>137</b>
<b>Rakutko S.A., Rakutko E.N., Vaskin A.N. A method for assessing of optical radiation in light culture on stability of irradiated plants development .....</b>	<b>142</b>
<b>Romanov A.R. Energy saving in the process of milk processing at agricultural enterprises .....</b>	<b>149</b>
<b>Kosoukhov F.D., Krishtopa N.Yu., Boroshnin A.L. Two-wire power transmission system with transformer converters of the number of phases for power supply of agricultural facilities remoted from electric power sources .....</b>	<b>154</b>
<b>Kerimov M.A. Grinding technologies: from micro-sized fractions to nanoparticles .....</b>	<b>166</b>
<b>Novikov M.A., Pavlov S.B. Analysis of the process of stems separation from the soil while tedding .....</b>	<b>172</b>
<b>Aldoshin N.V., Lylin N.A., Sibirev A.V., Mosyakov M.A. Justification of working bodies parameters of the stripper header for the white lupin harvesting .....</b>	<b>178</b>
<b>Shkrabak V.S., Orlov P.S., Shkrabak R.V., Shkrabak A.V. Increasing operational reliability of underground pipelines ..</b>	<b>186</b>
<b>Annotations .....</b>	<b>194</b>

УДК 58:633.8

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11009

Доктор биол. наук **Н.М. НАЙДА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, nayda.nad@yandex.ru)Доктор с.-х. наук **Н.А. ЦЫГАНОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, nats-2012y@yandex.ru)

## ИЗУЧЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В КИТАЕ

Применение лекарственных растений в Китае насчитывает несколько тысячелетий. Первая книга о лекарственных растениях относится к 2500 г. до н.э., а культивирование лекарственных растений началось в VII-X вв. н.э. из-за большого спроса на растительное сырье и недостатка дикорастущих растений. В Китае постоянно использовали традиционную медицину, развивали ее, изучали ее методы, но особенно активное возрождение традиционной китайской медицины (ТКМ) началось с середины XX в. В настоящее время традиционные медицины Востока привлекают внимание ученых во всем мире, изучается опыт врачевания, проводится идентификация лекарственных растений и сырья, а также экспериментальное изучение химического состава и фармакологической активности лекарственных растений с целью поиска перспективных видов для введения их в научную медицину. В России также не иссякал интерес к лекарственным растениям, применяемым в традиционных медицинах Китая, Тибета, Монголии [1, 2, 3]. Известно, что традиционная китайская медицина в своем арсенале использует около 12000 видов дикорастущих и культивируемых растений. Причем в настоящее время отмечается устойчивая тенденция к увеличению доли культивируемых лекарственных растений по сравнению с дикорастущими в общем объеме сырьевой базы. Сейчас в китайских провинциях возделывается более 300 видов лекарственных растений с применением системы контроля качества GAP (Good Agricultural Products) лекарственного растительного сырья по аналогии с международной системой контроля качества лекарственных препаратов GMP [4].

**Цель исследования** – изучить некоторые лекарственные и эфирно-масличные растения, используемые в традиционной китайской медицине.

В настоящее время для обмена опытом, полученным в результате научно-исследовательской работы, как и раньше, используются такие формы обмена, как публикации в научных журналах, тематические симпозиумы и конференции с организацией выставок, посещением лабораторий и экспериментальных полей. Ежегодно в Китае проходят различные международные симпозиумы и конференции по сельскому хозяйству, в том числе и по вопросам изучения лекарственных растений. Так, в ноябре 2019 г. в городе Чэнду (провинция Сычуань) состоялся «Шестой Глобальный Форум лидеров сельскохозяйственной науки и технологии» и Симпозиум по лекарственным растениям, участниками которых были представители Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Ученые разных стран поделились знаниями и обменялись информацией в области технологии возделывания, изучения химического состава и экологических особенностей лекарственных и эфирномасличных растений. Заместитель директора исследовательского центра ТКМ профессор Пхэн Фан рассказала о научно-исследовательской работе центра, климатических особенностях провинции и возделывании лекарственных растений в этих условиях [5].

**Материалы, методы и объекты исследований.** Провинция Сычуань находится в западной части Китая. Восток провинции лежит в холмистой котловине, а на западе возвышаются Сино-Тибетские горы. Климат провинции – от субтропического муссонного до субтропического континентального. Разнообразный географический рельеф и климатическая характеристика создали уникальные условия для формирования растительности от горной до субтропических вечнозеленых лесов. В провинции насчитывается около 10000 видов

растений, в том числе много эндемиков. Видовое биоразнообразие провинции Сычуань – богатейший источник лекарственного растительного сырья для традиционной китайской медицины, вместе с тем требующий тщательного изучения и охраны. Исследовательским центром организованы экспедиции в Тибет, выявлены редкие виды лекарственных растений, используемых в традиционной китайской медицине. Ведется разработка методов охраны эндемичных видов. С целью сохранения редких и исчезающих видов, том числе и лекарственных растений, а также знаний об их применении и сборе, в Китае разработана программа создания и развития сети ботанических садов лекарственных растений традиционной китайской медицины [6]. Разрабатываются технологии возделывания редких лекарственных растений в культуре, применение удобрений на разных почвах. Китайские ученые изучили более 70 видов лекарственных растений флоры Сычуаня и собрали гербарий лекарственных растений традиционной китайской и тибетской медицины. Центр ТКМ проводит оценку исходного материала для селекции и семеноводства лекарственных растений, уже выведены новые сорта и гибриды, характеризующиеся высокой урожайностью сырья и устойчивостью к болезням. Особое внимание уделяется разработке молекулярных маркеров для идентификации сортов эндемичных сычуаньских видов, изучению химического состава растений, содержанию действующих веществ в сырье, а также контролю его качества. Важное место отводится защите лекарственных растений от вредителей и болезней. Высокотехнологичные лаборатории позволяют делать анализы разной степени сложности.

Объектами исследований в последние годы в Сычуаньском исследовательском центре ТКМ были следующие виды лекарственных растений из арсенала китайской медицины:

*Carthamus tinctorius* L. *Asteraceae* – сафлор красильный;

*Penthorum chinense* Pursh. – *Crassulaceae* – пятичленник китайский;

*Lonicera similis* Hemsl. *Caprifoliaceae* – жимолость сходная;

*Ophiopogon japonicus* (L.f.) – Ker-Gawl. – офиопогон японский;

*Asparagus cochinchinensis* (Lour.) Merr. – спаржа кохинхинская;

*Ipomoea batatas* (L.) Lam. – батат (сладкий картофель);

*Salvia miltiorrhiza* Bunge *Lamiaceae* – шалфей краснокорневищный;

*Houttuynia cordata* Thunb. *Saururaceae* – хауттюния сердцелистная;

*Rhodiola crenulata* (Hook. F. et Thoms.) H. Ohba – родиола кренулата;

*R. fastigiata* H.K.f. et Thoms) S. H. Fu – родиола фастигиата;

*R. kirillowii* (Regel) Maxim. – родиола Кириллова;

*Ligusticum chuanxiong* Hort. = *Ligusticum wallichii* Franch. *Apiaceae* – лигустикум сычуаньский (син. лигустикум чуаньсюнь), лигустикум Валлиха, или Уоллича;

*L. sinense* Oliver – лигустикум китайский;

*L. jeholense* Nakai et Kitag. – лигустикум жехоленский.

**Результаты исследований.** Особое внимание в лабораториях центра ТКМ отводится трем близкородственным видам: *Ligusticum chuanxiong* Hort. = *Ligusticum wallichii* Franch. *Apiaceae* – лигустикум сычуаньский (син. лигустикум чуаньсюнь), лигустикум Валлиха, или Уоллича; вид *L. sinense* Oliver – лигустикум китайский и *L. jeholense* Nakai et Kitag. – лигустикум жехоленский. В китайской медицине эти виды очень широко использовались раньше и активно применяются в настоящее время.

А вот в России они известны в основном только специалистам и почти не применялись. Однако в последнее время в связи с открытием во многих российских городах центров традиционной китайской и тибетской медицины началось применение видов *Ligusticum* и предложение сырья из них.

Всего род *Ligusticum* L. насчитывает около 50 видов (4 подрода *Haloscias*, *Euligusticum*, *Mutellina* и *Pachypleuroides*), распространенных в северном и южном полушарии [7]. Хотя в России произрастают 12 видов рода, это в основном малоизвестные растения, не имеющие хозяйственного значения. Многие из них обитают в горах на

альпийских и субальпийских лугах, по каменистым склонам. Встречающийся на Дальнем Востоке, Аляске и в Японии лигустикум Хультена употребляется жителями Алеутских островов в пищу в качестве овощного растения. Высушенное и растертое корневище эндемичного вида Кавказа – лигустикума арафе используется для отдушки табака в Абхазии [7]. Имеются сведения, что *Ligusticum acutifolium* Sieb. (*Angelica acutiloba* f. *tsukulana* L.), распространенный на Дальнем Востоке, в Китае и Японии травянистый многолетник, применяется в народной медицине для снижения артериального давления [8].

Большинство видов рода *Ligusticum* – многолетние травянистые растения с прикорневой розеткой тройчато- и многократно перисто-рассеченных листьев. Цветки мелкие с обратнойцевидными или обратносерцевидными лепестками и очень короткими зубцами чашечки. Плоды – вислоплодники, мерикарпии эллиптической формы, с пятью ребрами. Эфирномасляные каналы расположены под ложбинками. Для видов подрода *Haloscias* характерно наличие очень тонкого перикарпия, который, распадаясь, освобождает семена. Виды подрода *Euligusticum* очень высокие с многолучевыми (до 40) зонтиками, трижды перисторассеченными листьями и с нитевидными обертками и оберточками. У растений подрода *Mutellina* обертки нет, цветки имеют фиолетовую окраску. Подрод *Pachypleuroides* объединяет виды очень высоких растений, обертки и оберточки яйцевидные, опушенные, цветки белые ребрами [4].

Наиболее востребованный вид рода *Ligusticum* – *Ligusticum chuanxiong*. Его растения имеют в почве клубневидную структуру (рис.1), образованную сросшимися короткими междуузлиями желто-коричневого корневища, которое и служит сырьем. Стебли приподнимающиеся, с полыми междуузлиями и выраженными коричневыми узлами, ребра тонкие, продольные. Листорасположение очередное, листовое влагалище охватывает стебель. Лист имеет 3-5 долей первого порядка, пластинки долей глубоко рассечены на неправильные дольки. Мелкие белые цветки собраны в сложные зонтики. Плод – вислоплодник, мерикарпии с 5-ю выступающими ребрами (рис.2) [4, 6, 7]. В диком виде произрастает в Восточной Азии.

В Китае *Ligusticum chuanxiong* цветет в июле-августе, плоды созревают в сентябре. Клубневидные корневища копают в октябре-ноябре, начиная со 2-го года жизни. Корни, стебли и листья срезают, сушат на солнце или в электрических сушилках.



Рис.1. *Ligusticum chuanxiong*: 1 – общий вид; 2 – цветок; 3 – клубневидное корневище

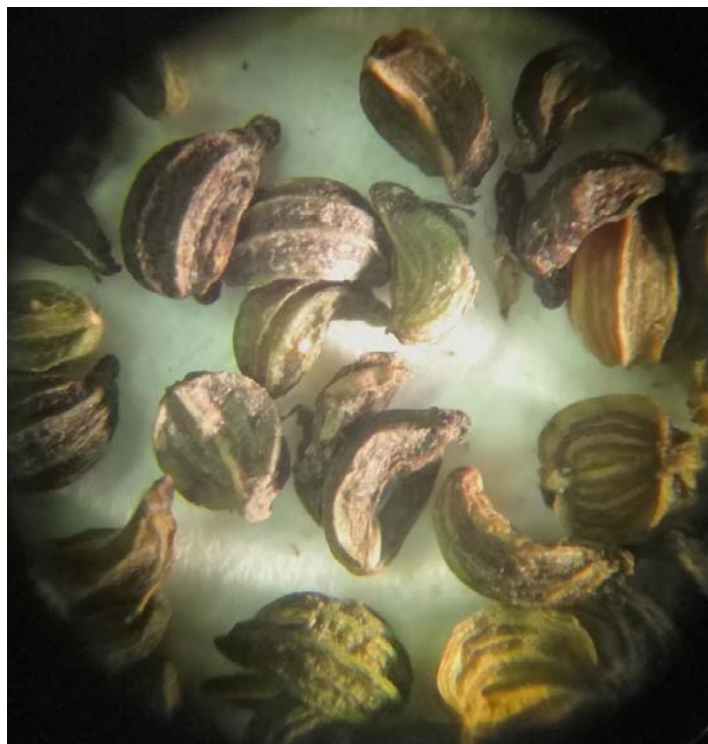


Рис. 2. Плоды *Ligusticum chuanxiong*



Рис. 3. Опытное поле: *Ligusticum chuanxiong* Hort

Корневища содержат эфирное масло, алкалоиды, органические и фенольные кислоты и кнудиевый лактон. Препараты из корневищ лигустикума улучшают циркуляцию крови, препятствуют развитию острой коронарной недостаточности, повышают устойчивость сердечной мышцы к кислородному голоданию, обладают анальгетическим и

антибактериальным действием в отношении многих кишечных бактерий. Эффективен лигустикум при ишемической болезни сердца с приступами стенокардии и гипертонии [9,10].

Сычуаньский исследовательский центр ТКМ выращивает *Ligusticum chuanxiong* на больших площадях (рис.3), ученые исследуют влияние различных видов удобрений на содержание действующих веществ в растениях лигустикума, способы его вегетативного размножения, содержание кадмия и других тяжелых металлов в сырье, отработывается технология возделывания на разных типах почвы, выведены сорта – Chuanxiong-2, Chunxiong-3.

В свою очередь, сотрудники Сычуаньского исследовательского центра ТКМ заинтересовались опытом работы Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в области лекарственных и эфирно-масличных растений: зверобоем продырявленным, родиолой розовой, воробейником краснокорневым и другими видами растений. Заслушали доклад о структуре университета, его образовательной деятельности, новых программах и технологиях обучения.

**Выводы.** В перспективе необходимо провести исследования видов рода *Ligusticum* из арсенала ТКМ на Северо-Западе РФ в условиях меняющегося климата и оценить возможность их интродукции. Определить способы вегетативного и семенного размножения растений в новых условиях, изучить содержание действующих веществ и качество сырья.

Учитывая сложившиеся партнерские отношения между Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом и научно-исследовательским институтом технических культур Сычуаньской академии сельскохозяйственных наук (г. Чэнду, Китайская Народная Республика), целесообразно разработать предложения по дальнейшему сотрудничеству в области исследования лекарственных растений и получения экологически безопасного сырья, а также осуществлять тесное взаимодействие для подготовки и проведения тематических конференций, круглых столов и выставок с целью дальнейшего обмена опытом.

## Литература

1. **Атлас лекарственных растений Китая.** – Шанхай: Просвещение, 1969. – 960 с.
2. **Аюшева Л.В.** Тибетская медицина в России. – Улан-Удэ: Изд-во Буд.центра «Ринпоче-багша», 2007. – 164 с.
3. **Хайдав Ц., Меньшикова Т.А.** Лекарственные растения в монгольской медицине: историко-медицинские исследования. – Улан-Батор, 1978. – 192 с.
4. [Электронный ресурс]: Ши Л., Ткаченко К.Г. О выращивании лекарственных растений в Китае. – URL: <https://www.lekrs.ru/> (дата обращения: 03.02.2020).
5. **Peng Fang.** **Breeding and cultivation of Traditional Chinese Medicine (TCM) in Sichuan Province.** – Chengdu, November, 2019. – устное сообщение.
6. **Ткаченко К.Г.** Ботанические сады Китая – программа создания центров сохранения лекарственных растений // IV Гаммермановские чтения: сборник научных трудов. – М.: РУСАЙНС, 2018. – 362 с.
7. **Флора СССР. Т. XVI.** – М.: Изд-во АН СССР. – 1950. – С. 566-576.
8. **Кьюсев П.А.** Русский травник. Описание и применение лекарственных растений. – М.: Эксмо, 2015. – 896 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. **Турова А.Д., Сапожникова Э.Н., Вьен Дыок Ли.** Лекарственные растения СССР и Вьетнама. – М.: Медицина, 1987. – 467 с.

### Literatura

1. **Atlas lekarstvennyh rastenij Kitaya.** – SHanhaj: Prosveshchenie, 1969. – 960 s.
2. **Ayusheva L.V.** Tibetskaya medicina v Rossii. – Ulan-Ude: Izd-vo Bud.centra «Rinpoche-bagsha», 2007. – 164 s.
3. **Hajdav C., Men'shikova T.A.** Lekarstvennye rasteniya v mongol'skoj medicine: istoriko-medicinskie issledovaniya. – Ulan-Bator, 1978. – 192 s.
4. **[Elektronnyj resurs]:** SHi L., Tkachenko K.G. O vyrashchivanii lekarstvennyh rastenij v Kitae. – URL: <https://www.lekrs.ru/> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
5. **Peng Fang.** **Breeding and cultivation** of Traditional Chinese Medicine (TCM) in Sichuan Province. – Chengdu, November, 2019. – ustnoe soobshchenie.
6. **Tkachenko K.G.** Botanicheskie sady Kitaya – programma sozdaniya centrov sohraneniya lekarstvennyh rastenij // IV Gammermanovskie chteniya: sbornik nauchnyh trudov. –M.: RUSAJNS, 2018. – 362 s.
7. **Flora SSSR. T. XVI.** – M.: Izd-vo AN SSSR. – 1950. – S. 566-576.
8. **K'osev P.A.** Russkij travnik. Opisanie i primenenie lekarstvennyh rastenij. – M.: Eksmo, 2015. – 896 s.
9. **Bol'shoj enciklopedicheskij slovar'** lekarstvennyh rastenij: uchebnoe posobie/ Pod red. G.P. YAkovleva. – 3-e izd., isp. i dop. – SPb: Speclit, 2015. – 759 s.
10. **Turova A.D., Sapozhnikova E.N., V'en Dyok Li.** Lekarstvennye rasteniya SSSR i V'etnama. – M.: Medicina, 1987. – 467 s.

УДК 633.2.21

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11014

Доктор с.-х. наук **Н.А. ДОНСКИХ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [nina-donskikh@mail.ru](mailto:nina-donskikh@mail.ru))  
Аспирант **А.А. ЛОЗОВОЙ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [lozovoy.a.a@hotmail.com](mailto:lozovoy.a.a@hotmail.com))

### УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ И КАЧЕСТВО СЫРЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СКАШИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Для успешного развития животноводства, повышения его продуктивности, улучшения качества продукции, а также снижения себестоимости необходимо особое внимание уделять полноценному сбалансированному кормлению сельскохозяйственных животных, отчего напрямую зависит здоровье животного, его продуктивное долголетие [1, 2]. Основной проблемой в Ленинградской области является несоответствие кормовой базы уровню продуктивности молочного животноводства. Создание устойчивой кормовой базы предполагает в первую очередь интенсификацию кормопроизводства как важного источника полноценных объемистых кормов [3, 4, 5].

Динамика питательных веществ в луговых растениях подчинена определенным закономерностям и зависит от многих факторов: вида растений, фазы развития, почвенно-климатических условий и других [3, 6, 7].

Исследованиями И.В. Ларина установлено, что в течение укосного периода питательная ценность сена снижается с каждым днем на 1% по сравнению с оптимальным сроком. После же окончания срока укосного периода снижение питательности корма прогрессирующе возрастает. Окончательным критерием, определяющим период проведения укосов, является фаза развития растений, при которой обеспечивается максимальный сбор с единицы площади кормопротеиновых единиц и обменной энергии корма [1]. Для многолетних злаковых трав, отличающихся быстрой скоростью прохождения фаз развития и динамичностью содержания в них питательных веществ, установление оптимального срока скашивания особо актуально [8, 9].

**Цель исследования** – изучить влияние срока скашивания многолетних злаковых трав на урожайность и качество заготавливаемого сырья.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования по данной теме проводили на опытном поле СПбГАУ в 2017-2019 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, тяжелосуглинистая, высокоокультуренная с содержанием гумуса 6,4%, pH – 5,4.

Изучение влияния срока скашивания на урожайность и питательную ценность осуществлялось на злаковых травостоях 3, 4 и 5 годов пользования. Весной в начале отрастания растений вносили минеральные удобрения в дозе N60 P60 K60 в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и калийной соли. Посев изучаемых кормовых злаковых трав проведен 8 июля в 2014 г. беспокровно. Повторность опыта – четырехкратная. Площадь опытной делянки – 10 м<sup>2</sup>.

Кормовую оценку при разных сроках скашивания осуществляли на самых распространенных видах злаковых трав: тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), кострец безостый (*Brōmopsis inērmis*) [10].

Для выявления оптимального срока скашивания к учету вышеперечисленных злаковых травостоев с 2017-го по 2019 год приступали в конце фазы выхода в трубку – начала колошения. Для объективной оценки динамики накопления фитомассы изучаемых травостоев и химического состава их последующие учеты проведены через 2-3 суток.

Все учеты и наблюдения выполнены согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, разработанными ВНИИК им. В.Р. Вильямса (1987) [11].

**Результаты исследований.** Погодные условия в годы исследований (2017-2019 гг.) были очень разнородными: 2017 год характеризовался избыточным увлажнением и пониженной температурой воздуха – на 4,5°С ниже по сравнению со средней многолетней температурой, а количество выпавших осадков превысило норму на 35 мм. 2018 год характеризовался аномально повышенными температурами воздуха и низким поступлением осадков, особенно в первой половине лета. Температурный режим превышал средние многолетние на 8,8°С, а количество выпавших осадков на 53 мм было меньше. В 2019 году повышение температуры по сравнению со средней многолетней было незначительным (0,6-2,5°С), а количество выпавших осадков составило на 33 мм меньше нормы.

В наших исследованиях урожайность изучаемых травостоев зависела как от вида растений, срока скашивания, так и от фазы вегетации (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность изучаемых травостоев в 2017 г. (т/га сухой массы)

Травостой \ Дата	Сроки скашивания травостоев в 1 укосе									
	1.06	3.06	5.06	7.06	10.06	13.06	17.06	22.06	27.06	30.06
Тимофеевка луговая	2,2	2,5	2,9	3,6	3,7	4,3	4,8	5,2	6,1	6,4
Овсяница луговая	1,6	1,7	2,1	2,2	2,3	3,1	3,5	3,8	4,4	5,3
Ежа сборная	1,8	2,6	2,8	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	4,7
Кострец безостый	2,1	2,7	2,8	3,1	3,6	3,9	4,6	4,7	4,9	6,4
НСР05	0,3	0,8	0,5	0,5	0,6	0,8	0,6	0,9	0,9	0,6

В 2017 году в связи с затяжной холодной весной к первому скашиванию приступили только 1 июня, одновременно на всех видах изучаемых злаковых травостоев, когда сумма эффективных температур составила 289°С.



К моменту проведения первого учета наибольшую урожайность сформировал самый позднеспелый вид тимофеевка луговая, что является не вполне закономерным явлением для данного вида. В то же время ежа сборная – самый ранний вид, значительно уступала тимофеевке луговой. Но самый низкий уровень урожайности обеспечила овсяница луговая.

При проведении учета через 2 суток (3 июня), когда сумма активных температур повысилась до 305°C, ежа сборная догнала по урожайности тимофеевку луговую и кострец безостый, ее урожайность составила 2,6 т/га. Овсяница луговая и через 2 суток значительно уступала всем изучаемым видам злаков. Проводя последующее скашивание через 10 дней после первого, когда сумма активных температур достигла 393°C, урожайность у тимофеевки луговой составила 3,7 т/га, у ежи сборной – 3,2 т/га, у костреца безостого – 3,6 т/га, т.е. практически выравнялась.

В 2018 году, когда температурный режим превышал намного средние многолетние показатели, к первому скашиванию изучаемых злаковых травостоев приступили в фазу начала колошения, но в разные сроки: ежи сборной 18 мая, костреца и тимофеевки 21 мая, а овсяницы луговой только 24 мая, что свидетельствует о разной фенолитике изучаемых злаковых трав. Сумма активных температур к этому периоду составила более 400°C, при явном недостатке влаги. Наибольшую урожайность в этих условиях обеспечили тимофеевка луговая и ежа сборная (1,4 и 1,3 т/га). Кострец безостый уступал этим травостоям, накопив только 0,9 т/га с.м. Овсяница луговая к этому моменту не достигла сенокосной спелости и не сформировала достаточный травостой для скашивания (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность изучаемых травостоев в 2018 г. (т/га с.м.)

Травостой \ Дата	Сроки скашивания травостоев в 1 укосе												
	18.05	21.05	24.05	28.05	31.05	3.06	6.06	10.06	13.06	16.06	19.06	22.06	26.06
Тимофеевка луговая	-	1,4	1,5	2,3	2,7	2,8	3,6	3,7	4,4	4,1	4,0	4,5	4,8
Овсяница луговая	-	-	0,9	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,5	2,8	2,9	3,0
Ежа сборная	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	2,9	3,2	3,1		-	-	2,7	-
Кострец безостый	-	0,9	1,4	1,7	2,1	2,4	2,5	2,7	2,6	2,5	2,8	3,0	3,2
НСР05		0,4	0,8	0,5	0,8	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,5	0,8	0,9

При скашивании травостоев в фазу колошения – начала цветения (31.05), когда сумма активных температур составила 610°C, кострец безостый догнал по урожайности тимофеевку луговую и ежу сборную; овсяница луговая, как и в предыдущем году, значительно уступала всем изучаемым видам трав: урожайность ее составила только 1,5 т/га.

Аномально жаркая и сухая погода спровоцировала быстрый переход всех изучаемых злаковых растений в генеративную фазу, резко сократив вегетативное состояние растений, что как раз и обеспечило резкое снижение урожайности в 2018 году. Даже срок скашивания через три недели после первого учета не обеспечил достижения уровня урожайности 2017 года.

В 2019 году, как и год назад, к скашиванию изучаемых травостоев приступили в разные сроки: ежи сборной раннеспелого вида – 16 мая, тимофеевки луговой и костреца безостого – 19 мая, а овсяницы луговой – только 22 мая. Сумма активных температур к 16 мая составила 383°C, к 19 мая – 420°C. Наибольшую урожайность в этих условиях сформировали ежа сборная – 2,7 т/га и кострец безостый – 3,5 т/га, тимофеевка луговая,

будучи типичным мезофитом и позднеспелым видом, сформировала только 2,4 т/га. Овсяница луговая, как и в предыдущем году, к этой дате не сформировала полноценный травостой для скашивания (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность изучаемых травостоев в 2019 г. (т/га с.м.)

Дата Травостой	Сроки скашивания травостоев в 1 укосе												
	16.05	19.05	22.05	24.05	27.05	30.05	2.06	5.06	8.06	11.06	14.06	17.06	20.06
Тимофеевка луговая	-	2,4	2,8	2,8	3,7	4,1	4,7	4,9	5,2	5,9	6,2	6,9	7,3
Овсяница луговая	-	-	1,6	1,6	1,5	2,2	2,1	3,1	3,3	3,2	4,1	4,4	-
Ежа сборная	2,60	2,7	3,9	3,9	4,0	4,3	4,4	5,8	6,6	6,4	6,7	-	-
Кострец безостый	-	3,5	3,4	3,6	4,4	4,4	4,5	5,0	5,4	6,1	6,1	6,5	6,8
НСР05		0,6	0,8	0,5	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,1	0,7

При проведении скашивания 2 июня в фазу колошения – у овсяницы и тимофеевки и начала цветения – у ежи сборной и костреца безостого, когда сумма активных температур составила 622°С, тимофеевка луговая догнала кострец безостый и ежу сборную, обеспечив выход сухой массы 4,7 т/га. В целом в 2019 году, благодаря оптимальному гидротермальному режиму в мае, урожайность всех изучаемых травостоев превысила уровень предыдущих лет.

Важным показателем качества кормов и их питательности является химический состав, а именно содержание в кормовой массе сырого протеина.

Таблица 4. Динамика содержания сырого протеина в изучаемых злаковых травостоях (%), 2017 г.

Дата Травостой	1.06	5.06	10.06	17.06	22.06
Тимофеевка луговая	18,78	19,74	14,46	10,41	9,29
Овсяница луговая	27,13	19,72	16,40	11,38	12,40
Ежа сборная	29,49	21,10	15,75	11,68	10,57

Содержание сырого протеина у всех изучаемых травостоев, когда растения находились в фазе выхода в трубку – начала колошения, было высоким (18,78- 29,49%). Но при наступлении генеративной фазы – колошение (выметывание) через 10 дней наблюдается снижение этого показателя у тимофеевки луговой на 4,3%, у овсяницы луговой на 10,7%, у ежи сборной на 13,7%.

В 2018 г. в условиях аномально жаркой погоды при явном дефиците влаги в мае при формировании первого укоса питательность кормовой массы всех изучаемых видов существенно уступала предыдущему году (табл. 5).

Таблица 5. Содержание сырого протеина в изучаемых злаковых травостоях (%), 2018 г.

Травостои	Дата	Сроки скашивания травостоев в 1 укосе				Сроки скашивания во 2 укосе		
		24.05	28.05	3.06	6.06	10.06	16.08	3.09
Тимофеевка луговая		18,22	15,29	14,51	9,45	13,36	10,53	7,66
Овсяница луговая		24,93	14,38	18,46	9,75	10,93	11,01	10,09
Ежа сборная		15,07	16,20	9,76	8,45	7,21	13,02	11,98
Кострец безостый		18,18	12,92	13,86	9,26	7,85	10,30	10,97

Оптимальное содержание сырого протеина приходилось на фазу начала колошения и составило у овсяницы луговой 24,93%, у тимофеевки луговой и костреца безостого – почти одинаковое: 18,22%–18,18% соответственно, у ежи сборной – 15,07%. Переход в генеративное состояние при наступлении фазы полного колошения вызвало резкое снижение этого показателя: у тимофеевки луговой – на 8,77%, у овсяницы – на 15,18%, у ежи сборной – на 6,62%, у костреца – на 8,92%, что уже не соответствовало зоотехническим нормам кормления животных.

Однако при самом раннем сроке скашивания в 2017 г. содержание нитратов было повышенным по сравнению с ПДК, особенно у овсяницы луговой и ежи сборной, что связано с пониженной температурой воздуха, и только к 13 июня этот показатель стал соответствовать зоотехническим нормам (табл. 6).

Таблица 6. Содержание нитратов (мг/кг), 2017 г.

Травостои	Дата	1.06	3.06	5.06	7.06	10.06	13.06	17.06	22.06
		Тимофеевка луговая	489,8	407,4	1349	134,9	204,2	67,2	66,1
Овсяница луговая	4074	2042	1175	1122	1122	281,8	162,2	269,2	
Ежа сборная	2138	1479	1778	1862	1349	269,2	281,8	169,8	
Кострец безостый	3548	707,9	177,8	146,5	141,3	245,5	141,3	223,9	

В связи с жаркой и сухой погодой в 2018 году все виды изучаемых злаковых трав с 21-31 мая характеризуются также высоким накоплением нитратов. Только с 3 июня содержание нитратов у тимофеевки луговой, ежи сборной и костреца безостого стали соответствовать ПДК.

Таблица 7. Содержание нитратов (мг/кг), 2018 г.

Травостои	Дата	Сроки скашивания травы в 1 укосе						
		24.05	28.05	31.05	3.06	6.06	10.06	13.06
Тимофеевка луговая		3090	3236	1413	209,9	182	67,6	63,1
Овсяница луговая		3548	2512	2089	660,7	631,0	346,7	190,5
Ежа сборная		2239	1445	1072	83,1	75,8	64,5	-
Кострец безостый		2951	1380	784,3	354,8	302	234,4	186,2

### Выводы:

1. Срок проведения скашивания злаковых травостоев, созданных на основе самых широко используемых в Ленинградской области видов, влияет как на выход общего урожая, так и на качество получаемых кормов, как в год их пользования, так и в последующие годы.

2. На основании 3-летних исследований по выявлению оптимального срока скашивания злаковых травостоев в условиях Ленинградской области установлено, что

скашивание травостоев в поздние сроки ведет к значительному снижению питательных свойств полученного сырья. Слишком ранняя уборка также нежелательна, так как она обеспечивает недобор сухого вещества и накопление повышенного количества нитратов.

3. Оптимальный срок скашивания напрямую зависит от погодных условий региона: в условиях гидротермального стресса при жаркой и сухой погоде происходит быстрый переход злаковых растений в генеративную фазу, что существенно снижает их урожайность. Для исключения недобора высокопитательного сырья необходимо в каждом хозяйстве создавать систему травостоев на основе видов, различающихся по скорости прохождения фенофаз.

### Литература

1. **Ларин И.В., Иванов А.Ф., Бегучев П.П.** и др. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. – 2-е изд. доп. – Л.: Агропромиздат Ленингр. отд-ние, 1990. – 600с.
2. **Донских Н.А.** Кормопроизводство – актуальные проблемы и перспективы его развития на современном этапе // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – №39. – С.54-58.
3. **Донских Н.А.** Научное обоснование приемов создания долголетних укосных травостоев на Северо-Западе России: автореферат дис... доктора с.-х. наук. – СПб., 1998.
4. **Донских Н.А., Лозовой А.А.** Своевременное скашивание злаковых травостоев – залог получения качественных кормов: материалы науч.-практ. конф. – СПб., 2018. – С. – 68-73.
5. **Коломейченко В.В.** Кормопроизводство: учебник. – СПб: Издательство «Лань», 2015. – 656 с.
6. **Лепкович И.П.** Современное луговое хозяйство. – СПб.: Профи-Информ, 2005. – 420 с.
7. **Спиридонов А.М.** Основные направления совершенствования кормопроизводства: материалы научно-практической конф. – СПб., 2018. – С. – 39-42.
8. **Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Привалова К.Н. и др.** Основные направления развития лугового кормопроизводства в России // Достижение науки и техники АПК. – 2018. – Т.32, №2. – С.17-20.
9. **Справочник по кормопроизводству.** – М., 2004. – 718с.
10. **Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами.** – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1987. – 197с.

### Literatura

1. **Larin I.V., Ivanov A.F., Beguchev P.P. i dr.** Lugovodstvo i pastbishchnoe hozyajstvo. – 2-e izd. dop. – L.: Agropromizdat Leningr. otd-nie, 1990. – 600s.
2. **Donskih N.A.** Kormoproizvodstvo – aktual'nye problemy i perspektivy ego razvitiya na sovremennom etape // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – №39. – S.54-58.
3. **Donskih N.A.** Nauchnoe obosnovanie priemov sozdaniya dolgoletnih ukosnyh travostoev na Severo-Zapade Rossii: avtoreferat dis... doktora s.-h. nauk. – SPb., 1998.
4. **Donskih N.A., Lozovoj A.A.** Svoevremennoe skashivanie zlakovyh travostoev – zalog polucheniya kachestvennyh kormov: materialy nauch.-prakt. konf. – SPb., 2018. – S. – 68-73.
5. **Kolomejchenko V.V.** Kormoproizvodstvo: uchebnik. – SPb: Izdatel'stvo «Lan'», 2015. – 656 s.
6. **Lepkovich I.P.** Sovremennoe lugovodstvo. – SPb.: Profi-Inform, 2005. – 420 s.
7. **Spiridonov A.M.** Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya kormoproizvodstva: materialy nauchno-prakticheskoy konf. – SPb., 2018. – S. – 39-42.
8. **Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Privalova K.N. i dr.** Osnovnye napravleniya razvitiya lugovogo kormoproizvodstva v Rossii // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2018. – T.32, №2. – S.17-20.
9. **Spravochnik po kormoproizvodstvu.** – M., 2004. – 718s.
10. **Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami.** – M.: VNIИ kormov im. V.R. Vil'yamsa, 1987. – 197s.

УДК 635.552

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11020

Зав. лабораторией **Т.А. ЛАВРИЩЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ta.lavrishcheva@yandex.ru)  
Доктор с.-х. наук **Г.С. ОСИПОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, prof.osipova@mail.ru)

## **НАКОПЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ЛИСТЬЯМИ ЦИКОРНОГО САЛАТА ЭНДИВИЯ (*CICHORIUM ENDIVIA L.*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ И СРОКОВ ПОСАДКИ**

Цикорный салат эндивий (*Cichorium endivia L.*) – однолетнее или двулетнее растение семейства астровых. История его применения насчитывает более 4000 лет. Родина растения – Индия, там он известен с давнего времени. Из Индии салат цикорный был завезен в Египет и культивировался несколько веков, позднее – в страны Средиземноморья.

Цикорий как лекарственное растение был известен древним египтянам, римлянам, грекам. Упоминание о цикории можно найти в трудах Плиния Старшего, Галена. Плиний указывает, что в его время эндивий применялся в качестве салатного растения, а также для варки. Этому растению великий врач и философ древности Авиценна посвятил свой «Трактат о цикории».

На Востоке несколько тысяч лет назад начали готовить напиток из обжаренных измельченных корней цикория, который по вкусу и аромату напоминал кофе.

Признание европейцев этот напиток получил только в XVII веке. Во Франции долгое время он считался лекарственным растением, а в XIX веке его стали использовать в пищу как овощное растение.

Особую популярность напитков из корней цикория завоевал во время экономических кризисов, таких как: «Великая депрессия» (США, 1930-е гг.), «Кризис кофе» (Восточная Германия, 1976-1979 гг.). Русские крестьяне издавна употребляли листья и корни цикория в пищу (салаты, ботвиньи, сиропы), использовали в медицинских целях, но первые данные о применении корней цикория как заменителя кофе появились в России только в 1800 году.

В настоящее время цикорий – очень популярная культура в странах Европы. Крупнейшими мировыми производителями и экспортерами цикория на сегодняшний день являются: Франция, Бельгия, Нидерланды, Италия, Испания; а также США, Китай. Эндивий в США выращивают в основном для зимнего и осеннего употребления, хотя он хорошо растет и ранней весной под стеклом. Эта культура отлично себя чувствует в прохладную погоду.

В небольших количествах цикорий возделывают в России (в Ярославской, Новгородской и Ивановской областях), в Белоруссии и Украине.

Листья салата цикорного содержат белок, сахара, аскорбиновую кислоту и витамины группы В, провитамин А, соли калия, кальция и железа, а также ценные вещества инулин и глюкозид интибин, благотворно влияющие на процессы пищеварения, обмен веществ, деятельность нервной и сердечно-сосудистой системы [1, 2].

Выбор оптимальной схемы посадки растений, при которой формируется наиболее благоприятная площадь питания растений, является одним из наиболее важных элементов технологии выращивания эндивия. Известно, что загущенное или очень редкое расположение растений сильно снижают урожай и качество продукции [3].

В работах [4, 5] нами были представлены результаты исследований влияния схемы посадки на биометрические показатели и биохимический состав растений цикорного салата эндивия. В настоящем исследовании представлено влияние площади питания на накопление пигментов растениями эндивия.

Пигментная система растений является основой для фотосинтетического преобразования солнечной энергии в энергию химических связей. Она представлена хлорофиллами и каротиноидами. Хлорофиллы выполняют основную фотосинтетическую

функцию. Каротиноиды передают дополнительную энергию на хлорофиллы, выполняя светособирающую функцию, а также отводят избыточную энергию от хлорофиллов, выполняя светозащитную функцию.

Эффективность работы пигментной системы зависит от соответствия ее структуры и функции климатическим и экологическим условиям, прежде всего, условиям освещения [6]. Тенелюбивые растения обычно имеют более высокое содержание хлорофилла, чем светолюбивые, и более высокую долю хлорофилла *b*, повышающего светособирающую способность листа в области дальнего красного света [6, 7]. В условиях высокой инсоляции часто повышена доля каротиноидов, выполняющих в данных условиях функцию защиты от фотоингибирования.

Особый интерес представляет изучение влияния густоты стояния растений на структуру пигментной системы.

**Цель исследования** – выявить закономерности в накоплении растениями эндивия пигментов: хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в зависимости от площади питания и сроков выращивания.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводились в 2015 году в плёночных теплицах на территории учебно-опытного сада СПбГАУ. Для изучения были выбраны 4 сорта салата цикорного: сорт *Frisse grosse pommat seule* из коллекции овощных и бахчевых культур ВНИИР им. Н.И. Вавилова (страна происхождения – Аргентина, место репродукции – Майкоп, 2010 год); сорт Миледи, предоставленный научно-производственной фирмой «СеДек»; сорта Весенний и Ред Болл, предоставленные селекционно-семеноводческой компанией «Поиск».

Схема опыта включала три схемы посадки: 1) 20x15 см; 2) 20x20 см; 3) 20x30 см. Площадь делянок – 2 м<sup>2</sup>, повторность – 3-кратная.

Посев проводили 21 марта (весенний оборот) и 5 июля (осенний оборот). Высаживали растения на делянки в конце мая и начале августа соответственно.

Содержание пигментов в растениях (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов) определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 662, 644 и 440 нм. Статистическую обработку проводили по методу дисперсионного анализа многофакторного опыта [8].

**Результаты исследований.** Результаты изучения влияния различной схемы посадки на накопление пигментов растениями представлены в таблицах 1 и 2. Как видно из представленных данных, накопление пигментов листьями растений в большой степени зависело от сортовых особенностей эндивия.

В весеннем обороте (табл.1) чётких зависимостей накопления хлорофилла от площади питания выявлено не было. У сортов *Frisse grosse pommat seule* и Ред Болл максимальное накопление хлорофилла было выявлено в варианте со схемой посадки 20x30 см, минимальное – в варианте 20x20 см, промежуточное значение – в варианте 20x15 см. У сорта Весенний наибольшее содержание хлорофиллов обнаруживалось в варианте 20x15 см. При увеличении площади питания содержание хлорофиллов уменьшалось и достигло минимума в варианте со схемой посадки 20x30 см. У сорта Миледи максимальное накопление хлорофиллов было выявлено в варианте 20x20 см, минимальное – в варианте 20x15 см и среднее – в варианте 20x30 см.

В осеннем обороте (табл. 2) у сорта *Frisse grosse pommat seule* максимальное накопление хлорофиллов обнаруживалось в варианте со схемой посадки 20x30 см. При уменьшении площади питания содержание хлорофиллов достоверно снижалось и достигло своего минимума в варианте со схемой посадки 20x15 см. У сортов Весенний и Ред Болл наблюдалась обратная зависимость. Наибольшее содержание хлорофиллов было выявлено в варианте 20x15 см. При увеличении площади питания содержание хлорофиллов уменьшалось и достигло минимума в варианте со схемой посадки 20x30 см.

Таблица 1. Влияние схемы посадки на содержание пигментов в листьях растений эндивия в весеннем обороте

Сорт (фактор В)	Схема посадки (фактор А)	Общий хлорофилл	Хлоро- филл <i>a</i>	Хлоро- филл <i>b</i>	Хлорофилл <i>a</i> хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды, мг/100 г
Frisse grosse pommat seule	20x15	139,3	55,9	83,4	0,7	17,2
	20x20	116,9	48,0	68,9	0,7	11,8
	20x30	164,9	65,1	99,8	0,7	11,3
Миледи	20x15	112,1	43,3	68,8	0,6	7,1
	20x20	276,9	104,0	172,9	0,6	25,9
	20x30	149,6	64,7	84,9	0,8	11,1
Весенний	20x15	99,7	41,4	58,3	0,7	11,1
	20x20	81,7	30,4	51,3	0,6	6,5
	20x30	80,9	31,9	49,0	0,7	6,5
Ред Болл	20x15	75,8	34,7	41,1	0,8	9,0
	20x20	68,9	24,9	44,0	0,6	5,8
	20x30	114,6	50,3	64,3	0,8	9,0
НСР <sub>05</sub> (фактор А)		–	1,7	1,4	–	1,0
НСР <sub>05</sub> (фактор В)		–	1,9	1,6	–	1,2
НСР <sub>05</sub> частных		–	3,4	2,8	–	2,0

У сорта Миледи чёткой зависимости между площадью питания и содержанием хлорофилла не наблюдалось. Максимальное накопление хлорофиллов было обнаружено у растений варианта со схемой посадки 20x30 см, минимальное – в варианте 20x20 см и среднее – в варианте 20x15 см.

Изучение влияния сроков посадки на накопление хлорофилла листьями эндивия показало, что растения сорта Frisse grosse pommat seule во всех вариантах в весеннем обороте накапливали хлорофилл более, чем в 2 раза интенсивнее, в сравнении с растениями, выращенными в осеннем обороте. У остальных сортов чётких закономерностей выявить не удалось.

Таблица 2. Влияние схемы посадки на содержание пигментов в листьях растений эндивия в осеннем обороте

Сорт (фактор В)	Схема посадки (фактор А)	Общий хлорофилл	Хлоро- филл <i>a</i>	Хлоро- филл <i>b</i>	Хлорофилл <i>a</i> хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды, мг/100 г
Frisse grosse pommat seule	20x15	51,3	21,4	29,9	0,7	5,7
	20x20	57,1	25,3	31,8	0,8	6,5
	20x30	75,1	30,5	44,6	0,7	3,4
Миледи	20x15	209,9	96,5	113,4	0,9	26,4
	20x20	118,2	50,1	68,1	0,7	15,0
	20x30	253,0	100,3	152,7	0,7	24,0
Весенний	20x15	125,5	50,6	74,9	0,7	15,9
	20x20	96,4	39,2	57,2	0,7	9,3
	20x30	91,6	42,4	49,2	0,9	11,2
Ред Болл	20x15	83,8	34,5	49,3	0,7	16,4
	20x20	23,5	10,8	12,7	0,9	3,9
	20x30	11,7	5,3	6,4	0,8	4,5
НСР <sub>05</sub> (фактор А)		–	1,2	1,6	–	1,9
НСР <sub>05</sub> (фактор В)		–	1,4	1,9	–	1,0
НСР <sub>05</sub> частных		–	2,4	3,3	–	1,8

Представляет интерес отношение содержания хлорофиллов а и b. По мнению ряда авторов [9, 10], изменение отношения хлорофиллов а/в может рассматриваться, как нарушение в стехиометрии между комплексами реакционных центров фотосистем и белкового светособирающего комплекса. Результаты наших опытов показали, что ни площадь питания, ни сортовые особенности эндивия существенно не отразились на величине отношения хлорофилла а к хлорофиллу b (табл. 1, 2). Это отношение, в зависимости от варианта, колебалось в пределах 0,6-0,9. Отсутствие изменений в величине этого показателя позволяет предположить, что изучаемые факторы не оказывают влияния на светособирающий комплекс тилакоидных мембран исследуемых сортов эндивия.

При адаптации растений к действию неблагоприятных факторов среды важное значение имеют такие соединения, как каротиноиды, что связано с их антиоксидантными свойствами [11, 12]. Каротиноиды являются обязательными компонентами фотосинтетического аппарата растений. Они играют роль вспомогательных светособирающих комплексов в той части солнечного спектра, в которой слабо поглощается хлорофилл, и выполняют фотопротекторную, структурную и защитную функции [13, 14]. В наших исследованиях была выявлена высокая корреляционная связь между содержанием хлорофилла и накоплением каротиноидов ( $r=0,9$ ).

Накопление растениями каротиноидов, так же как и хлорофилла, зависело от сортовых особенностей эндивия (рис.).

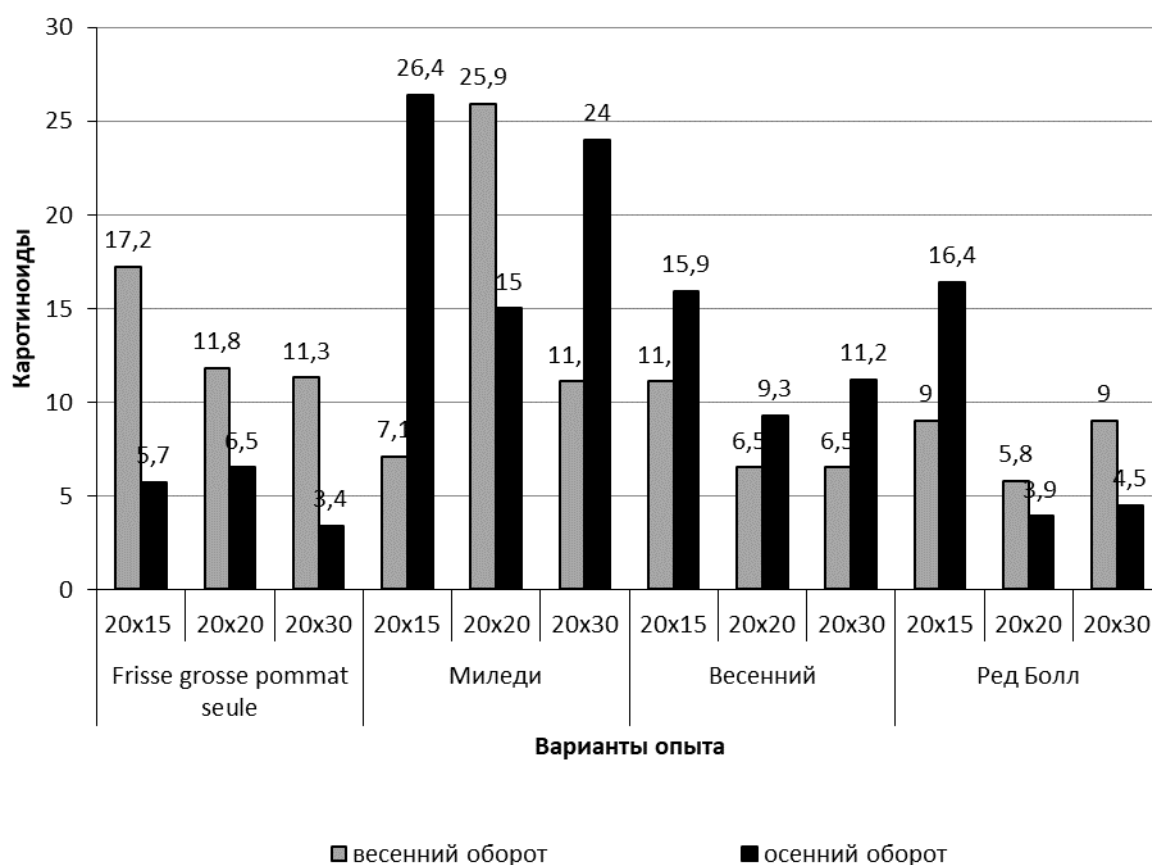


Рис. Содержание в растениях каротиноидов, мг/кг

В весеннем обороте максимальное содержание каротиноидов у сорта Frisse grosse pommat seule и Весенний наблюдалось в варианте со схемой посадки 20x15 см, у сорта Миледи – в варианте 20x20 см. В осеннем обороте максимальное содержание этого пигмента у сортов Миледи, Весенний и Ред Болл наблюдалось в вариантах со схемой посадки 20x15 см, у сорта Frisse grosse pommat seule – в варианте со схемой посадки 20x20 см.



Сроки посадки растений повлияли на накопление каротиноидов растениями аналогично накоплению хлорофилла. Растения сорта Frisse grosse pommat seule во всех вариантах в весеннем обороте накапливали каротиноиды сильнее (в 1,8-3,3 раза), чем растения, выращенные в осеннем обороте. У остальных сортов чётких закономерностей выявить не удалось.

**Выводы.** Проведённые исследования показали, что накопление пигментов листьями растений в большой степени зависело от сортовых особенностей салата цикорного. Различные сорта эндивия по-разному реагировали на изменение площади питания и сроки посадки. Было выявлено, что ни площадь питания, ни сортовые особенности эндивия существенно не отразились на величине отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, это позволяет предположить, что изучаемые факторы не оказывают влияния на светособирающий комплекс тилакоидных мембран исследуемых сортов эндивия.

### Литература

1. Гусев А.М. Цикорные салаты эндивий и эскариол / В кн.: Целебные овощные растения. – М.: Изд-во МСХА, 1991. – С. 142-144.
2. Лаврищева Т.А. Сравнительная оценка сортов салата цикорного эндивия в весенне-летнем обороте в пленочных теплицах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №1 (46). – С. 31-36.
3. Шевченко Ю.П. Селекция цикория салатного эндивия (*Cichorium endivia* L. Var. *crisrum* Lam.), эскариола (*Cichorium endivia* L. Var. *latifolium* Lam.) и витлуфа (*Cichorium intybus* L. Var. *foliosum* Negl) на урожайность, качество продукции и скороспелость: дис... канд с.-х. наук. – М., 2000. – 157 с.
4. Лаврищева Т.А. Влияние площади питания на продуктивность цикорного салата эндивия при разных сроках посадки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (56). – С. 24-31.
5. Лаврищева Т.А. Влияние площади питания на биохимический состав цикорного салата эндивия при разных сроках посадки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (57). – С. 22-27.
6. Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. – 2013. – Том 60. – № 6. – С. 856–864.
7. Цельникер Ю.Л. Физиологические основы теневыносливости древесных растений. – М.: Наука, 1978. – 214 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Бухов Н.Г., Бондарь В.В., Дроздова И.С. Действие низкоинтенсивного синего и красного света на содержание хлорофиллов *a* и *b* и световые кривые фотосинтеза у листьев ячменя // Физиология растений. – 1998. – Т. 45, № 4. – С. 507–512.
10. Дымова О.В., Головкин Т.К. Состояние пигментного аппарата растений живучки ползучей в связи с адаптацией к световым условиям произрастания // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 1. – С. 47–53.
11. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. – С. 58–68.
12. Mittler R. Oxidative stress, Antioxidants and Stress Tolerance // Trends Plant Sci. 2002. Vol. 7. P. 405–410.
13. Merzlayak M.N., Solovchchenko A.E. Photostability of Pigments in Ripening Apple Fruit: A possible photoprotective Role of Carotenoids during Plant senescence // Plant Sci. – 2002. Vol. 163. – P. 881– 888.
14. Булда О.В., Мишин Л.А., Алексейчук Г.Н., Ламан Н.А. Содержание ликопина и других каротиноидов в плодах томата белорусской и зарубежной селекции // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2009. – №1. – С. 36–41.

**Literatura**

1. **Gusev A.M.** Cikornye salaty endivij i eskariol / V kn.: Celebnye ovoshchnye rasteniya. – M.: Izd-vo MSKHA, 1991. – S. 142-144.
2. **Lavrishcheva T.A.** Sravnitel'naya ocenka sortov salata cikornogo endiviya v vesenne-letnem oborote v plenochnyh teplicah Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №1 (46). – S. 31-36.
3. **Shevchenko YU.P.** Selekcija cikoriya salatnogo endiviya (*Sicorium endivia* L. Var *crisrum* Lam.), eskariola (*Cichorium endivia* L. Var. *Latifolium* Lam.) i vitlufa (*Cichorium intybus* L. Var. *Foliosum* Hegl) na urozhajnost', kachestvo produkcii i skorospelost': dis. kand s.-h. nauk. – M., 2000. – 157 s.
4. **Lavrishcheva T.A.** Vliyanie ploshchadi pitaniya na produktivnost' cikornogo salata endiviya pri raznyh srokah posadki // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 3 (56). – S. 24-31.
5. **Lavrishcheva T.A.** Vliyanie ploshchadi pitaniya na biohimicheskij sostav cikornogo salata endiviya pri raznyh srokah posadki // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 4 (57). – S. 22-27.
6. **Ivanov L.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., YUdina P.K.** Izmenenie sodержaniya hlorofillov i karotinojdivov v list'yah stepnyh rastenij vdol' shirotnogo gradienta na YUzhnom Urale // Fiziologiya rastenij. – 2013, tom 60. – № 6. – S. 856–864.
7. **Cel'niker YU.L.** Fiziologicheskie osnovy tenevynoslivosti drevesnyh rastenij. – M.: Nauka, 1978. – 214 s.
8. **Dospekhov B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
9. **Buhov N.G., Bondar' V.V., Drozdova I.S.** Dejstvie nizkointensivnogo sinego i krasnogo sveta na sodержanie hlorofillov a i b i svetovye krivye fotosinteza u list'ev yachmenya // Fiziologiya rastenij. – 1998. – T. 45, № 4. – S. 507–512.
10. **Dymova O.V., Golovko T.K.** Sostoyanie pigmentnogo apparata rastenij zhivuchki polzuchej v svyazi s adaptaciej k svetovym usloviyam proizrastaniya // Fiziologiya rastenij. – 2007. – T. 54, № 1. – S. 47–53.
11. **CHirkova T.V.** Fiziologicheskie osnovy ustojchivosti rastenij: ucheb. posobie. – SPb.: Izd-vo SPbGU, 2002. – S. 58–68.
12. **Mittler R.** Oxidative stress, Antioxidants and Stress Tolerance // Trends Plant Sci. 2002. Vol. 7. P. 405–410.
13. **Merzlayak M.N., Solovchchenko A.E.** Photostability of Pigments in Ripening Apple Fruit: A possible photoprotective Role of Carotenoids during Plant senescence // Plant Sci. – 2002. Vol. 163. – P. 881– 888.
14. **Bulda O.V. Mishin L.A., Aleksejchuk G.N., Laman N.A.** Soderzhanie likopina i drugih karotinojdivov v plodah tomata belorusskoj i zarubezhnoj selekcii // Vesci Nacyyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnyh navuk. – 2009. – № 1. – S. 36–41.

УДК 635.44:635.042

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11026

Канд. с.-х. наук **С.Я. МУХОРТОВ**  
(ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ,  
e-mail: muhortovtomat@mail.ru)  
Аспирант **И.Б. ТИХОМИРОВА**  
(ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ)

## ДИНАМИКА АГРОЦЕНОЗА ГОРЧИЦЫ САЛАТНОЙ ПРИ НАПРАВЛЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ

Горчица салатная является одной из особо ценных овощных культур, так как обладает целым рядом положительных качеств. Это и скороспелость, и неприхотливость в возделывании, и способность к накоплению большого количества разных витаминов, и сравнительно высокий адаптационный потенциал, позволяющий выращивать эту культуру в самых разных условиях как открытого, так и защищенного грунта. Поэтому горчица салатная успешно конкурирует с другими листовыми овощными растениями, включая листовой салат. В связи с последним площади под этой культурой непрерывно растут, хотя и не в тех объемах, каких бы хотелось. При этом разрабатываются как отдельные приемы выращивания горчицы, так и целые комплексы их для конкретного сочетания условий внешней среды. В то же время в связи с увеличением площадей возникает проблема обеспечения посевным материалом высокого качества. При этом в связи с изменением климата и появлением новых сортов возникла необходимость уточнения параметров агротехники выращивания семян горчицы салатной. Поэтому в XXI веке в разных регионах Европейской части РФ (кроме ЦЧР) проведены эксперименты по уточнению сроков посева горчицы на семена [1, 2, 3], норм высева [4], схем размещения растений на площади [5], влиянию предпосевной обработки семян горчицы различными регуляторами роста [6, 7, 8, 9, 10]. В то же время механизированная уборка семенников различных культур (в том числе растений из семейства капустных) связана с большими потерями семян из-за строения стручков и резкого раскрытия их в зрелом состоянии даже при небольших механических воздействиях. Поэтому были предложены приемы сеникации и обработки клейщими веществами с целью снижения потерь семян при уборке семенников капусты белокочанной, гороха, чабера [11, 12, 13, 14].

Следует отметить, что в нашем регионе в XXI веке работ по оценке различных аспектов выращивания семенных растений горчицы салатной не проводилось, хотя потребность в этом существует.

**Цель исследования** – уточнить параметры технологии выращивания семян горчицы салатной, а также проверить возможность использования на семенниках горчицы салатной таких приемов, как сеникация и обработка клейщими веществами зрелых семенных растений.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Опыты были проведены на экспериментальном участке кафедры плодородия и овощеводства Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I в 2006-2008 гг. и 2013-2017 гг. с сортами горчицы: Волнушка, Прима. Схемы экспериментов представлены в приведенных далее таблицах. Методика их проведения соответствует общепринятым методикам в овощеводстве [15]. Обработка регуляторами роста семян при предпосевной обработке проводилась следующим образом: расход раствора – 1л/1кг семян; концентрация растворов регуляторов роста: альбит – 0,4%, агат-25К – 1%, циркон – 0,5%, перекись водорода – 0,3%, эпин (экстра) – 0,1%; время обработки семян: контроль (вода) – 6 часов, альбит – 1 час, агат-25К – 3 часа, циркон – 1 час, перекись водорода – 6 часов, эпин (экстра) – 2 часа. Участок, где проводили эксперименты, характеризовался следующими параметрами: почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, содержание в слое почвы 0-30 см: гумуса – 4,1-4,4%, общего азота – 0,23-0,24%, общего фосфора – 70-78 мг/кг, общего калия –

100-120 мг/кг, гидролизуемого азота – 55-79 мг/кг, сумма поглощенных оснований – 27-28 мг-экв. на 100 г почвы, гидролитическая кислотность – 4 мг-экв. на 100 г почвы, объемная масса – 1,03-1,13 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 26-29%.

**Результаты исследований.** За годы исследований погодные условия были неодинаковы, и в качестве критерия их оценки нами был взят ГТК (гидротермический коэффициент) за период май-август. Этот показатель изменялся следующим образом по годам: 2006 год – 1,09, 2007 год – 0,73, 2008 год – 0,63, 2013 год – 0,99, 2014 год – 0,72.

Исследование различных схем размещения растений на площади основано, с одной стороны, на потребности растений в оптимальной площади питания (исходя из целей выращивания), а с другой стороны – на оптимизации механизированного возделывания данного сорта или культуры. Результаты экспериментов по оценке влияния схем размещения растений разных сортов горчицы на их семенную продуктивность представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние схем размещения растений горчицы на семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>) в среднем за годы исследований

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
45×10 см (контроль)	101,0	109,0
35×10 см	122,0	121,0
(50+20)×10 см	124,0	123,0
(50+20+20)×10 см	118,0	116,0
НСР <sub>05</sub>	8,77	7,60

В результатах (причем по обоим сортам) прослеживается определенная закономерность, выражаемая в следующем: уменьшение площади питания одного растения с 450 см<sup>2</sup> (в контрольном варианте) до 350 см<sup>2</sup> (в варианте со схемой (50+20)×10 см) сопровождается увеличением урожая семян горчицы (на 21-23 г/м<sup>2</sup> у сорта Волнушка и на 12-14 г/м<sup>2</sup> у сорта Прима). Дальнейшее сокращение площади питания (до 300 см<sup>2</sup>) приводит к уменьшению продуктивности растений, хотя и в этом случае, сравнивая эти варианты с контрольным, отмеченная положительная разница в продуктивности математически доказана для обоих сортов. То есть обычно применяемая схема размещения растений, а именно: 45×10 см обуславливает нерациональное использование земельной площади.

Расход семян при посеве является одним из существенных показателей эффективности технологии выращивания культуры. Поэтому выявление оптимальной нормы высева при выращивании семян горчицы являлось одной из целей экспериментов. Результаты опыта по этому вопросу представлены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние нормы высева семян горчицы на семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>) в среднем за годы исследований

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
2,0 кг/га	126,8	123,6
2,5 кг/га	109,8	105,6
3,0 кг/га	106,0	101,2
3,5 кг/га	100,8	96,6
НСР <sub>05</sub>	6,06	6,76

В этой серии экспериментов была отмечена закономерность, заключающаяся в том, что увеличение нормы высева (от 2,0 до 3,5 кг/га) сопровождается снижением семенной продуктивности растений (причем математически доказанным). То есть лучшим вариантом для обоих сортов являлся вариант с нормой высева в 2,0 кг/га, который достоверно превысил

все другие варианты по этому показателю. Это объясняется тем, что при высоких показателях, характеризующих посевные качества семян горчицы, повышение нормы высева сверх 2,0 кг/га обуславливает загущение посевов, которое и способствует снижению продуктивности растений.

Предпосевная обработка семян горчицы проводится с целью усиления метаболизма растений горчицы, что ведет, в том числе, и к увеличению их продуктивности. Результаты эксперимента с предпосевной обработкой семян различными регуляторами роста приведены в таблице 3.

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян горчицы регуляторами роста на семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>)

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
Контроль (вода)	123,6	123,1
Альбит	140,8	139,6
Агат-25К	135,8	138,2
Циркон	137,6	142,8
Перекись водорода (0,3%)	136,5	139,3
Эпин (экстра)	137,3	138,2
НСР <sub>05</sub>	5,38	5,93

Результаты экспериментов показали, что все регуляторы роста оказывают на растения горчицы положительное влияние, причем в математически доказанном аспекте. Разницы же между регуляторами роста по их влиянию на семенную продуктивность растений горчицы в опытах не выявлено. В наших публикациях, посвященных оценке влияния регуляторов роста на урожай листьев горчицы, результат был не столь однозначен [13]. По-видимому, некоторые регуляторы роста действуют на растения горчицы не сразу, воздействуя на их обмен веществ вначале не столь кардинально и только впоследствии изменяя различные процессы внутри организма, что в итоге выражается в устойчивом повышении семенной продуктивности растений горчицы. И если учитывать тенденции в этих экспериментах, то можно сказать, что лучшим вариантом для сорта Волнушка является обработка семян альбитом, а для сорта Прима – цирконом.

Определение сроков посева позволяет выявить оптимальное время с точки зрения наибольшей адекватности роста и развития растений горчицы и динамики условий внешней среды, если только речь не идет о создании конвейера в поступлении продукции, где ставятся другие цели. В наших опытах о конвейере речь не идет, поэтому результаты данных экспериментов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Влияние сроков посева горчицы на семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>) в среднем за годы исследований

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
3 декада апреля	122,2	120,4
1 декада мая	129,0	128,2
2 декада мая	120,4	119,0
3 декада мая	113,6	111,8
НСР <sub>05</sub>	5,97	5,29

В результате проведенных экспериментов отмечаем, что наибольшая семенная продуктивность у растений горчицы была получена при посеве в первой декаде мая (по обоим сортам). Сроки посева как до, так и после отмеченного срока обуславливали снижение продуктивности, причем математически доказанное. По-видимому,

гидротермические условия выращивания семян горчицы ухудшаются в последнем случае, что влечет за собой нарушения в биохимическом комплексе, обуславливающим подобное снижение урожая семян.

Для мелкосемянных культур, к которым относится горчица салатная, определение глубины посева должно учитывать два аспекта: с одной стороны – физиологические особенности культуры (а именно: сила проростков на преодоление определенного слоя почвы для появления всходов), а с другой стороны – создание условий для прорастания семян (а именно: обеспечение влагой прорастающих семян). Результаты этих экспериментов приведены в таблице 5.

Таблица 5. Влияние глубины посева горчицы на семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>) в среднем за годы исследований

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
1 см	126,4	122,4
2 см	129,8	127,8
3 см	121,2	117,6
4 см	116,2	111,0
НСР <sub>05</sub>	3,55	3,70

Горчица, при заглублении семян в процессе посева до 3-4 см, задерживает свое развитие, что выражается в достоверном снижении урожая семян. В то же время мелкая заделка семян (1 см) у сорта Прима также обуславливала снижение продуктивности, а у сорта Волнушка в этом случае можно говорить только о тенденции в снижении продуктивности. По-видимому, последнее связано со снижением обеспечения влагой прорастающих семян в этот период.

У капустных растений созревание плодов связано с нарастанием механического напряжения в створках стручков. Это эволюционное приспособление растений, связанное с увеличением возможностей к более широкому распространению данного вида. Но это является неблагоприятным явлением в семеноводстве капусты, так как увеличивает потери семян при уборке. И поэтому в семеноводстве капусты идут поиски приемов, которые бы позволили уменьшить эти потери. Одним из приемов является сеникация семенных растений, которая позволяет контролировать процесс высыхания семенников и сделать его более равномерным для всего растения [1, 2, 5, 8, 9], но на семенниках горчицы подобных исследований в нашем регионе нет. Результаты опыта с воздействием сеникантов на растения горчицы приведены в таблице 6.

Таблица 6. Влияние сеникации семенных растений горчицы на их семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>) в среднем за годы исследований

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
Контроль (вода)	105,0	110,0
5% NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	111,0	117,0
10% NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	118,0	123,0
15% NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	113,0	119,0
НСР <sub>05</sub>	7,47	6,36

Мы видим, что применение аммиачной селитры (в растворе той или иной концентрации) способствует равномерному высыханию семенных растений и, соответственно, уменьшению потерь семян при уборке. Наиболее оптимальной концентрацией аммиачной селитры была 10%, которая обуславливала достоверную разницу в урожае семян по сравнению с контролем. И хотя разница между опытными вариантами

математически не доказана, все же можно говорить об определенной тенденции в пользу варианта с использованием 10% концентрации аммиачной селитры для указанных целей.

Еще один элемент технологии выращивания семян, позволяющий сократить потери семян при уборке, это применение клеящих веществ, позволяющее чисто механически закрепить створки стручков в исходном состоянии без их расхождения при ударных воздействиях при уборке. Результаты этого эксперимента приведены в таблице 7.

Таблица 7. Влияние обработки клеящими веществами семенных растений горчицы на их семенную продуктивность (г/м<sup>2</sup>)

Варианты опыта	Сорта горчицы	
	Волнушка	Прима
Контроль (вода)	100,0	103,0
ПВА (100 кг/га)	117,0	116,0
ПВА (200 кг/га)	125,0	123,0
ПВА (300 кг/га)	131,0	129,0
НСР <sub>05</sub>	6,69	6,84

Применение ПВА в качестве клеящего вещества позволяет уменьшить потери семян горчицы при уборке, причем разница с контролем математически доказана. Лучшие результаты получены при использовании ПВА в дозе 300 кг/га (в виде раствора препарата). Математическая обработка данных опытных вариантов не позволила выявить различия между вариантами с разными дозами ПВА у сорта Волнушка, а у сорта Прима разница была доказана между вариантами с дозами 100 кг/га и 200 кг/га. Хотя тенденция к увеличению урожая семян с увеличением дозы клеящего вещества наблюдалась у обоих сортов.

**Выводы.** Таким образом, если суммировать результаты всех экспериментов с семенными растениями горчицы, можно сделать следующие выводы:

1. Для сорта Волнушка оптимальными параметрами технологии выращивания будут: расход семян 2,0 кг/га при схеме размещения растений (50+20)×10 см, обработка семян альбитом (0,4%) в течение 1 часа при сроке посева в первую декаду мая на глубину 1-2 см, обработка семенных растений 10% раствором аммиачной селитры за две-три недели до уборки и раствором ПВА в дозе 200 кг/га за неделю до уборки.

2. Для сорта Прима оптимальными параметрами технологии выращивания будут: расход семян 2,0 кг/га при схеме размещения растений (50+20)×10 см, обработка семян цирконом (0,5%) в течение 1 часа при сроке посева в первую декаду мая на глубину 2 см, обработка семенных растений 10% раствором аммиачной селитры за две-три недели до уборки и раствором ПВА в дозе 200 кг/га за неделю до уборки.

### Литература

1. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Адыев С.Б. Урожайность и оценка агроприемов возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 11. – С. 38-41.
2. Храмов А.В., Воловик В.Т., Медведева С.Е. Урожай семян горчицы белой Луговская при различных сроках сева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2013. – Т. 2. – С. 257-260.
3. Лудилов В.А., Куршева Ж.В. Влияние срока и схемы посева на урожайность зелени и семян зеленных овощных культур семейства капустные: сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству. – М., 2011. – С. 405-412.
4. Михальков Д.Е., Кочергина А.С. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность горчицы сизой при возделывании на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 18-24.

5. **Медведев Г.А., Михальков Д.Е., Семенов Е.С.** Продуктивность масличных культур в зависимости от приемов агротехники в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3(31). – С. 115-119.
6. **Мастеров А.С., Караульный Д.В., Плевко Е.А.** Урожайность и качество семян горчицы белой в зависимости от применения микроудобрений и регуляторов роста // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 64-68.
7. **Мухортов С.Я., Тихомирова И.Б.** Оценка генотипов горчицы салатной при применении регуляторов роста // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. XXXXVIII. – С. 241-245.
8. **Михальков Д.Е., Кочергина А.С.** Изучение действия электрофизической обработки и биологически активных веществ на рост и развитие горчицы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2(42). – С. 108-114.
9. **Михальков Д.Е., Мищенко Е.В.** Применение биологически активных веществ в посевах масличных культур семейства капустные [Сизая горчица] // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования. – 2017. – Т. 4. – С. 110-115.
10. **Sharma P.** Effect of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth and heavy metal uptake in Brassica juncea L. / P. Sharma, R. Bhardwaj // Bulgarian journal of plant physiology. – 2007. - Vol. 33. - N 1/2. - P. 59-73.
11. **Воробьев П.Н., Воищев А.В.** Исследования по влиянию доз клеящих веществ на урожай семян капусты белокочанной // Совершенствование технологии в промышленном садоводстве и овощеводстве. – 1996. – С. 78-83.
12. **Гиш Т.Х.** Сеникация как способ сокращения периода вегетации без потери урожайности // Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых аграриев. – 2012. – С. 57-62.
13. **Жуйков А.Г.** Приемы повышения качества комбайновой уборки горчицы // Научная жизнь. – 2014. – № 4. – С. 28-33.
14. **Леонидова А.М.** Регулирование урожайности и качества семян чабера приемами, ускоряющими созревание // Научные результаты – агропромышленному производству. – 2004. – Т. 1. – С. 257-259.
15. **Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве** / Под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319с.

#### Literatura

1. **Dubenok N.N., Borodychev V.V., Ad'yaev S.B.** Urozhajnost' i ocenka agropriemov vzdelyvaniya gorchicy sareptskoj v risovyh chekah // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2011. – № 11. – С. 38-41.
2. **Hramov A.V., Volovik V.T., Medvedeva S.E.** Urozhaj semyan gorchicy beloju Lugovskaya pri razlichnyh srokah seva // Novye i netradicionnyye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya. – 2013. – Т. 2. – С. 257-260.
3. **Ludilov V.A., Kursheva ZH.V.** Vliyanie sroka i skhemy poseva na urozhajnost' zeleni i semyan zelenykh ovoshchnykh kul'tur semejstva kapustnye: sbornik nauchnyh trudov po ovoshchevodstvu i bahchevodstvu. – М., 2011. – С. 405-412.
4. **Mihal'kov D.E., Kochergina A.S.** Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan i norm vyseva na urozhajnost' gorchicy sizoj pri vzdelyvanii na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2017. – № 3. – С. 18-24.
5. **Medvedev G.A., Mihal'kov D.E., Semenov E.S.** Produktivnost' maslichnykh kul'tur v zavisimosti ot priemov agrotekhniki v usloviyah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhsckogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2013. – № 3(31). – С. 115-119.
6. **Masterov A.S., Karaul'nyj D.V., Plevko E.A.** Urozhajnost' i kachestvo semyan gorchicy beloju v zavisimosti ot primeneniya mikroudobrenij i reguljatorov rosta // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2014. – № 3. – С. 64-68.



7. **Muhortov S.YA., Tihomirova I.B.** Ocenka genotipov gorchicy salatnoj pri primenenii regulyatorov rosta // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2016. – Т. XXXXYII. – S. 241-245.
8. **Mihal'kov D.E., Kochergina A.S.** Izuchenie dejstviya elektrofizicheskoj obrabotki i biologicheski aktivnyh veshchestv na rost i razvitie gorchicy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2(42). – S. 108-114.
9. **Mihal'kov D.E., Mishchenko E.V.** Primenenie biologicheski aktivnyh veshchestv v posevah maslichnyh kul'tur semejstva kapustnye [Sizaya gorchica] // Ekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya. – 2017. – Т. 4. – S. 110-115.
10. **Sharma P.** Effect of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth and heavy metal uptake in Brassica juncea L. / P. Sharma, R. Bhardwaj // Bulgarian journal of plant physiology. – 2007. - Vol. 33. - N 1/2. - P. 59-73.
11. **Vorob'ev P.N., Voishchev A.V.** Issledovaniya po vliyaniyu doz kleyashchih veshchestv na urozhaj semyan kapusty belokochannoj // Sovershenstvovanie tekhnologii v promyshlennom sadovodstve i ovoshchevodstve. – 1996. – S. 78-83.
12. **Gish T.H.** Senkaciya kak sposob sokrashcheniya perioda vegetacii bez poteri urozhajnosti // Nauka, innovacii i mezhdunarodnoe sotrudnichestvo molodyh uchenyh agrarijev. – 2012. – S. 57-62.
13. **ZHujkov A.G.** Priemy povysheniya kachestva kombajnovoj uborki gorchicy // Nauchnaya zhizn'. – 2014. – № 4. – S. 28-33.
14. **Leonidova A.M.** Regulirovanie urozhajnosti i kachestva semyan chabera priemami, uskoryayushchimi sozrevanie // Nauchnye rezul'taty – agropromyshlennomu proizvodstvu. – 2004. – Т. 1. – S. 257-259.
15. **Metodika opytnogo dela v ovoshchevodstve i bahchevodstve** / Pod red. V.F. Belika. – М.: Agropromizdat, 1992. – 319s.

УДК 634.73:631.24

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11032

Доктор с.-х. наук **Г.П. АТРОЩЕНКО**  
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, atoschenko-G.P@mail.ru)  
 Канд. с.-х. наук **С.Ф. ЛОГИНОВА**  
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, svetaevadi@mail.ru)  
 Аспирант **А.И. КОШМАН**  
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, alena.koshman.94@mail.ru)

## АПРОБАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Культура голубики стремительно набирает популярность в садоводстве России. Плоды ее имеют кисло-сладкий вкус, приятный аромат, богатый биохимический состав. Кусты отличаются высокой декоративностью в течение всего периода вегетации. Все эти качества способствуют широкому распространению этой культуры во всем мире [1].

Пектины, содержащиеся в ягодах голубики, способствуют выведению из организма человека тяжелых металлов и радионуклидов (свинец, стронций, цезий, кобальт и др.). Кроме того, голубика не накапливает в своих плодах этих опасных элементов – продуктов промышленной деятельности человека. Ягоды используют в пищу в свежем, замороженном и переработанном виде (соки, желе, варенье и др.) [2].

В настоящее время самыми крупными производителями голубики являются Канада, США и Польша. Промышленные плантации этой культуры имеются также в ряде стран Европы, а также в Австралии и Новой Зеландии. Ежегодно во всем мире собирают около 25-30 тыс. т ягод, но спрос до конца не удовлетворен [3].

По ботанической классификации голубика относится к семейству *Ericaceae* Juss. – вересковые, роду *Vaccinium* – черника, голубика. Культивируемая голубика делится на 5 групп: северная высокорослая (средняя высота растений 1,5-2 м), южная высокорослая

(2-2,5 м), «Кроличий глаз», или Эши (в диком виде 6-9 м, в культуре до 3 м), полувысокая (0,7-1,3 м), низкорослая (0,2-0,7 м) [4].

В результате более чем 100-летней селекционной работы по культуре голубики во всем мире получено около 200 сортов. Наибольшего распространения получили сорта из группы «северная высокорослая голубика». Основные сорта были созданы на основе вида голубики щитковой (*Vaccinium corymbosum* L.), встречающегося в дикорастущем виде на севере США и Канады. Современные сорта представляют собой комплексные гибриды этого вида, которые могут успешно возделываться в различных почвенно-климатических условиях. Они имеют отличия по силе роста куста, величине и форме листа, размеру, форме и вкусу плода, зимостойкости, срокам цветения и плодоношения и др. [5].

Вся система идентификации сортов базируется на генетически обусловленных различиях. Вместе с этим ряд широко используемых для идентификации признаков очень сильно зависит от условий среды, в которых они выращиваются [6].

Наличие соответствующих знаний и навыков по определению апробационных признаков сортов голубики у специалистов по садоводству поможет идентифицировать сортообразцы в маточных насаждениях, что позволит производить чистосортный посадочный материал. В условиях Северо-Запада РФ ранее не проводились исследования по описанию апробационных признаков сортов голубики высокорослой.

**Цель исследования** – описание апробационных признаков сортов голубики высокорослой по морфологическим и биологическим свойствам в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования по описанию апробационных признаков сортов голубики высокорослой проводили на коллекционном участке этой культуры в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в 2016-2019 гг.

Почвы на участке возделывания голубики высокорослой – дерново-подзолистые, средне- и тяжелосуглинистые. Реакция почвенного раствора колеблется от слабокислой до нейтральной. При посадке растений голубики посадочные ямы заполняли верховым нераскисленным торфом, в который добавляли небольшую часть перепревших древесных опилок. Согласно проведенному химическому анализу почвогрунт имел рН 3,6, что является оптимальным при выращивании этой культуры [7].

Сортообразцы голубики высокорослой были интродуцированы из КФХ «Ягодка» Республики Беларусь. Посадка растений голубики проведена осенью 2013 г. по мульчирующему черному спанбонду. Размещение сортообразцов на участке рендомизированное, повторность 3-кратная, по 3 куста в каждой. Схема размещения растений – 2,0 x 1,5 м.

Объектами исследований являлись 11 сортов голубики высокорослой различного эколого-географического происхождения: Блюкроп (*Bluecrop*, США), Блюголд (*Bluegold*, США), Бонус (*Bonus*, США), Бригитта Блю (*Brigitta Blue*, Австралия), Дениз Блю (*Denise blue*, Австралия), Река (*Reka*, Новая Зеландия), Спартан (*Spartan*, США), Торо (*Toro*, США), Элизабет (*Elizabeth*, США), Эллиот (*Elliott*, США), Эрлиблю (*Earliblue*, США).

Для описания основных апробационных признаков сортов голубики использовали «Методику проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (голубика высокая и черника)», 2007 [8].

Описание некоторых апробационных признаков по биологическим свойствам проводили согласно методике А.Б. Горбунова, 2014 [4]. Так, зимостойкость растений оценивали по следующим показателям: очень высокая (нет подмерзаний в неблагоприятные суровые зимы); высокая (подмерзание не более 1 балла в неблагоприятные зимы, в обычные не подмерзают); средняя (в неблагоприятные зимы подмерзают на 2-3 балла, в обычные до 1 балла); низкая (в неблагоприятные зимы вымерзает до 30% растений, степень подмерзания 3-4 балла, в обычные 1-2 балла); очень низкая (в неблагоприятные зимы вымерзают или

подмерзают на 4 балла, в обычные степень подмерзания 2-3 балла, наблюдается гибель части генеративных образований).

По большинству значений выраженности апробационных признаков использовали эталонный сорт голубики Блюкроп. В настоящее время Блюкроп наиболее распространенный сорт (более 60% промышленных плантаций голубики в мире занято именно им). Достоинства сорта: средняя сила роста кустов (1,2-1,8 м), крупноплодность плодов (диаметр 18-20 мм), хорошие вкусовые качества плодов, высокая регулярная продуктивность, устойчивость к болезням, засухе и заморозкам. Куст имеет отличный декоративный вид весной, летом и осенью благодаря красивой листве, крупным цветкам и плодам.

**Результаты исследований.** Сортам голубики высокорослой присущ ряд общих морфологических признаков. Каждый сорт обладает также и отличительными признаками, присущими только ему.

Голубика высокорослая – это многолетний, листопадный кустарник высотой 1,5-2 м. Надземная вегетативная сфера кустов делится на 2 типа – ветвления и формирования. Побеги ветвления развиваются на старых побегах в весенний период. Побеги формирования вырастают из подземных почек. Цветковые почки закладываются за год до плодоношения в июле-августе (одновременно с созреванием ягод). Они значительно крупнее ростовых и располагаются на концах побегов ветвления. Обычно цветковой бывает одна верхушечная почка и 2-3 боковые. Цветут растения голубики в мае-июне. Кистевидные соцветия расположены на концах побегов. В соцветии голубики высокорослой в среднем насчитывается до 15 цветков.

Плод – ягода с многочисленными семенами. Окраска плодов голубая с сизым налетом. Большинство сортов самоплодны, но при перекрестном опылении плоды лучше завязываются и ягоды крупнее. В фазу плодоношения растения голубики обычно вступают в четырехлетнем возрасте, а в стадию полного плодоношения – на шестой-седьмой год [9].

Для выращивания сортов голубики высокорослой необходима хорошая теплообеспеченность вегетационного периода (сумма температур выше  $+10^{\circ}\text{C}$  – 2300-3500 $^{\circ}\text{C}$ , безморозный период не менее 160 дней). Только в этом случае у растений голубики нормально протекают все фенологические фазы развития, и они без заметных повреждений (в зависимости от сорта) переносят зимние морозы от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$  [10].

К сожалению, метеорологические условия Ленинградской области не отвечают требованиям сортов высокорослой голубики к теплу. На территории области сумма температур выше  $+10^{\circ}\text{C}$  колеблется в пределах 1600-1800 $^{\circ}\text{C}$ , а безморозный период в среднем составляет 142 дня.

Здесь в зимний период у растений голубики могут подмерзнуть верхушки побегов, а также ветви с расположенными на них генеративными почками. Подмерзшие части ветвей чернеют и погибают. Также на подмороженных ветвях могут формироваться мелкие листья, в дальнейшем такие ветви усыхают.

В данных агроклиматических условиях из-за недостатка тепла растения голубики высокорослой формируют также более низкую и менее продуктивную надземную вегетативную сферу по сравнению с оптимальными условиями выращивания.

У позднеспелых сортов в сентябре наблюдается довольно растянутый срок созревания ягод. При этом часть ягод в отдельные годы не успевает созреть. Это отчетливо проявилось в 2017 г., когда из-за прохладного и дождливого лета фенологические фазы у растений проходили с опозданием на 1,5 недели.

Тем не менее наши результаты фенологических наблюдений показали, что все изучаемые сорта голубики высокорослой за годы исследований соответствовали сезонным ритмам развития растений, формировали ягоды на кустах и укладывались в период вегетации Ленинградской области. Это позволило описать большинство апробационных признаков по морфологическим и биологическим свойствам.

Результаты исследований по описанию апробационных признаков сортов голубики высокорослой представлены в таблице.

Таблица. Апробационные признаки сортов голубики высокорослой (2016-2019 гг.)

Значения выраженности апробационных признаков, степень выраженности	Сорта										
	Блюкроп (к)	Блюголд	Бонус	Бригитта Блю	Дениз Блю	Река	Спарган	Торо	Элизабет	Эллиот	Эрлиблю
<b>Куст: высота или сила роста</b>											
*слаборослый (менее 0,6 м)											
*среднерослый (0,6-1,0 м)		+	+	+	+				+	+	+
* сильнорослый (более 1,0 м)	+					+	+	+			
<b>Куст: тип роста</b>											
* компактный			+						+		+
* слабораскидистый	+	+		+	+	+	+	+		+	
* раскидистый											
<b>Однолетний побег: окраска</b>											
* зеленый	+		+				+				
* зеленовато-красный		+		+		+		+	+	+	
* серовато-красный					+						
* красновато-желтый											
* красновато-коричневый											+
* темно-красный											
<b>Однолетний побег: длина междоузлия (верхняя половина)</b>											
* короткое		+					+	+			
* средней длины	+		+	+	+	+				+	+
* длинное									+		
<b>Лист: длина</b>											
* короткий (менее 2,5 см)											
* средней длины (2,5-6,0 см)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
* длинный (более 6,0 см)											
<b>Лист: ширина</b>											
* узкий (менее 1,5 см)											
* средней ширины (1,5-2,5 см)	+			+	+	+			+	+	+
* широкий (более 2,5 см)		+	+				+	+			
<b>Лист: край</b>											
* цельный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
* зубчатый											
<b>Лист: форма</b>											
* ланцетный	+		+	+	+		+		+		
* яйцевидный										+	+
* эллиптический		+				+		+			
* прямоугольный											
<b>Длина кисти:</b>											
* короткая (менее 2 см)		+			+						
* средняя (2-3 см)				+		+	+	+	+	+	+
* длинная (более 3 см)	+		+								
<b>Цветок: длина трубки венчика</b>											
* короткая		+	+	+	+			+	+	+	+
* средней длины	+					+	+				
* длинная											
<b>Цветок: гребни на трубке венчика</b>											
* отсутствуют							+				
* имеются	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+

Продолжение таблицы

Плодовая кисть: плотность											
* рыхлая	+	+									
* средней плотности			+	+	+	+		+	+	+	+
* плотная							+				
Плод: размер ягоды											
* мелкая (менее 1 г)											
* средняя (1-2 г)				+		+			+	+	+
* крупная (более 2 г)	+	+	+		+		+	+			
Плод: форма продольного сечения											
* овальная											
* округлая	+		+	+		+		+	+	+	
* сплюснутая		+			+		+				+
Плод: положение чашелистиков											
* вертикальное	+					+	+	+			
* от вертикальных до полувертикальных		+		+	+				+	+	
* полувертикальное			+								+
Плод: диаметр основания чашечки											
* маленькое								+			
* среднего размера		+	+		+	+	+		+	+	+
* глубокое	+										
Плод: окраска кожицы											
* светло-синяя	+	+	+				+		+	+	
* синяя				+		+		+			
* темно-синяя					+						+
* сине-красная											
Плод: сладкость											
* низкая											
* средняя	+	+	+	+			+	+	+		+
* высокая					+	+				+	
Растение: тип плодоношения											
* только на приросте предыдущего года	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
* на приросте предыдущего года и текущего сезона											
Время начала цветения на приросте предыдущего года											
* очень раннее											
* раннее						+					
* среднее	+	+	+		+		+	+	+		+
* позднее				+						+	
* очень позднее											
Время начала созревания ягод на приросте предыдущего года											
* очень раннее											
* раннее						+					
* среднее	+	+			+		+	+			+
* позднее			+	+					+	+	
* очень позднее											
Зимостойкость											
* очень высокая											
* высокая											
* средняя	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
* низкая				+							+
* очень низкая											

Примечание: «+» – наличие апробационного признака у сорта

Помологическое значение имеет описание высоты и типа роста кустов. В 2019 г. высота 7-летних кустов сортов Блюголд, Бонус, Бригитта Блю, Дениз Блю, Элизабет, Эллиот, Эрлиблю варьировала от 74 до 90 см. По силе роста эти сорта отнесены к среднерослым. Высота кустов сортов Блюкроп, Река, Спартан, Торо в среднем составила 102-120 см. Эти сорта по силе роста отнесены к сильнорослым.

У сортов Бонус, Элизабет и Эрлиблю кусты сформировали компактную крону. Слабораскидистая форма кроны характерна для сортов Блюкроп, Блюголд, Бригитта Блю, Дениз Блю, Река, Спартан, Торо, Эллиот.

Окраска однолетних побегов у растений большинства сортов была зеленовато-красная. Зеленая окраска однолетних побегов отмечена у сортов Блюкроп, Бонус, Спартан. Серовато-красная окраска побегов присуща сорту Дениз Блю.

Длину междоузлий у растений определяли в верхней половине однолетних побегов. У большинства сортов голубики высокорослой длина междоузлий была средней. Наиболее длинное междоузлие характерно для сорта Элизабет.

По величине лист оценивали как короткий (длина менее 2,5 см), средней длины (длина 2,5-6,0 см), длинный (длина более 6,0 см). У сортов голубики средняя длина листа характеризовалась следующими показателями: Блюкроп (5,1 см), Блюголд (3,7 см), Бонус (5,0 см), Бригитта Блю (4,6 см), Дениз Блю (5,2 см), Река (3,2 см), Спартан (5,9 см), Торо (5,8 см), Элизабет (5,3 см), Эллиот (4,5 см), Эрлиблю (5,8 см). Растениям всех перечисленных сортов голубики присуща средняя длина листьев.

У большинства сортов голубики описаны листья средней ширины (1,5-2,5 см). У сортов Блюголд, Бонус, Спартан, Торо ширина листьев варьировала от 2,6 до 3,0 см. Листья у всех сортов голубики цельнокрайние.

Форма листовой пластинки у сортов Блюкроп, Бонус, Бригитта Блю, Дениз Блю, Спартан, Элизабет ланцетовидная, с острым кончиком. У сортов Эллиот и Эрлиблю отмечена яйцевидная форма листа. Сорта Блюголд, Река, Торо имеют эллиптическую форму листовой пластинки.

Плодовые кисти у сортов голубики различаются по длине. Длина кисти измерялась в сантиметрах. Короткая кисть (менее 2 см) описана у сортов Блюголд и Дениз Блю. Растения сортов Блюкроп и Бонус формируют длинную кисть (более 3 см). У остальных сортов голубики длина кисти средняя – 2-3 см.

Плодовые кисти у сортов голубики имеют также различия по плотности. Рыхлая кисть присуща сортам Блюкроп и Блюголд. У сорта Спартан зафиксирована плотная плодовая кисть. У остальных сортов плодовые кисти средней плотности.

Сросшиеся лепестки у цветка голубики образуют вытянутый венчик. У сортов Блюкроп, Река, Спартан длина трубки венчика оказалась средней. У растений остальных сортов длина трубки венчика короткая.

Плод (многосемянная ягода) считается важнейшим критерием при помологической характеристике сорта. Массу ягоды выражали в граммах. У сортов голубики средняя масса ягод характеризовалась следующими показателями: Блюкроп (2,2 г), Блюголд (2,1 г), Бонус (2,1 г), Бригитта Блю (1,6 г), Дениз Блю (2,2 г), Река (1,7 г), Спартан (2,2 г), Торо (2,4 г), Элизабет (1,7 г), Эллиот (1,6 г), Эрлиблю (1,7 г). На основании апробационной оценки по размеру ягод установлено, что крупные ягоды (более 2 г) формируют растения сортов Блюкроп, Блюголд, Бонус, Дениз Блю, Спартан, Торо. У остальных сортов размер ягоды средний.

Характеризуя плоды, отмечали форму продольного сечения. У большинства сортов голубики форма продольного сечения округлая. У сортов Блюголд, Дениз Блю, Спартан, Эрлиблю форма продольного сечения плода сплюснутая.

При описании апробационных признаков приведена информация о диаметре основания чашечки у плодов. У большинства сортов голубики диаметр основания чашечки

соответствует среднему размеру. У сорта Торо диаметр основания чашечки маленький. У сорта Блюкроп плоды имеют глубокий диаметр основания чашечки.

По окраске кожицы плодов сорта голубики имеют различия. Светло-синяя окраска кожицы присуща плодам сортов Блюкроп, Блюголд, Бонус, Спартан, Элизабет, Эллиот. Синяя окраска плодов характерна для сортов Бригитта Блю, Река, Торо. Темно-синяя окраска плодов отмечена у сортов Дениз Блю и Эрлиблю.

Описывая плоды голубики, отмечали их сладкость. У большинства сортов плоды имеют среднюю сладкость. Высокой сладкостью характеризуются плоды сортов Дениз Блю, Река, Эллиот.

У растений всех описываемых сортов голубики тип плодоношения зафиксирован только на приросте предыдущего года.

По срокам созревания ягод проведена группировка сортов:

- раннеспелые (20.07-30.07) – Река;
- среднеспелые (7.08-20.08) – Блюкроп, Блюголд, Дениз Блю, Спартан, Торо, Эрлиблю;
- позднеспелые (25.08-30.09) – Бонус, Бригитта Блю, Элизабет, Эллиот.

Зимостойкость сорта является важнейшим биологическим апробационным признаком сорта. В зимний период 2016 г. наблюдалось кратковременное понижение температуры воздуха до  $-27^{\circ}\text{C}$ , что оказало определенное влияние на зимостойкость сортов голубики. Наиболее сильное подмерзание ветвей отмечено на сортах Бригитта Блю (3,0 балла), Эрлиблю (2,5 балла), Блюголд (2,0 балла). На остальных сортах голубики высокорослой степень подмерзания ветвей варьировала от 0,8 до 1,4 балла.

Условия зимних периодов 2017-2019 гг. были более благоприятные для перезимовки растений голубики. Наибольшая степень подмерзания отмечена на сорте Эрлиблю (1,7-2,0 балла). При этом наиболее пострадали побеги формирования и генеративные почки. Растения этого сорта заметно отставали в развитии и сформировали очень низкую продуктивность. У растений остальных изучаемых сортов степень подмерзания ветвей колебалась от 0,2 балла (Река) до 1,2 балла (Бригитта Блю).

Анализируя зимостойкость растений голубики высокорослой, можно констатировать, что в условиях Ленинградской области сорта Блюкроп, Блюголд, Бонус, Дениз Блю, Река, Спартан, Торо, Элизабет, Эллиот являются среднезимостойкими, а сорта Бригитта Блю и Эрлиблю – низкозимостойкими.

**Выводы.** Впервые в условиях Ленинградской области проведено описание 22 апробационных признаков голубики высокорослой по морфологическим и биологическим свойствам. Половина изучаемых сортов имеют перспективу выращивания в любительском садоводстве. Не рекомендуется выращивать сорта по апробационным признакам:

- время созревания ягод на приросте предыдущего года (позднее) – Бонус, Бригитта Блю, Элизабет, Эллиот;
- зимостокость (низкая) – Бригитта Блю, Эрлиблю.

### Литература

1. Атрощенко Г.П., Кошман М.Е., Кошман А.И. Оценка сортов голубики для возделывания в Ленинградской области: материалы Международного конгресса «Агрорусь». – СПб.: Экспофорум, 2017. – С. 17-18.
2. Рупасова Ж.А., Решетников В.Н., Рубан Н.Н. Голубика высокорослая: оценка адаптационного материала при интродукции в условиях Беларуси. – Минск: Беларуская наука, 2007. – 442 с.
3. Даньков В.В., Скрипниченко М.М., Логинова С.Ф. и др. Ягодные культуры. –СПб.: Лань, 2015. – С. 19-24.
4. Горбунов А.Б. Голубика // Помология, том V. – Орел: ВНИИСПК, 2014. – С. 288- 292.

5. **Титок В.В., Веевик А.А., Павловский Н.Б.** Голубика высокорослая– инновационная культура премиум класса // Голубиководство в Беларуси: материалы Республиканской научн.-практич. конф. – Минск, 2012. – С. 58.
6. **Огольцова Т.П., Баянова Л.В., Володина Е.В. и др.** Определитель сортов смородины. – Орел: ВНИИСПК, 2000. – С. 3-4.
7. **Курлович Т.В.** Брусника, голубика, клюква, черника: виды и сорта. – М: Издательский Дом МПС, 2005. – 126 с.
8. **Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (голубика высокая и черника).** – М: Госкомиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений, 2007. – 7 с.
9. **Курлович Т.В., Босак В.Н.** Голубика высокорослая в Беларуси. – Минск: Беларуская наука, 1998. – 176 с.
10. **Макеев В.А., Макеева Г.Ю.** Голубика узколистная в российском саду // Гавриш. – 2016. – № 3 (39). – С. 6-9.

### Literatura

1. **Atroshchenko G.P., Koshman M.E., Koshman A.I.** Ocenka sortov golubiki dlya vozdelevaniya v Leningradskoj oblasti: materialy Mezhdunarodnogo kongressa «Agrorus». – SPb.: Ekspoforum, 2017. – S. 17-18.
2. **Rupasova ZH.A., Reshetnikov V.N., Ruban N.N.** Golubika vysokoroslaya: ocenka adaptacionnogo materiala pri introdukcii v usloviyah Belarusi. – Minsk: Belaruskaya nauka, 2007. – 442 s.
3. **Dan'kov V.V., Skripnichenko M.M., Loginova S.F. i dr.** YAgodnye kul'tury. –SPb.: Lan', 2015. – S. 19-24.
4. **Gorbunov A.B.** Golubika // Pomologiya, tom V. – Orel: VNIISPK, 2014. – S. 288- 292.
5. **Titok V.V., Veevik A.A., Pavlovskij N.B.** Golubika vysokoroslaya– innovacionnaya kul'tura premium klassa // Golubikovodstvo v Belarusi: materialy Respublikanskoj nauchn.-praktich. konf. – Minsk, 2012. – S. 58.
6. **Ogol'cova T.P., Bayanova L.V., Volodina E.V. i dr.** Opredelitel' sortov smorodiny. – Orel: VNIISPK, 2000. – S. 3-4.
7. **Kurlovich T.V.** Brusnika, golubika, klyukva, chernika: vidy i sorta. – M: Izdatel'skij Dom MPS, 2005. – 126 s.
8. **Metodika provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' (golubika vysokaya i chernika).** – М: Goskomissiya RF po ispytaniyu i ohrane selekcionnyh dostizhenij, 2007. – 7 s.
9. **Kurlovich T.V., Bosak V.N.** Golubika vysokoroslaya v Belarusi. – Minsk: Belaruskaya nauka, 1998. – 176 s.
10. **Makeev V.A., Makeeva G.YU.** Golubika uzkolistnaya v rossijskom sadu // Gavrish. – 2016. – № 3 (39). – S. 6-9.

УДК 634.23(47+57)

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11039

Доктор биол. наук **А.А. ЮШЕВ**  
 (ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических  
 ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), a.yushev@vir.nw.ru)  
 Канд. биол. наук **С.Ю. ОРЛОВА**  
 (ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических  
 ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), s.orlova@vir.nw.ru)

### ВИШНИ РОССИИ

Вишня как садовая культура является важным звеном среди плодовых растений, занимая по распространению 2-е место после яблони. Расцвет культуры вишни в России пришелся на XX век, когда было выведено в основных регионах выращивания вишни большинство сортов. Успехи селекционеров тех времен свидетельствуют о весомых



достижениях в сфере выведения новых современных сортов этой достаточно трудной в селекционном отношении культуры. Задачи селекции усложнились с развитием в вишневых садах новой для России болезни – коккомикоз. Появилось новое направление в селекции – выведение сортов, устойчивых к этому особенно вредоносному для вишни заболеванию, которое требует включения в селекцию иммунных компонентов. Необходимость выведения коккомикозоустойчивых сортов усложнила селекцию, так как оказалось, что среди большого её сортового разнообразия, происходящего от двух видов *Cerasus fruticosa* Pall. и *Cerasus avium* (L.) Moench. и производного от них культивированного вида *Cerasus vulgaris* Mill, не нашлось ни одного генотипа, иммунного к этому патогену. Анализ происхождения сортов, распространенных в России, свидетельствует о том, что в селекции был использован ограниченный набор исходного материала. Поиск доноров устойчивости вывел селекционеров на отдаленную гибридизацию с использованием восточноазиатского вида *Cerasus maackii* (Rupr.) Erem. et V.S. Simag. (= *Padus maackii* Rupr.), имеющего полный иммунитет к коккомикозу и мелкие горькие плоды, доминирующие в потомстве. Селекционная задача вывести высококачественные иммунные к коккомикозу сорта оказалась трудной, однако не безнадежной. В результате работ отечественных селекционеров получены доноры устойчивости и уже конкретные сорта, проявляющие полевую устойчивость к коккомикозу. Обобщая работы отечественных селекционеров, можно констатировать, что современная селекция вишни в России имеет конкретные и ощутимые успехи, которые при внимании к практическим проблемам этой культуры могут дать высокие результаты в производстве плодов [1].

**Цель исследований** состояла в анализе исторических фактов зарождения культуры вишни в России и сравнении сортиментов прошлого и настоящего времени по регионам возделывания.

**Материал, методы и объекты исследований.** Материалом исследований послужили накопленные знания по культуре вишни за период её культивирования и сортимент в различных регионах России. Использованный метод – сравнительный анализ культивируемого сортимента по регионам выращивания. Объекты исследований – староместные и современные сорта вишни, представляющие генофонд России.

**Результаты исследований.** Первые исторические сведения о вишне в Европе датируются XI веком. В Киевской Руси в XI веке монахи под Киевом выращивали из завозимых семян свои местные формы плодовых культур, в том числе и вишни. Имеются сведения, что в 1051 г. при Киево-Печерской лавре был заложен сад яблони и вишни. Далее наступил период отсутствия какой-либо информации о возделывании, однако раскопки, проведенные на территории Новгорода, показали, что косточки вишни найдены очень глубоко, а это свидетельствует о том, что вишня могла проникнуть сюда из еще более древних поселений человека. Если мысленно перешагнуть на несколько веков вперед, то в «Записках о Московии» (1549 г.) можно обнаружить, что посланник барон Герберштейн сетует об отсутствии под Москвой (1517 и 1526 г.) сладких вишен, а в середине XVI в. в Домострое упоминается о вишне в патоке и вишневом морсе. Согласно Н.И. Кичунову «... по имеющимся историческим данным, относящимся к 1532 г., в это время вишня у нас была хорошо известна, что видно из записок чернеца Игнатия, где говорится о «вишневых бархатах», то есть бархатах вишневого цвета». В XVII в. путешественник Олеарий одобрительно отзываясь о московских вишнях и сообщает, что царскому двору принадлежат 52 сада, и в них растут 9136 вишен, а из них 2994 дерева непосредственно в Москве.

В связи с давностью описываемых фактов, даты становления культуры вишни в садах России несколько расходятся. Сопоставляя имеющиеся стародавние сведения, приходим к заключению, что к концу XV – началу XVI веков вишню уже выращивали в Московии, в Новгородской и Псковской губерниях, а также с XVII века во Владимире, Суздале и смежных с ними территориях Нижегородского края и Ивановской области [2].

На Северо-Западе Петр I с начала XVIII века среди прочих плодовых культур завозил в окрестности Санкт-Петербурга саженцы вишни из Москвы, Киева и Прибалтики, однако в суровые зимы они погибали. Предположительно неоднократно были завезены саженцы вишни Владимирской и Любской из Москвы, Гриота Остгеймского и Гриота Украинского из Прибалтики и Киева. Не исключено, что форма типа Гриота Украинского с кислыми плодами распространилась и адаптировалась в Новгородской, Псковской и Петербургской губерниях под названием вишня Коростынская. В дальнейшем, при Екатерине II растения вишни завозили из Киева и высаживали в сооружениях закрытого грунта.

Что касается других территорий России, таких как Урал, Предуралье, Поволжье, то там население использовало для массового сбора плодов обширные естественные заросли вишни кустарниковой и привлекало лучшие формы ее в свои приусадебные сады.

Вишня на территории России распространена очень широко: практически от западной границы до Дальнего Востока и от Северо-Западного региона до Кавказских гор. Несмотря на спорадическое распространение, можно выделить территории, где она играет особенно важную роль в садоводстве.

Мы отмечаем следующие центры культивирования вишни (рис.).



Рис. Территории центров культивирования вишни в России

- *Владимирская область*, как исторический очаг возникновения владимирских вишен, и смежные с ней Нижегородская и Ивановская области;
- *Средняя Россия* – включает все области Центрально-Черноземного региона;
- *Среднее Поволжье*;
- *Средний и Южный Урал*;
- *Северо-Запад* – Новгородская, Псковская и Ленинградская области;
- *Западная Сибирь* – Омская, Барнаульская и Новосибирская области;
- *Северный Кавказ* – Краснодарский и Ставропольский края;
- *Дальний Восток* – Хабаровский и Приморский края (в культуре вид вишни *Microcerasus tomentosa* (Thunb.) Erem. et Yushev.).

Необходимо остановиться на происхождении вишни обыкновенной, к которой относится подавляющее большинство культивируемых сортов. Как показано многими исследователями, вишня обыкновенная (*Cerasus vulgaris* Mill.) возникла в архиисторические времена в результате гибридизации черешни (*Cerasus avium* (L.) Moench) и вишни кустарниковой (*Cerasus fruticosa* Pall.). Факт возможности такой спонтанной гибридизации экспериментально доказан многими исследователями. Это могло произойти только на Балканском полуострове, где ареалы произрастания видов в естественных условиях налегают.

В диком состоянии вишня обыкновенная нигде не обнаружена, лишь в одичалом на юге Европы, Европейской части России, на Кавказе, в Малой Азии. В помологической литературе под *C. vulgaris* подразумевается ботанический термин, охватывающий подавляющее большинство культивируемых генотипов вишни. Вишня обыкновенная по всем показателям занимает промежуточное положение между вишней кустарниковой и черешней. Помимо габитуса растений, размеров цветка, характера плодоношения, дополнительными материалами служат показатели размеров листа и зазубренность краев листовой пластинки, форма и гофрированность лепестков цветка, анатомические особенности листовой пластинки, показатели кислотности плодов и др. В значительной степени различаются также отношение их к низким отрицательным температурам, степень поражения болезнями, засухоустойчивость.

Центры культивирования вишни характеризуются особенностями локальных сортиментов.

*Владимирская область* и смежные с ней Нижегородская и Ивановская области представляют собой один из самых старинных очагов выращивания вишни в России. Вишня известна во Владимире с XVII века, когда была перенесена в «Патриарший сад» из Владимирского монастыря Суздаля [2]. Вести Владимирской губернии уточняют, что «первые достоверные сведения о Владимирской вишне относятся к 1657 г.» и «По некоторым историческим указаниям и местным преданиям представляется вероятным, что вишня завезена с юго-западной Руси, а некоторые сорта даже из более южных областей» [3]. Размножение порослью и семенами способствовало возникновению клонов: Родителява (в дальнейшем получила название Владимирская), Бель, Левинка, Сайка. Также возникли клоны, получившие названия по местам их возникновения: Вязниковская (г. Вязники), Гороховецкая (г. Гороховец), Добросельская (г. Добросельск), Избылецкая (г. Избылецк). Наиболее популярной по своим качествам плодов была Родителява вишня. В настоящее время возделывается Владимирская вишня, представляющая собой сборное понятие близких клонов, характеризующихся высокими качествами плодов и средней зимостойкостью.

*Средняя Россия* – значительная по территории, характеризуется очень различными почвенно-климатическими условиями Центрально-Черноземного региона. В давние времена основными сортами служили местные формы вишни, известные под названиями: Воробьевская, Белебейка, Долговетка, Кислинская, Лоза, Растунья, Кисляковка, Стеглярка, Петраковка, Шишевская, Шубинка и др. Некоторые из них уже безвозвратно потеряны или встречаются очень редко. «Пионером» селекции вишни в Средней России в начале XX века стал И.В. Мичурин, который вывел 29 сортов, из которых Плодородная Мичурина, Надежда Крупская, Полевка, Ширпотреб черная, Захаровская, Незябка долгие годы находились в районировании и стали исходным материалом для селекции. Дальнейшая селекция вишни здесь характеризуется различными направлениями. В Средней России работали многие известные селекционеры: С.В. Жуков, О.С. Жуков, А.Н. Веняминов, Х.К. Еникеев, Е.П. Финаев, А.Я. Ворончихина. В дальнейшем селекционную деятельность продолжают А.Ф. Колесникова, Е.Н. Джигадло, Т.В. Морозова, М.В. Каньшина и др. Очень трудно даже перечислить лучшие сорта, выведенные отечественными селекционерами, которые охватывают весь полиморфизм биолого-хозяйственных признаков, свойственных вишне. Вот, пожалуй, лучшие сорта селекционеров Средней России: Антрацитовая, Багряная, Гриот Московский, Гриот Россошанский, Комсомольская, Малиновка, Молодежная, Морель

брянская, Октава, Памяти Вавилова, Превосходная Колесниковой, Радонеж, Тамарис, Тургеневка, Черноплодная, Шоколадница, Шпанка брянская и еще многие другие. Одним из направлений селекции было выведение устойчивых к коккомикозу, зимостойких сортов и подвойных форм. От скрещиваний *Cerasus vulgaris* × *Cerasus maackii* в первом поколении (F<sub>1</sub>) были отобраны подвойные формы: ВП-1, Рубин, ОВП-2, ОВП-3. Затем там же во ВНИИСПК Колесниковой А.Ф. и Джигадло Е.Н. были получены подвойные формы: В-2-180, В-2-230, В-5-88, В-5-172, доноры по комплексу признаков: Олимп, Возрождение №1 и №2. Во ВНИИГиСПР Жуковым О.С. были выведены доноры устойчивости: Алмаз, Атлант, Коралл и другие, сорта Фея и Харитоновская.

Нельзя не остановиться на *Северо-Западном регионе*. Он известен незначительным числом, но примечательными по своим свойствам староместными сортами: Аморель Никифорова, Коростынская, Краснопахарская, Шпанка шимская, привлеченными в генофонд ВИР в результате экспедиционных обследований Северо-Запада. Это издавна известные генотипы, прошедшие многовековые условия выращивания в суровых условиях, и поэтому хорошо адаптированные к местному климату. Селекция, осуществляемая в 30-50-х гг. XX в. в ВИР, добавила к издавна выращиваемым сортам выведенные: Ленинградская скороспелка, Ленинградская превосходная, Отечественная, Рубиновая, Уралочка, Урожайная. В Северо-Западном регионе почвенно-климатические условия значительно сложнее, чем в Средней России, и вишня здесь находится в группе культур риска. По региону проходит северная граница возможного выращивания вишни в европейской части России. Недостаток тепла, частые зимние оттепели, чередующиеся с низкими температурами, возвратные заморозки, глинистые холодные почвы, избыточная влага в весенний и осенний периоды значительно усложняют получение ежегодных стабильных урожаев. Перечень сортов, выращиваемых на Северо-Западе, с учетом интродуцированных из других территорий, невелик. Однако практика свидетельствует, что при правильном соблюдении агротехники можно с успехом выращивать значительно больший сортимент. В коллекции ВИР под Санкт-Петербургом сохраняются и плодоносят более 190 генотипов. Главнейшие условия – правильный выбор участка и своевременное строгое соблюдение агротехнических мероприятий [4].

*Среднее Поволжье*. В прежние времена Среднее Поволжье и Южный Урал славились обширными зарослями вишни – «вишарниками». Вишарники – это территории, издревле занятые дикорастущей вишней кустарниковой (*C. fruticosa*), которые местное население использовало для массового сбора плодов и переноса лучших урожайных растений в приусадебные сады. К настоящему времени площади, занятые вишарниками, резко сократились – распаханы под сельскохозяйственные угодья. Вишневые сады издревле сажали по всему Поволжью, особенно в средней его части. Часто повторяющиеся по годам летние засухи особенно неблагоприятны для растений на южных склонах. Значительный урон садам причиняют весенние заморозки. В Среднем Поволжье повсеместно распространены формы порослевой вишни сортотипа Растунья, имеющие местные названия: Алатырская, Ашинская, Метелка Волжская, Горьковская, а также сорта: Аморель розовая, Костычевская, Поздняя розовая и Расплетка. Они характеризуются высокой устойчивостью к низким отрицательным температурам. Во всех сортах прослеживается «кровь» вида *C. fruticosa*. Многие новые сорта, выведенные в Татарском НИИСХ, представляют большую ценность для практического и селекционного использования: Заря Татарии, Краса Татарии, Обильная, Севастьяновская, Труженица Татарии, Тверитиновская, Шакировская, Юбилей Казани. Они обладают высокой пластичностью и адаптивной способностью в близких к Среднему Поволжью климатических условиях и хорошо зарекомендовали себя в коллекционном изучении в Северо-Западном регионе [5].

*Средний и Южный Урал*. Характеризуется практически не пригодными для выращивания вишни обыкновенной природными условиями. Зимние температуры, достигающие -40°C – -45°C, может выдерживать единственный морозостойкий вид – *Cerasus fruticosa*. Все уральские сорта по своему генетическому происхождению относятся к этому

виду. Из народной селекции на Среднем Урале представляют практический интерес ее формы типа Гридневская и Загребинская. Новые сорта селекции Свердловской селекционной станции садоводства (Н.И. Гвоздюкова) значительно превосходят местные формы по качеству урожая: Маяк, Свердловчанка, Стандарт Урала, Уральская рубиновая, Щедрая. Последующий этап селекции (М.Г. Исакова и Н.И. Гвоздюкова) представлен сортами: Болотовская, Вита, Гномик, Изобильная, Ожерелье, Пламенная. М.Г. Исаковой выведены и переданы в Государственное испытание сорта Жаворонок, Задумка и Флора [6].

*Западно-Сибирский регион.* Типичными чертами климата являются большая сухость воздуха и морозы до  $-40^{\circ}\text{C}$  –  $-50^{\circ}\text{C}$ , сопровождаемые сильными ветрами. Поэтому возделывание местных сортов и форм вишни кустарниковой ограничено. Возделывание вишни более приурочено к территориям, близким к научным учреждениям, занимающимся селекцией вишни (Томск, Барнаул, Новосибирск). В регионе выведены самые низкорослые, устойчивые к морозам сорта: Алтайская ласточка, Алтайская ранняя, Желанная, Змеиногорская, Касмалинка, Метелица, Новоалтайская, Субботинская, Шадринская [7]. Они по высоте кустов не превышают 2 м, а в Омском СХИ С.Г. Сухоцкой и Н.И. Барсуковым получена серия сортов высотой немногим более 1 м: Вузовская, Иртышская, Новоселецкая, Память Барсукова.

*Северный Кавказ.* Вишню на Северном Кавказе выращивают преимущественно в предгорной зоне, где основные осадки выпадают в весенние месяцы, что создает повышенную влажность воздуха. В результате развиваются грибные болезни, и это является бичом для культуры вишни. Отбор сортов для массового выращивания ее лимитируется полевой устойчивостью к монилиальному ожогу и другим грибным болезням. В районировании находятся 10 сортов, основу сортимента составляют давно известные Анадольская, Любская, Подбельская, Украинка, Чернокорка, Краснодарская сладкая. В последние годы в сортимент вошли Кирина и Облачинская.

*Дальний Восток – Хабаровский и Приморский края.* В связи с особенностями климата вишня обыкновенная успешно возделываться здесь не может. Зато процветает другой интродуцированный из Китая вид – вишня войлочная – *Microcerasus tomentosa* (Thunb.) Erem. et Yushev. Родина этого растения – Восточноазиатский генцентр (Китай, Корея, Гималаи, Япония). В Россию интродуцирован в первом десятилетии XX века. Первым селекционером сортов вишни войлочной стал академик Хабаровского НИИСХ Г.Т. Казьмин: Амурка, Войлочная сладкая, Огонёк, Пионерка, Поздняя, Юбилейная. Затем В.П. Царенко на Дальневосточной опытной станции ВИР в результате многочисленных экспедиций собрала растительные формы этого вида, и на их основе получила более 30 сортов, представляющих всю гамму его разнообразия [8]. Среди них крупноплодные (3-4,5 г), различных оттенков красного цвета сорта: Алиса, Белая, Детская, Натали, Океанская вировская, Осенняя вировская.

**Выводы.** Вишня – любимое растение в саду и самое распространенное плодовое растение после яблони. Перечислить все ее достоинства и использование – довольно трудная задача, настолько они разнообразны. Однако следует констатировать, что культура вишни в стране находится в состоянии депрессии. А происходит это из-за отсутствия внимания на всех этапах выращивания вишни: ослабление борьбы с болезнями и вредителями, резкое сокращение посадок новых садов, катастрофически малое выращивание посадочного материала, несвоевременное проведение агромероприятий. Считаем, что такую ситуацию необходимо изменить.

*Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».*

### Литература

1. **Юшев А.А., Орлова С.Ю.** Книга о вишне. – Челябинск, 2013. – 120 с.
2. **Петрахилов И.М.** Владимирская вишня. – Владимир, 1959. – 20 с.
3. **Антипович М.С.** Садоводство и огородничество. – Владимир, 1910.
4. **Юшев А.А., Орлова С.Ю.** Интродукция и результаты изучения генофонда вишни в северных условиях России за 50-летний период//Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2017. – Т.178, вып.3. – С.67-81.
5. **Юшев А.А.** Вишня на Северо-Западе России//Сады России. – 2015. – №3(60). – С. 21-24.
6. **Исакова М.Г.** Северная вишня: сб. мат. III Всероссийского симпозиума косточковедов. – Челябинск, 2015. – С.21-31.
7. **Субботин Г.И.** Вишня в южной Сибири. – Барнаул, 2002. – 148 с.
8. **Царенко В.П., Царенко Н.А.** Вишня войлочная. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 159 с.

### Literatura

1. **YUshev A.A., Orlova S.YU.** Kniga o vishne. – Chelyabinsk, 2013. – 120 s.
2. **Petrahilev I.M.** Vladimirskaaya vishnya. – Vladimir, 1959. – 20 s.
3. **Antipovich M.S.** Sadovodstvo i ogorodnichestvo. – Vladimir, 1910.
4. **YUshev A.A., Orlova S.YU.** Introdukciya i rezul'taty izucheniya genofonda vishni v severnyh usloviyah Rossii za 50-letnij period//Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2017. – T.178, vyp.3. – S.67-81.
5. **YUshev A.A.** Vishnya na Severo-Zapade Rossii//Sady Rossii. – 2015. – №3(60). – S. 21-24.
6. **Isakova M.G.** Severnaya vishnya: sb. mat. III Vserossijskogo simpoziuma kostochkovedov. – Chelyabinsk, 2015. – S.21-31.
7. **Subbotin G.I.** Vishnya v yuzhnoj Sibiri. – Barnaul, 2002. – 148 s.
8. **Carenko V.P., Carenko N.A.** Vishnya vojlochnaya. – Vladivostok: Dal'nauka, 2004. – 159 s.

УДК 635.21: 633.491

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11045

Канд. с.-х. наук **Н.А. ЧАЛАЯ**  
(ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических  
ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), n.chalaya@vir.nw.ru)  
Доктор биол. наук **С.Д. КИРУ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, s.kiru53@mail.ru)

### НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Картофель является одной из важнейших продовольственных культур на территории Российской Федерации. Однако по показателю средней урожайности Россия в 2019 году едва достигла его среднего мирового уровня (18 т/га). И валовый сбор картофеля в стране продолжает снижаться. В 2018 году, по данным Росстата и Минсельхоза РФ, он составил 29,6 млн тонн, что на 15% меньше, чем 5 лет назад [1].

По данным ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, из 420 сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений в 2018 году, в производстве зафиксировано только 214 сортов, из которых 66,4% общего объема, высаженного сертифицированного семенного картофеля, приходится на 10 сортов-лидеров, большинство которых созданы за рубежом [2]. Более того, уже в 2019 году доля российских сортов в Государственном реестре районированных сортов снизилась до 45%. Большая часть отечественных сортов (более 70%) внесены в Госреестр РФ в период с 2000 по 2015 гг. Сегодня доля стран, представляющих сорта в структуре реестра, примерно следующая: Россия – 45%, Нидерланды – 20, Германия – 17, Беларусь – 10, Великобритания – 2, Украина – 2, прочие – 4%. Из всех районированных

сортов только 14 обеспечивают 70% от всего объема семенного материала. Среди них только три отечественных сорта: Невский, Удача, Жуковский ранний, остальные сорта иностранные, в том числе нидерландские – Red Scarlett, Romano, Lady Claire, Impala, Latona и немецкие – Gala, Rosara, Zekura, Karator, Rodriga, Bellarosa, и белорусский сорт Скарб. Из общего объема сертифицированных семян на долю хорошо известных российских сортов приходится чуть более 20%, что и сказывается на соотношении отечественных и зарубежных сортов в производственном и торговом обороте. Поэтому для обеспечения продовольственной безопасности и развития экономики страны важным приоритетом является сокращение зависимости от сортов картофеля иностранной селекции за счет создания сортов отечественной селекции, отвечающих требованиям потребителей, способных конкурировать с лидерами рынка [3]. Также весьма важным является завершение формирования отечественной стандартизированной системы выращивания семенного материала на каждом этапе воспроизводства картофеля (от лаборатории до категории элита) и продвижение отечественных сортов картофеля на внутренний рынок с комплексным технологическим оснащением процесса его производства [4]. Однако совершенствование селекции и семеноводства картофеля до мирового уровня возможно только при соответствующей государственной поддержке.

В 2018 году разработана и утверждена Государственная программа «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации», которая призвана обеспечить стабильный рост объемов производства и реализации высококачественного семенного материала, современных конкурентоспособных отечественных сортов, что позволит снизить уровень импортозависимости по семенному картофелю. Отличительной чертой картофелеводства России является ориентация на внутренний рынок и высокая доля мелкотоварного производства в структуре производства [5]. Картофель возделывают во всех 12 агроклиматических регионах России, каждый из которых отличается своеобразием почвенно-климатических условий. Наблюдаемые в последние десятилетия на европейской территории России изменения климата существенно повлияли на проявление хозяйственно-ценных признаков картофеля, в том числе на продуктивность и содержание крахмала [6]. Российское население предпочитает традиционный способ потребления картофеля, поэтому продуктивность, товарность и кулинарные качества являются наиболее важными показателями при выборе сорта, особенно при его выращивании в личных подсобных хозяйствах.

**Цель исследования** – провести оценку новых сортов российской селекции и с учетом изменяющихся почвенно-климатических условий региона выделить сорта с высоким стабильным уровнем урожайности, с высокой товарностью, хорошими потребительскими качествами клубней.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Проведена оценка 35 сортов отечественной селекции в условиях Ленинградской области Северо-Западного региона. Материал для исследования – клубневая репродукция категории элита был предоставлен учреждениями-оригинаторами сортов (табл. 1).

Данные сорта создавались в учреждениях, расположенных в разных регионах России: Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Средневолжском, Западно-Сибирском. Сорта Танго, Старт и Арлекин не включены в Госреестр, 9 сортов включены после 2015 года, у остальных сортов нет данных о рекомендации к районированию по Северо-Западному региону РФ.

Исследования проводились на опытных участках Научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в г. Пушкин (СПб) в 2016-2018 гг. Общая методика проведения исследования сформирована на основе обобщения подходов и методов анализа, опубликованных в изданиях «Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля ВИР» [7] и «Методические положения по оценке сортов и гибридов картофеля на испытательных участках» [8]. Опыт закладывали в третьей декаде

мая, схема посадки рендомизированная, каждый образец был представлен 20 растениями в трехкратной повторности. В качестве стандартов использовали районированные сорта: для раннеспелых – Удача; для среднеранних и среднеспелых – Невский. Оценку на содержание крахмала в клубнях проводили гидростатическим методом [9]. В качестве стандарта по данному показателю использовали высококрахмалистый сорт Накра. Оценку вкусовых качеств клубней характеризовали по шкале 1-9, где 9 – отличный вкус.

Таблица 1. Материал исследования: сорта и их оригинаторы

№ п/п	НИУ оригинатор (регион РФ)	Сорт
1	ВНИИКС им А.Г. Лорха (Центральный)	Василек, Великан, Гулливер, Жигулевский, Колобок, Кортни, Любава, Метеор, Русский сувенир, Фаворит
2	Сибирский НИИСХ и торфа (Западно-Сибирский)	Антонина, Памяти Рогачева, Саровский, Солнечный, Югана
3	Уральский НИИСХ (Волго-Вятский)	Браво, Горняк, Ирбитский, Люкс, Старт
4	Кемеровский НИИСХ (Западно-Сибирский)	Кемеровчанин, Кузнечанка, Танай, Тулеевский
5	Пензенский НИИСХ (Средневожский)	Арлекин, Бабушка, Матушка
6	Татарский НИИСХ (Средневожский)	Регги, Самба, Танго
7	Сибирский НИИСХ (Западно-Сибирский)	Златка, Сафо, Юна
8	Ленинградский НИИСХ «Белогорка» (Северо-Западный)	Гусар
9	Фаленская ОСС НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (Волго-Вятский)	Вираз

Агроклиматические условия в годы проведения исследований отличались от средних многолетних данных по региону, осадки выпадали неравномерно, температура воздуха превышала или была на уровне средних многолетних значений (табл. 2).

Таблица 2. Результаты метеорологических наблюдений в периоды вегетации 2016-2018 гг. в сравнении со среднемноголетними данными, г. Пушкин, Ленинградская область (АГМС НПБ ВИР)

Период наблюдений	Средняя температура (°С)				Осадки (мм)				ГТК
	май	июнь	июль	август	май	июнь	июль	август	
2016 год	17,5	18,0	19,6	18,2	17,8	63,8	174,2	174,3	1,9
2017 год	10,6	15,4	17,7	18,2	6,9	119,3	177,9	237,4	2,6
2018 год	13,2	15,2	19,2	16,7	26,9	9,2	77,1	42,9	0,9
Средние многолетние данные	11,6	15,2	20,2	17,1	52,0	74,0	78,0	89,0	> 1,8*

\*- По данным А.И. Руденко и Г.Н. Ковальчук «Культурная флора СССР, Т.IX, Картофель»

В качестве основного показателя тепло- и влагообеспеченности периодов вегетации используют гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова. Оптимальные климатические условия для выращивания картофеля в зависимости от зоны возделывания обеспечены при ГТК = 0,9-2,0 [10]. В годы испытаний только в 2016 г. ГТК был в пределах средних многолетних данных, однако в июле и августе осадков выпало значительно выше нормы. 2017-й и 2018 гг. характеризуются как избыточно переувлажненный (ГТК=2,6) и умеренно засушливый (ГТК=0,9) соответственно.

**Результаты исследований.** По результатам сравнительного изучения продуктивность исследуемых сортов в зависимости от года исследования значительно отличалась. В 2016-



2017 гг. из-за обилия осадков в июле-августе урожайность большинства сортов оказалась меньше или на уровне сортов-стандартов. Однако сорт Метеор за весь период испытаний превышал сорт-стандарт Удача на 131-145%. Климатические условия 2018 года были более благоприятны для накопления урожая. В таблице 3 представлены лучшие сорта, которые превышали сорт-стандарт более чем на 10%.

Таблица 3. Характеристика лучших российских сортов картофеля по результатам испытаний в 2016-2018 гг.

Сорт	Превышение сорта-стандарта, %	Потенциальная урожайность, т/га	Товарность, %	Вкус, балл	Содержание крахмала, %
<i>Ранние</i>					
Удача St	100	38,0	94	7,8	15,5-16,5
Метеор	145	55,1	94,5	5,9	11,9-12,6
Жигулевский	123	46,8	92	8,4	16,3-17,1
Антонина	123	46,8	92	7,6	17,9-18,3
<i>Среднеранние</i>					
Невский St	100	43,2	86	6,0	13,7-14,1
Самба	113	48,9	96	7,7	14,5-16,4
Арлекин	134	57,9	93	8,6	14,1-17,6
Бабушка	124	53,9	94	4,6	9,9-13,7
Тулеевский	122	52,8	92	6,1	9,4-14,2
Кемеровчанин	115	49,8	91	8,0	14,1-15,5
Сафо	111	48,0	91	5,8	12,5-14,7
<i>Среднеспелые</i>					
Солнечный	125	54,3	89	6,6	9,4-16,7
Югана	137	59,4	90	7,0	16,4-18,0
Великан	135	58,7	95	7,0	13,4-13,9
Фаворит	110	47,5	95	7,2	13,4-14,7
Василек	120	52,0	89	8,2	14,2-16,8
<i>Позднеспелые</i>					
Танго	106	45,8	96	8,3	22,2-23,3

В наших условиях, независимо от погодных факторов, стабильную урожайность на уровне сорта-стандарта или выше имели сорта: Метеор, Гулливер, Антонина, Люкс, Ирбитский, Танай, Кемеровчанин, Гусар, Колобок, Златка.

Товарность изученных сортов находится в пределах 86-97%. Наибольший показатель ( $\geq 95\%$ ) отмечен у сортов: Регги, Самба, Великан и Фаворит. Большинство образцов имеют товарность более 90%.

Содержание крахмала в клубнях картофеля часто колеблется в зависимости от погодных условий, места произрастания и количества внесенных удобрений [11]. В изученных образцах в разные годы исследований этот показатель варьирует от 9,4 до 23%. Стабильно высокое значение данного признака (22,2-23,3%) отмечено у среднепозднего сорта Танго, это больше, чем у сорта-стандарта Накра (21,9-22,0%). Также сорта с повышенным содержанием крахмала выделены и в других группах спелости. Сорта Саровский, Антонина, Жигулевский имеют показатель выше 17%, что не совсем характерно для сортов ранней группы спелости. В среднеранней группе выделены сорта Памяти Рогачева (16,7-17,7%), Матушка (15,5-16,8%), Арлекин (14,1-17,6%), в среднеспелой – Югана (16,4-18,0%) и Василек (14,2-16,8%). Большинство изученных сортов имеют средний показатель по данному признаку. Наименьшее содержание крахмала было отмечено в 2018 г. у сортов Солнечный и Тулеевский (9,4%). Стабильность данного показателя колеблется в зависимости от сорта. Наименьшие его изменения, в зависимости от года выращивания,

отмечены у сортов Метеор, Жигулевский, Антонина, Кортни, Великан и Златка (разница по годам составила менее 1%). У большинства сортов разница составила 1-2,6%. Показатели сортов Арлекин, Бабушка, Гулливер, Кузнечанка отличались на 3,4-3,8%. Содержание крахмала у сортов Тулеевский и Солнечный сильно варьировало в зависимости от года, разница составила 4,8 и 7,3% соответственно.

Результаты оценки столовых качеств показали заметные различия по органолептическим характеристикам и вкусовым качествам клубней. Диапазон изменчивости составляет 5,1-8,6 балла, где 9 – отличный вкус. Сорта Жигулевский, Саровский, Вираз, Матушка, Арлекин, Василек, Кемеровчанин, Златка, Танго отличаются очень хорошим вкусом (не ниже 8 баллов). Остальные сорта характеризуются вкусом от удовлетворительного до хорошего. Все сорта имели не темнеющую мякоть после варки.

В целом можно отметить, что сорта, созданные в Кемеровском НИИСХ и Татарском НИИСХ, в условиях Северо-Западного региона имеют повышенную продуктивность и товарность более 90%. Сорта Уральского НИИСХ незначительно уступали по продуктивности, но имели привлекательный внешний вид, на клубнях отсутствовали дефекты. Сорта Сибирского НИИСХ и торфа имеют хорошие и отличные вкусовые качества.

**Выводы.** В результате трехлетнего изучения 35 новых сортов российской селекции, проведенного в Северо-Западном регионе РФ, выделены следующие сорта: с потенциальной урожайностью свыше 45 т/га: ранние – Метеор, Жигулевский, Антонина; среднеранние – Самба, Арлекин, Бабушка, Тулеевский, Кемеровчанин, Сафо; среднеспелые – Солнечный, Югана, Великан, Фаворит, Василек; среднепоздний – Танго. С содержанием крахмала свыше 18% – Танго, Саровский, Антонина, Югана. По вкусовым качествам вареного картофеля (> 8 баллов) – Жигулевский, Саровский, Вираз, Матушка, Арлекин, Василек, Кемеровчанин, Златка, Танго.

*Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-004 «Мобилизация, сохранение и раскрытие потенциала наследственной изменчивости вегетативно размножаемых культур и их диких родичей из коллекции ВИР».*

### Литература

1. [Электронный ресурс] URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/) (дата обращения: 19.12.2019).
2. Симаков Е.А., Митюшкин А.В., Митюшкин Ал-др В., Журавлев А.А. Современные требования к сортам картофеля различного целевого использования // Достижение науки и техники АПК. – 2016. – № 11. Т.30 – С. 45-48.
3. Сташевски З., Кузьмина О.А., Вологин С.Г. и др. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 43-48.
4. Киру С.Д., Симаков Е.А. Картофелеводство в России: состояние и перспективы развития: сборник научных трудов Отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук и искусств. – Вып. 7. – СПб: Изд-во «Северная Звезда», 2019. – С. 22-35.
5. Симаков Е.А. Анисимов Б.В. Совершенствование системы семеноводства – важнейший фактор повышения эффективности производства картофеля // Картофель и овощи. – 2009. – № 10. – С. 2-5.
6. Новикова Л.Ю., Киру С.Д., Рогозина Е.В. Проявление хозяйственно-ценных признаков у сортов картофеля (*Solanum L.*) при изменении климата на европейской территории России // Сельскохозяйственная биология. – 2017. –Т.52. № 1. – С. 75-83.
7. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Сост.: Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотева Н.М., Рогозина Е.В. и др. / ВИР – СПб., 2010. – 32 с.
8. Методические положения по проведению оценки сортов и гибридов картофеля на испытательных участках. – М.: ВНИИКХ, 2017. – 11с.

9. **Изучение технологических свойств картофеля:** методические указания; Сост. Шинкарев В.И./ ВНИИР им. Н.И. Вавилова (ВИР), 1988. – 134 с.
10. **Руденко А.И., Ковальчук Г.Н.** Размещение посевов и урожай картофеля в СССР в связи с климатическими условиями // Культурная Флора СССР. Т. IX, Картофель. – Л.: Колос, 1971. – С. 417- 429.
11. **Метлицкий Л.В.** Биохимия // Картофель. – М.: Колос, 1970. – С. 41-58.

#### Literatura

1. [Elektronnyj resurs] URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/\(data obrashcheniya: 19.12.2019\)](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/(data+obrashcheniya:19.12.2019)).
2. **Simakov E.A., Mityushkin A.V., Mityushkin Al-dr V., ZHuravlev A.A.** Sovremennye trebovaniya k sortam kartofelya razlichnogo celevogo ispol'zovaniya // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2016. – № 11. Т.30 – С. 45-48.
3. **Stashevski Z., Kuz'minova O.A., Vologin S.G. i dr.** Pervye rezultaty ekologo-geograficheskogo ispytaniya novyh rossijskih sortov kartofelya // Zemledelie. – 2019. – № 6. – С. 43-48.
4. **Kiru S.D., Simakov E.A.** Kartofelevodstvo v Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya: sbornik nauchnyh trudov Otdeleniya sel'skohozyajstvennyh nauk Petrovskoj akademii nauk i iskusstv. – Vyp. 7. – SPb: Izd-vo «Severnaya Zvezda», 2019. – С. 22-35.
5. **Simakov E.A. Anisimov B.V.** Sovershenstvovanie sistemy semenovodstva – vazhnejshij faktor povysheniya effektivnosti proizvodstva kartofelya // Kartofel' i ovoshchi. – 2009. – № 10. – С. 2-5.
6. **Novikova L.YU., Kiru S.D., Rogozina E.V.** Proyavlenie hozyajstvenno-cennyh priznakov u sortov kartofelya (Solanum L.) pri izmenenii klimata na evropejskoj territorii Rossii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2017. –Т.52. № 1. – С. 75-83.
7. **Metodicheskie ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoj kollekcii kartofelya.** Sost.: Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteeva N.M., Rogozina E.V. i dr. / VIR – SPb., 2010. – 32 s.
8. **Metodicheskie polozheniya po provedeniyu ocenki sortov i gibridov kartofelya na ispytatel'nyh uchastkah.** – М.: VNIKKH, 2017. – 11s.
9. **Izuchenie tekhnologicheskikh svojstv kartofelya:** metodicheskie ukazaniya; Sost. SHinkarev V.I./ VNIIR im. N.I. Vavilova (VIR), 1988. – 134 s.
10. **Rudenko A.I., Koval'chuk G.N.** Razmeshchenie posevov i urozhaj kartofelya v SSSR v svyazi s klimaticheskimi usloviyami // Kul'turnaya Flora SSSR. Т. IX, Kartofel'. – Л.: Kolos, 1971. – С. 417- 429.
11. **Metlickij L.V.** Biohimiya // Kartofel'. – М.: Kolos, 1970. – С. 41-58.

УДК 635.21:632.752.2(470.2)

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11050

Канд. с.-х. наук **А.Н. КОНОНЕНКО**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, kan1910@yandex.ru)  
Канд. биол. наук **М.Н. БЕРИМ**  
(ФГБНУ ВИЗР, berim\_m@mail.ru)  
Аспирант **Т.В. БЕНДИКАЙТЕ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, tvbendi94@yandex.ru)

### МОНИТОРИНГ ТЛЕЙ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МЕРИСТЕМНОГО КАРТОФЕЛЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Для России картофель – ценная продовольственная, кормовая, техническая и стратегическая культура [1]. Как сельскохозяйственная культура картофель очень популярен. Он получил заслуженную славу за то, что даёт с гектара столько же белковых веществ, сколько озимая рожь, в три раза больше крахмала, сахара и других углеводов. Так как картофель вегетативно размножаемая культура, он в большей степени, чем другие сельскохозяйственные культуры, подвержен вирусным и виroidным заболеваниям.

Мировые потери от них составляют 90 млн. тонн, урожайность снижается на 40-50%, а потери клубней при хранении могут достигать 15-20%. Потери урожая определяются видом возбудителя, штаммом, степенью устойчивости сорта, условиями выращивания картофеля и погоды. Легкие формы вирусных заболеваний снижают урожай в среднем на 10-20%, тяжелые на 70-85%, а в некоторых случаях до 100%.

Для получения высоких и стабильных урожаев очень важным является качество семенного материала, его низкое качество способно существенно снизить урожайность картофеля. Хочется отметить, что качество картофеля, используемого российскими хозяйствами на посадку, до сих пор довольно низкое. По статистике Минсельхоза РФ, из всего объема семенного материала (800-900 тыс. тонн) 33% составляет несортный материал. И только 14% сертифицируется в Россельхозцентре. Семенной рынок в стране остается «серым», что значительно влияет на объемы и качество собираемого урожая [2].

В настоящее время для увеличения получения семенного материала высокого качества наиболее перспективным направлением является сочетание современных биотехнологических методов клонального микроразмножения. Этот метод позволяет обеспечить гарантированное и надежное качество семенного материала [3].

Микроклональное размножение – это массовое бесполое размножение растений в культуре клеток и тканей, при котором возникающие формы растений генетически идентичны исходному экземпляру [4].

Основой производства оздоровленного исходного материала картофеля является получение растений – регенерантов из эксплантов апикальной меристемы, культивирование их на искусственных питательных средах, тестирование на вирусы и дальнейшее размножение методом микрочеренкования в культуре *in vitro*. Этот метод один из наиболее эффективных на данный момент, позволяющий в короткие сроки получить необходимое количество растений, свободных от инфекций [5].

Современные технологии *in vitro* дают возможность более эффективно организовать эту работу и позволяют:

- достичь высокого уровня мультипликации растительного материала;
- освободить от вирусных, бактериальных, грибных заболеваний;
- продолжительное время хранить растительный материал в асептических условиях;
- экономить площади под коллекциями растений и затраты труда для их поддержания [6].

Методы оздоровления картофеля от вирусных и других инфекций на основе культуры клеток и тканей, микроклонального размножения оздоровленных микрорастений и использование различных технологий массового получения безвирусных мини клубней в качестве исходного материала для оригинального, элитного и репродукционного семеноводства широко используются сегодня в нашей стране. Получение безвирусного семенного материала картофеля является одной из основных задач семеноводства.

Одним из главных факторов, ограничивающих получение высоких урожаев картофеля, в том числе семенного, являются вирусные болезни. Фитовирусы снижают продуктивность растений, вызывают их вырождение и создают реальную угрозу для семеноводства картофеля не только в России, но и мире в целом. Для основных регионов Российской Федерации, производящих семенной картофель, наиболее важными из них, получившими практически повсеместное распространение, являются 5: Y- вирус картофеля (YBK, Potato virus Y, PVY); S- вирус картофеля (SBK, Potato virus S, PVS); M- вирус картофеля (MBK, Potato virus M, PVM); X- вирус картофеля (XBK, Potato virus X, PVX); L- вирус (вирус скручивания листьев картофеля, ВСЛК, Potato leaf roll virus, PLRV). Меньшее значение по распространенности и степени вредоносности имеют А - вирус картофеля (ABK, Potato virus A, PVA); вирус аукуба мозаики картофеля (BAMK, Potato aucuba mosaic virus, PAMV); вирус метельчатости верхушки картофеля (BMBK, Potato mop top virus, PMTV);

вирус погремковости табака, «ратлл вирус» (ВПТ, Tobacco rattle virus, TRV); вирус черной кольцевой пятнистости томатов (ВЧКПТ, Tomato black ring virus, TBRV) [7-9].

Вирусные болезни могут распространяться контактно, почвенными грибами и свободно живущими нематодами, но перенос большинства вредоносных вирусов картофеля происходит с помощью тлей. Из 25 видов тлей, зарегистрированных как переносчики вирусов картофеля, наибольшее значение имеют персиковая (*Myzodes persicae* Sulz), бобовая (*Aphis fabae* Scopoli), большая картофельная (*Macrosiphum euphorbiae* Thom), обыкновенная картофельная (*Aulacorthum solani* Kalt), крушинная (*Aphis nasturtii* Kaltен.), крушинниковая (*Aphis frangulae* Kaltен.), бахчевая (*Aphis gossypii* Glov.) [10, 11].

Одним из этапов оригинального семеноводства является получение миниклубней от микрорастений в условиях *in vivo*. Для их производства во многих регионах Российской Федерации создают лаборатории микрклонального размножения, используют теплицы. На базе Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в 2012 г. была открыта лаборатория микрклонального размножения картофеля (сейчас лаборатория управления биотехнологическими системами в агробизнесе), главной задачей которой является совершенствование технологии микрклонального размножения картофеля для получения высококачественного семенного материала.

**Целью проведённых исследований** явилось изучение общей картины афидной нагрузки на территории учебно-опытного сада СПбГАУ, используемой для выращивания миниклубней, полученных лабораторией управления биотехнологическими системами в агробизнесе.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Миниклубни картофеля выращивали в двух плёночных теплицах (1 – сорт Ред Скарлет, 2 – сорт Чароит). Для наблюдений за появлением, динамикой численности и видовым составом тлей при выращивании миниклубней в теплицах учебно-опытного сада СПбГАУ применяли метод жёлтых чашек (сосудов Мёрике) [12, 13]. Данный метод даёт возможность определить активность лёта тлей и их видовой состав. Принцип метода заключается в установленной Мёрике способности некоторых видов тлей лететь на жёлтый цвет. Сосуды, заполненные водой, размещали между опытными теплицами (рис. 1), между теплицами и лесополосой и внутри теплиц, где выращивали миниклубни картофеля.



Рис.1. Внешний вид ловушки (сосуд Мёрике, СПбГАУ, 2019 г.)

Непосредственно в теплицах размещали по 2 ловушки – в начале и конце теплицы. Сбор насекомых проводили еженедельно утром, в одни и те же часы. Насекомых из каждой ловушки помещали во флаконы с 70% спиртом. Отловленный в ловушки энтомологический материал идентифицировался в лабораторных условиях ФГБНУ ВИЗР.

**Результаты исследований.** На картофеле питаются следующие виды тлей: бобовая *Aphis fabae* Scop., персиковая *Myzus persicae* Sulzer, большая картофельная *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, обыкновенная картофельная *Aulacorthum solani* Kalt., крушинная *Aphis nasturtii* Kalt., крушинниковая *Aphis frangulae* Kalt. Переносчиками вирусов из них являются персиковая, бобовая, крушинная, крушинниковая, большая картофельная, обыкновенная картофельная. Кроме того, вирусы на картофеле переносят за счет пробных уколов гороховая тля *Acyrtosiphon pisum* Harr., вишневая *Myzus cerasi* F., черемухово-злаковая *Rhopalosiphum padi* L., гелихризловая *Brachycaudus helichrysi* Kalt., хмелевая *Phorodon humuli* Schrk. Наиболее эффективными переносчиками являются персиковая и гороховая тли [14-16].

Число видов тлей, регистрируемых в мире в качестве переносчиков вирусов, ежегодно возрастает, а некоторые исследователи [17] считают, что любой вид тли может рассматриваться в качестве переносчика вирусной инфекции.

Учёты тлей на опытных участках и в теплицах были начаты 17 июня 2019 года (рис. 2).



Рис. 2. Сбор насекомых (учебно-опытный сад СПбГАУ, 2019 г.)

Первые особи фитофагов были обнаружены в ловушках 1 июля. Ловушки просматривали еженедельно до 26 августа (до обработки картофеля десикантом). Были выявлены и определены 13 видов тлей (таблица).

Большая часть тлей, попавших в ловушки, относится к видам *Rhopalosiphum padi* L. (31,0%) и *Rhopalosiphum insertum* Walk. (15,4%), остальные указанные виды были представлены единичными экземплярами.

Первыми (01.07.19) появились особи *Anoecia corni* F., *Aphis grossulariae* Kalt., *Aphis idaei* Van der Goot, *Cryptomyzus galeopsidis* Kalt. и *Rhopalosiphum padi* L.

В ловушках, размещённых внутри теплицы 1 (сорт Ред Скарлет), были обнаружены экземпляры *Cryptomyzus galeopsidis* Kalt. (01.07.19), *Capitophorus elaeagni* Guerc. и

*Brachycolus* spp. (15.07.19), *Rhopalosiphum padi* L. (29.07.19); внутри теплицы 2 (сорт Чароит) – только *Anoecia corni* F. (01.07.19).

Кроме того, что выявленные виды могут стать потенциальными переносчиками вирусов, некоторые из них могут переносить вирусы за счёт пробных уколов, например, *Rhopalosiphum padi* L.

Таблица. Видовой состав тлей, отловленных жёлтыми ловушками на территории, используемой для выращивания мини клубней (учебно-опытный сад СПбГАУ)

№	Вид тли	Пищевые связи
1.	<i>Anoecia corni</i> F.	Злаковые
2.	<i>Aphis grossulariae</i> Kalt.	Крыжовник, смородина
3.	<i>Aphis idaei</i> Van der Goot	Малина, реже ежевика
4.	<i>Brachycolus</i> spp.	Злаковые
5.	<i>Capitophorus elaeagni</i> Guerc.	Облепиха, мигрирует на гречишные, астровые и др.
6.	<i>Cavariella aegopodii</i> Scop.	Ива
7.	<i>Cryptomyzus galeopsidis</i> Kalt.	Смородина, мигрирует на пикульник и яснотку
8.	<i>Dysaphis devectora</i> Walk.	Яблоня
9.	<i>Hyalopterus pruni</i> Geoff.	Косточковые плодовые культуры, мигрирует на тростник
10.	<i>Hyperomyzus lactucae</i> L.	Смородина, крыжовник, мигрирует на осот и салат
11.	<i>Lipaphis erysimi</i> Kalt.	Сорные капустные
12.	<i>Rhopalosiphum insertum</i> Walk.	Полифаг: яблоня, рябина, боярышник, мигрирует на злаковые
13.	<i>Rhopalosiphum padi</i> L.	Черёмуха, мигрирует на злаковые

**Вывод.** Таким образом, всё вышеизложенное доказывает необходимость ежегодного мониторинга численности тлей при выращивании меристемного картофеля и своевременного проведения защитных мероприятий.

### Литература

1. Анисимов Б.В. Европейские технологии – российским картофелеводам // Картофель и овощи. – 2013. – № 6. – С. 31.
2. [Электронный ресурс] // Журнал Картофельная система – URL: <http://www.potatosystem.ru/avgust-2019-kratkij-obzor-situatsii-v-otrasli/> (дата обращения: 15.10.2019).
3. Потапкина А.В. Биотехнология в семеноводстве картофеля // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2002. – № 3. – С. 88-89.
4. Катаева Н.В., Бутенко Р.Г. Клональное микроразмножение растений. – М.: Наука, 1983. – 96 с.
5. Лапшинов Н.А., Куликова В.И., Ряцева Т.В. и др. Технология оздоровления и ускоренного размножения картофеля: методическое пособие / ФГБНУ «Кемеровский НИИСХ». – Кемерово, 2014. – 44с.
6. Плаксина Т.В., Пищева Г.В. Биотехнология в селекции, размножении и сохранении растений // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. – 2014. – № 12. – С. 22-30.
7. Фоминых Т.С., Медведева К.Д. Вирусные болезни картофеля на Северо-Западе России // Вестник защиты растений. – 2018. – № 4(98). – С. 40-44.

8. Сухорученко Г.И., Иванова Г.П., Волгарев С.А., Вилкова Н.А., Фасулати С.Р. и др. Система интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации. – СПб., 2016.
9. Анисимов Б.В. Фитосанитарные зоны и их роль в безвирусном семеноводстве картофеля // Защита и карантин растений. – 2014. – № 11. – С. 14-19.
10. Зейрук В.Н., Белякова Н.А., Белов Г.Л., Васильева С.В., Деревягина М.К. и др. Биологическая защита меристемного семенного картофеля от вредителей – переносчиков вирусов в закрытом грунте // Защита картофеля. – 2017. – № 4. – С.3 – 12.
11. Зейрук В.Н., Белякова Н.А., Белов Г.Л., Васильева С.В., Деревягина М.К. и др. Биологический метод защиты меристемного картофеля в закрытом грунте // Защита картофеля. – 2018. – № 2. – С.3-8.
12. Волгарёв С.А., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И., Берим М.Н. Проблемы мониторинга тлей – переносчиков вирусной инфекции при выращивании меристемного картофеля на примере Ленинградской области // Вестник защиты растений. – 2018. – № 4(98). – С.3 4-40.
13. Воловик А.С., Глѐз В.М., Замотаев А.И., Зейрук В.Н., Литун Б.П. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – С. 154-155.
14. Долженко Т.В., Долженко О.В. Экологичность применения новых инсектицидов на картофеле // Агро XXI. – 2013. – №4-6. – С.28-30.
15. Долженко О.В., Долженко Т.В., Тимон В.Г. Имидаклоприд для регуляции численности вредителей картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 31. – С.40-44.
16. Берим М.Н. Тли – вредители картофеля// Защита картофеля. – 2017. – № 1. – С.30-34.
17. Pelletier Y., Nie X., Giguere M-F. et al. A New Approach for the identification of Aphid Vectors (Hemiptera, Aphididae) of Potato Virus Y // Journal of Economic Entomology. - 2012. – Volume 105. – Issue 6. – P. 1909–1914.

#### Literatura

1. Anisimov B.V. Evropejskie tehnologii – rossijskim kartofelevodam// Kartofel` i ovoshhi. – 2013. – № 6. – S. 31.
2. [E`lektronny`j resurs] // Zhurnal Kartofel`naya sistema – URL: <http://www.potatosystem.ru/avgust-2019-kratkij-obzor-situatsii-v-otrasli/> (data obrashheniya: 15.10.2019).
3. Potapkina A.V. Biotekhnologiya v semenovodstve kartofelya // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2002. – № 3. – S. 88-89.
4. Kataeva N.V., Butenko R.G. Klonal`noe mikrorazmnozhenie rastenij. – М.: Nauka, 1983. – 96 s.
5. Lapshinov N.A., Kulikova V.I., Ryabceva T.V. i dr. Tekhnologiya ozdorovleniya i uskorenного razmnozheniya kartofelya: metodicheskoe posobie / FGBNU «Kemerovskij NIISX». – Kemerovo, 2014. – 44 s.
6. Plaksina T.V., Pishheva G.V. Biotekhnologiya v selekcii, razmnozhenii i soxranenii rastenij// Byulleten` Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN. – 2014. – № 12. – S.22-30.
7. Fominy`x T.S., Medvedeva K.D. Virusny`e bolezni kartofelya na Severo-Zapade Rossii // Vestnik zashhity` rastenij. – 2018. – № 4(98). – S.40-44.
8. Suxoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A., Vilkova N.A., Fasulati S.R. i dr. Sistema integrirovannoj zashhity` reprodukcionnogo semennogo kartofelya ot kompleksa vredny`x organizmov v Severo-Zapadnom regione Rossijskoj Federacii. – SPb., 2016.
9. Anisimov B.V. Fitosanitarny`e zony` i ix rol` v bezvirusnom semenovodstve kartofelya // Zashhita i karantin rastenij. – 2014. – № 11. – S. 14-19.
10. Zejruk V.N., Belyakova N.A., Belov G.L., Vasil`eva S.V., Derevyagina M.K. i dr. Biologicheskaya zashhita meristemnogo semennogo kartofelya ot vreditelej – perenoschikov virusov v zakry`tom grunte // Zashhita kartofelya. – 2017. – № 4. – S.3-12.
11. Zejruk V.N., Belyakova N.A., Belov G.L., Vasil`eva S.V., Derevyagina M.K. i dr. Biologicheskij metod zashhity` meristemnogo kartofelya v zakry`tom grunte // Zashhita kartofelya. – 2018. – № 2. – S.3-8.



12. **Volgaryov S.A., Ivanova G.P., Suxoruchenko G.I., Berim M.N.** Problemy` monitoringa tlej – perenoschikov virusnoj infekcii pri vy`rashhivanii meristemnogo kartofelya na primere Leningradskoj oblasti // Vestnik zashhity` rastenij. – 2018. – № 4(98). – S.34-40.
13. **Volovik A.S., Glyoz V.M., Zamotaev A.I., Zejruk V.N., Litun B.P.** Zashhita kartofelya ot boleznej, vreditelej i sornyakov. – M.: VO Agropromizdat, 1989. – S.154-155.
14. **Dolzhenko T.V., Dolzhenko O.V.** E`kologichnost` primeneniya novy`x insekticidov na kartofele // Agro XXI. – 2013. – №4-6. – S.28-30.
15. **Dolzhenko O.V., Dolzhenko T.V., Timon V.G.** Imidaklopid dlya regulyacii chislenosti vreditelej kartofelya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 31. – S.40-44.
16. **Berim M.N.** Tli – vrediteli kartofelya// Zashhita kartofelya. – 2017. – № 1. – S.30-34.
17. **Pelletier Y., Nie X., Giguere M-F. et al.** A New Approach for the identification of Aphid Vectors (Hemiptera, Aphididae) of Potato Virus Y // Journal of Economic Entomology. – 2012. – Volume 105. – Issue 6. – P. 1909–1914.

УДК 62.934:631.544:635.64:632 751.1

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11056

Аспирант **О.С. БАЛАКИРЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, e-mail: 729040@list.ru)  
Академик РАН, доктор с.-х. наук **В.И. ДОЛЖЕНКО**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ФГБНУ ВИЗР, e-mail: vid@iczr.ru)  
Канд. с.-х. наук **Г.П. ИВАНОВА**  
(ФГБНУ ВИЗР, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru)

### **БИОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ТОМАТА И ОГУРЦА ОТ ТЕПЛИЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *TRIALEURODES VAPORARIORUM* WESTW. (НОМОПТЕРА: ALEYRODIDAE)**

В тепличных культивационных сооружениях разного типа создаются благоприятные условия для развития не только теплолюбивых культур, но и большого числа фитофагов. Основное место среди них занимают сосущие полифаги: клещи – обыкновенный паутинный *Tetranychus urticae* Koch., красный тепличный *T. cinnabarinus* Boisd.; тли – бахчевая *Aphis gossypii* Glov, персиковая *Myzus persicae* Sulz., обыкновенная *Aulacorthum solany* Kalt. и большая картофельная *Macrosiphum euphorbiae* Thom.; трипсы – табачный *Thrips tabaci* Lind., западный цветочный *Frankliniella occidentalis* Perg.; тепличная (оранжерейная) белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westw. [1]. Для всех этих поливольтинных видов характерно формирование резистентных популяций к наиболее интенсивно используемым инсектоакарицидам, что требует постоянного обновления ассортимента средств защиты для полноценного формирования антирезистентных программ. В связи с этим большое значение имеет увеличение доли микробиологических средств среди применяемых препаратов, отличающихся от химических пестицидов механизмом токсического действия [2, 3]. Кроме того, необходимость постоянного совершенствования ассортимента применяемых препаратов, их форм, а также технологий применения определяется все возрастающими требованиями к качеству тепличной продукции и безопасности средств защиты растений для здоровья человека и полезных организмов [4, 5].

Тепличная белокрылка относится к числу наиболее сложных объектов в силу особенностей цикла развития, для которого характерна высокая миграционная активность, интенсивная откладка яиц и пупарии с низкой чувствительностью к инсектицидам, что способствует выживанию вредителя. Имаго очень подвижны и взлетают при малейшем прикосновении к растениям, что способствует их расселению по теплице. Помимо этого, вредоносность насекомого связана не только с ослаблением растений при высасывании клеточного сока, но и со снижением ассимиляционной способности листьев из-за развития

на сахаристых выделениях белокрылки «сажистого» гриба *Cladosporium sphaerosporium* Panzing [6].

В настоящее время ассортимент инсектицидов против тепличной белокрылки на овощных тепличных культурах представлен 7 химическими препаратами на основе 5 действующих веществ (пирипроксифен, бупрофрезин, имидаклоприд, ацетамиприд, бифентрин) и одного микробиологического инсектицида на основе *Lecanicillium lecanii*, шт. В-80, СП (титр не менее  $10^6$  КОЕ/г спор) производства ООО «ПО Сиббиофарм» с нормой применения 7-10 кг/га [7,8]. Поэтому появление двух микробиологических препаратов серии Энтомит (Энтомит БТ, П и Энтомит БВ, Ж) производства ООО «Органик парк» имеет большое значение для пополнения ассортимента микробиологических средств и совершенствования систем защиты растений для тепличных культур.

В 2018 г. в теплицах СПК ПЗ «Детскосельский» (Ленинградская область) проведено изучение этих препаратов в борьбе с тепличной белокрылкой на культурах огурца и томата. Проведенные испытания позволили сравнить результаты исследования на двух основных тепличных культурах в Северо-Западном регионе, повреждаемых этим фитофагом. Препараты созданы на основе грамположительной, спорообразующей бактерии *Bacillus thuringiensis* и энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*. Инсектицидные свойства этих микроорганизмов известны давно, и эти организмы широко используются в мире в качестве продуцентов биопрепаратов [9, 10, 11].

**Цель исследования** – оценить биологическую эффективность микробиологических инсектицидов Энтомит БВ, Ж и Энтомит БТ, П на вредящие фазы развития тепличной белокрылки (имаго и личинки) на культурах томата и огурца в условиях пленочных теплиц.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалами исследования являлись микробиологические препараты серии Энтомит (Энтомит БТ, П и Энтомит БВ, Ж) ООО «Органик парк».

Энтомит БТ, П (препарат в форме растворимого порошка) содержит бета-эндотоксин и жизнеспособные споры бактерии *Bacillus thuringiensis ssp.toumanoffi* шт. 25 с титром  $1 \times 10^{10}$  КОЕ/г.

Энтомит БВ, Ж (форма препарата – жидкость) – конидии, бластоспоры, фрагменты мицелия и метаболиты энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* шт. ОРВ-43 с титром  $1 \times 10^8$  КОЕ/мл.

Опыты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве» [12]. Согласно методике испытаний опыт был заложен в 4 повторностях по 15 растений в каждой. Биологическую эффективность биопрепаратов оценивали после однократной обработки. Растения опрыскивали ранцевым опрыскивателем «Solo 456», расход рабочей жидкости – 3000 л/га.

Численность вредителя учитывали на листьях растений до обработки и на 3, 7, 14-е сутки после неё. При этом анализировали влияние препаратов как на отдельные фазы развития насекомого, так и общую тенденцию изменения его численности. Показателем биологической эффективности препарата являлось снижение общей численности вредителя относительно исходной с поправкой на контроль, рассчитанный по формуле Хендерсона–Тилтона.

На обеих культурах изучали следующие нормы применения препаратов: Энтомит БТ, П – 2,0 кг/га и 2,5 кг/га, Энтомит БВ, Ж – 3,0 л/га. В качестве эталона был использован инсектицид из класса неоникотиноидов Имидор, ВРК (200 г/л имидаклоприда) в норме применения 1,5 л/га, зарегистрированный в Каталоге разрешенных к применению пестицидов на томате и огурце. Растения в контроле не обрабатывали, и при закладке опыта контрольные делянки располагали на участках с меньшей численностью вредителя, чтобы иметь возможность проследить за его развитием весь период наблюдений. Для математической обработки данных использовали пакет прикладных программ STATISTICA.

Объектом исследований служила тепличная популяция белокрылки *T. vaporariorum*, выявленная в пленочных теплицах хозяйства на томате сорта Полбик и огурце сорта Артист.

**Результаты исследований.** При проведении исследований отмечалось позднее заселение растений тепличной белокрылкой (первая декада августа) и низкая интенсивность ее развития (численность вредителя в период закладки опыта составляла в среднем 30% порогового уровня). По всей вероятности, это объясняется проведением комплекса защитных мероприятий против вредителей, включая белокрылку, а также отсутствием оптимальных условий для ее развития в пленочных теплицах (температура воздуха 18–20°C, относительная влажность 73–82%).

Проведенные учеты показали, что на 3-е сутки после обработки на томате в вариантах с применением микробиологических препаратов численность имаго и личинок практически не изменилась, в то время как в контроле было отмечено двукратное ее увеличение (табл. 1). Однако различия в их эффективности проявились на 7-е и 14-е сутки учетов. В этот период Энтомит БТ П в норме применения 2,5 кг/га и Энтомит БВ, Ж в норме применения 2,0 кг/га снижали количество как имаго, так и личинок относительно контроля примерно в 3 раза. В эталонном варианте в течение 7 суток учетов наблюдалось снижение численности имаго с 3,2 до 1,0 особи/лист при дальнейшем нарастании их численности к 14 суткам. В отношении личинок препарат был менее эффективен. В контрольном варианте отмечалось постепенное увеличение численности как имаго, так и личинок к 14 суткам, достигая, практически, пороговых значений – 29,6 особей/лист.

Таблица 1. Влияние биопрепаратов Энтомит БТ и Энтомит БВ на численность тепличной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* на томате (пленочные теплицы, Ленинградская область, 2018 г.)

Вариант опыта	Норма применения препарата	Среднее количество особей вредителя на 1 лист по суткам учётов							
		имаго				личинки			
		до обработки	после обработки			до обработки	после обработки		
		3	7	14		3	7	14	
Энтомит БТ, П	2,0 кг/га	3,5 ±0,5	4,2 ±0,5	4,5 ±0,5	5,1 ±0,4	2,8 ±0,5	3,5 ±0,7	3,9 ±0,7	4,6 ±0,5
Энтомит БТ, П	2,5 кг/га	4,8 ±0,6	4,1 ±0,4	3,7 ±0,3	4,0 ±0,3	2,6 ±0,3	2,2 ±0,4	2,4 ±0,3	2,9 ±0,3
Энтомит БВ, Ж	3,0 л/га	3,3 ±0,2	3,9 ±0,2	2,6 ±0,3	4,0 ±0,5	2,9 ±0,5	3,7 ±0,5	2,7 ±0,4	4,4 ±0,5
Имидор, ВРК (200 г/л) /эталон/	1,5 л/га	3,2 ±0,3	1,0 ±0,4	2,2 ±0,2	5,9 ±0,6	2,9 ±0,3	2,2 ±0,3	3,4 ±0,3	5,9 ±0,5
Контроль	-	2,1 ±0,2	4,4 ±0,6	8,4 ±0,8	15,7 ±1,3	1,6 ±0,2	3,6 ±0,4	7,1 ±0,6	13,9 ±1,9

Анализ показателей биологической эффективности изучаемых биопрепаратов свидетельствует о том, что при их однократном применении на протяжении 14 суток сдерживается интенсивность развития вредителя ниже порогового уровня. При этом во все сроки учетов статистически достоверно снижалась его численность при обработке растений Энтомитом БТ, П в норме применения 2,5 кг/га и Энтомитом БВ, Ж в норме 2,0 кг/га, в сравнении с Энтомитом БТ, П 2,0 кг/га (табл. 2).

Эталонный препарат, благодаря более выраженному начальному токсическому действию на имаго, по показателям биологической эффективности превосходил оба микробиологических препарата только на 3-е сутки учетов. В этот период снижение численности вредителя составило 77,4%, в то время как при применении Энтомита БТ, П в

норме 2,5 кг/га – 63,6% (табл. 2). В последующие сроки учетов был получен практически равноценный токсический эффект всех изучаемых препаратов.

Таблица 2. Биологическая эффективность инсектицидов Энтомит БТ, П и Энтомит БВ, Ж в борьбе с тепличной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum* на томате (плёночные теплицы, Ленинградская область, 2018 г.)

Вариант опыта	Норма применения препарата	Среднее количество имаго и личинок на 1 лист				Снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль по суткам учетов после обработки, %		
		до обработки	по суткам учетов после обработки			3	7	14
			3	7	14			
Энтомит БТ, П	2,0 кг/га	6,2	7,7	8,6	9,7	46,3	66,7	79,9
Энтомит БТ, П	2,5 кг/га	7,6	6,4	6,1	6,9	63,6	80,0	88,5
Энтомит БВ, Ж	3,0 л/га	6,1	7,6	5,3	8,4	46,5	79,2	82,5
Имидор, ВРК (200 г/л)/эталон/	1,5 л/га	6,1	3,2	5,5	11,8	77,4	74,9	75,2
Контроль	-	3,75	8,0	15,5	29,6	-	-	-
НСР <sub>05</sub>	-	-	-	-	-	4,81	2,57	5,4

В опытах на огурце ситуация с заселением растений тепличной белокрылкой и интенсивностью ее развития не отличалась от томата. Средняя численность как имаго, так и личинок в вариантах применения микробиологических препаратов в период учетов колебалась незначительно, но практически не увеличиваясь, в то время как в контроле она постепенно нарастала (табл. 3).

Таблица 3. Влияние биопрепаратов Энтомит БТ и Энтомит БВ на численность тепличной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* на огурце (плёночные теплицы, Ленинградская область, 2018 г.)

Вариант опыта	Норма применения препарата	Среднее количество особей вредителя на 1 лист по суткам учётов							
		до обработки	имаго			до обработки	личинки		
			после обработки				после обработки		
			3	7	14		3	7	14
Энтомит БТ, П	2,0 кг/га	3,3 ±0,3	3,8 ±0,4	4,5 ±0,3	5,8 ±0,3	2,6 ±0,3	3,0 ±0,3	3,6 ±0,3	4,3 ±0,3
Энтомит БТ, П	2,5 кг/га	4,6 ±0,4	4,1 ±0,5	4,1 ±0,4	3,8 ±0,2	4,1 ±0,9	3,5 ±0,8	3,1 ±0,7	3,3 ±0,7
Энтомит БВ, Ж	3,0 л/га	4,2 ±0,4	3,0 ±0,2	2,2 ±0,2	2,5 ±0,5	3,7 ±0,7	3,9 ±0,5	3,3 ±0,5	4,1 ±0,5
Имидор, ВРК (200 г/л)/эталон/	1,5 л/га	2,9 ±0,2	1,9 ±0,2	1,3 ±0,1	2,8 ±0,3	3,2 ±0,2	3,9 ±0,3	5,7 ±0,3	7,5 ±0,5
Контроль	-	2,0 ±0,6	4,1 ±0,6	5,5 ±0,6	7,3 ±0,6	2,2 ±0,3	5,8 ±0,5	8,6 ±0,4	17,9 ±0,8

Так, на растениях, обработанных Энтомитом БТ, П в норме 2,5 кг/га и Энтомитом БВ, Ж в норме 3,0 л/га, наблюдалось достаточно устойчивое снижение количества имаго на лист: 4,6-4,1-4,1-3,8 особей и 4,2-3,0-2,2-2,5 особей соответственно. При меньшей норме применения Энтомита БТ, П (2,0 кг/га) количество имаго постепенно увеличивалось, но

значительно ниже, чем в контроле (табл. 3). В эталонном варианте на 3-и и 7-е сутки количество имаго снижалось, после чего наблюдалось его нарастание к 14 суткам после обработки.

Анализ показателей биологической эффективности изучаемых биопрепаратов на культуре огурца свидетельствует, что их применение было также достаточно эффективно, как и на томате, и на протяжении 14 суток сдерживало интенсивность развития тепличной белокрылки (табл. 4).

Таблица 4. Биологическая эффективность инсектицидов Энтомит БТ, П и Энтомит БВ, Ж в борьбе с тепличной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum* на огурце (плёночные теплицы, Ленинградская область, 2018 г.)

Вариант опыта	Норма применения препарата	Среднее количество имаго и личинок на 1 лист				Снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль по суткам учетов после обработки, %		
		до обработки	по суткам учетов после обработки			3	7	14
			3	7	14			
Энтомит БТ, П	2,0 кг/га	5,8	6,7	8,0	10,1	51,3	58,9	70,7
Энтомит БТ, П	2,5 кг/га	8,7	7,6	7,2	7,1	63,4	75,4	86,4
Энтомит БВ, Ж	3,0 л/га	7,9	6,8	5,5	6,1	63,1	79,1	87,1
Имидор, ВРК (200 г/л), эталон	1,5 л/га	6,1	5,8	7,0	10,3	60,2	66,0	71,7
Контроль	-	4,2	9,9	14,1	25,2	-	-	--
НСР <sub>05</sub>	-	-	-	-	-	5,05	4,09	4,28

При этом во все сроки учетов более активно снижалась численность фитофага при применении Энтомита БТ, П в норме применения 2,5 кг/га и Энтомита БВ, Ж 3,0 л/га. Снижение численности в первом случае составило по срокам учетов 63,4 – 75,4 – 86,4%, а во втором: 63,1 – 79,1 – 87,1%. Показатели эффективности Энтомита БТ, П при более низкой норме (2,0 кг/га) статистически достоверно были ниже – 51,3 – 58,9 – 70,7% (табл. 4). Эталонный препарат Имидор, ВРК (200 г/л), несмотря на более выраженное начальное токсическое действие на имаго, на огурце по показателям биологической эффективности в отношении обеих фаз развития был на уровне микробиологических препаратов (60,2 – 66,0 – 71,7%).

Сравнительный анализ материалов, полученных при оценке токсического действия микробиологических препаратов Энтомит БТ, П (2,5 кг/га) и Энтомит БВ, Ж (3,0 л/га) на тепличную белокрылку, показывает, что они одинаково снижали численность ее вредящих фаз, практически не уступая эталону Имидор, ВРК как на томате, так и на огурце в пленочных теплицах при однократной обработке. Следует отметить при этом, что жидкая форма Энтомита БВ при опрыскивании растений была удобней для работы, чем растворимый порошок Энтомита БТ.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено, что микробиологические препараты серии Энтомит на фоне умеренного развития тепличной белокрылки могут сдерживать развитие фитофага на протяжении 14 суток ниже порогового уровня на томате и огурце при однократной обработке в плёночных теплицах. Наиболее высокие результаты биологической эффективности были получены при использовании Энтомита БТ, П в норме применения 2,5 кг/га и Энтомита БВ, Ж 3,0 л/га. Более удобной для работы была жидкая форма этого препарата.

Таким образом, микробиологические препараты Энтомит БТ, П и Энтомит БВ, Ж представляют практический интерес для дальнейшего изучения с целью расширения ассортимента биологических средств борьбы с тепличной белокрылкой на овощных культурах защищённого грунта.

### Литература

1. **Павлюшин В.А., Долженко В.И.** Технология управления численностью вредных организмов овощных культур тепличных агроценозов на основе интеграции методов и средств защиты растений: методические указания. – М., 2011. – 204 с.
2. **Новоживлов К.В.** Технологии и методы оценки побочных эффектов от пестицидов (на примере преодоления резистентности вредителей культур защищенного грунта к пестицидам). – СПб, 2008. – 66 с.
3. **Агасьева И.С., Исмаилов В.Я., Нефёдова М.В., Листопадова Е.С., Федоренко Е.В., Кувика Т.О.** Изучение совместимости биоинсектицидов и энтомофагов //Биологическая защита растений – основа стабилизации агросистем: сборник материалов конференции. – Краснодар, 2016. – С.194.
4. **Белякова Н.А., Павлюшин В.А.** Концепция развития биологической защиты растений // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: материалы III Всероссийского съезда по защите растений. – Т. II. – СПб, 2013. – С.7-10.
5. **Долженко В.И., Буркова Л.А.** Оптимизация ассортимента инсектицидов и акарицидов // Химический метод защиты растений. Состояние и перспектива повышения экологической безопасности: сборник трудов конференции. – СПб., 2004. – 88 с.
6. **Яркулов Ф.Я.** Методы учёта и биологическое подавление тепличной белокрылки в защищённом грунте // Дальневосточный аграрный вестник. – 2011. – № 1(17). – С. 16-21.
7. **Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов**, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (2018). – Часть I. Инсектициды и акарициды. – М.: Минсельхоз РФ, 2018. – С. 9–160.
9. **Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов**, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (2019). – Часть I. Инсектициды и акарициды. – М.: Минсельхоз РФ, 2019. – С. 9–143.
10. **Ownley B. H. et al.** Beauveria bassiana: endophytic colonization and plant disease control //Journal of invertebrate pathology. – 2008. – Т. 98. – №. 3. – P. 267-270.
11. **Zimmermann G.** Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii //Biocontrol Science and Technology. – 2007. – Т. 17. – №. 6. – P. 553-596.
12. **Aronson A. I., Beckman W., Dunn P.** Bacillus thuringiensis and related insect pathogens //Microbiological reviews. – 1986. – Т. 50. – №. 1. – P. 1.
13. **Иванова Г.П., Волгина Л.И.** Тепличная белокрылка: методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2009. – С. 188-190.

### Literatura

1. **Pavlyushin V.A., Dolzhenko V.I.** Tekhnologiya upravleniya chislennost'yu vrednyh organizmov ovoshchnyh kul'tur teplichnyh agrocenozov na osnove integracii metodov i sredstv zashchity rastenij: metodicheskie ukazaniya. – М., 2011. – 204 с.
2. **Novozhivlov K.V.** Tekhnologii i metody ocenki pobochnyh effektov ot pesticidov (na primere preodoleniya rezistentnosti vreditel'ej kul'tur zashchishchennogo grunta k pesticidam). – SPb, 2008. – 66 s.
3. **Agas'eva I.S., Ismailov V.YA., Nefyodova M.V., Listopadova E.S., Fedorenko E.V., Kuvika T.O.** Izuchenie sovместimosti bioinsekticidov i entomofagov //Biologicheskaya zashchita rastenij – osnova stabilizacii agrosistem: sbornik materialov konferencii. – Krasnodar, 2016. – S.194.
4. **Belyakova N.A., Pavlyushin V.A.** Konceptiya razvitiya biologicheskoy zashchity rastenij // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: материалы III Всероссийского съезда по защите растений. – Т. II. – СПб, 2013. – С.7-10.
5. **Dolzhenko V.I., Burkova L.A.** Optimizaciya assortimenta insekticidov i akaricidov // Himicheskij metod zashchity rastenij. Sostoyanie i perspektiva povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti: sbornik trudov konferencii. – SPb., 2004. – 88 с.
6. **Yarkulov F.YA.** Metody uchyota i biologicheskoe podavlenie teplichnoj belokrylki v zashchishchyonnom grunte // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – 2011. – № 1(17). – S. 16-21.

7. **Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimikatov**, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii (2018). – CHast' I. Insekticidy i akaricidy. – M.: Minsel'hoz RF, 2018. – С. 9–160.
8. **Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimikatov**, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii (2019). – CHast' I. Insekticidy i akaricidy. – M.: Minsel'hoz RF, 2019. – С. 9–143.
9. **Ownley B. H. et al.** Beauveria bassiana: endophytic colonization and plant disease control //Journal of invertebrate pathology. – 2008. – Т. 98. – №. 3. – R. 267-270.
10. **Zimmermann G.** Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii //Biocontrol Science and Technology. – 2007. – Т. 17. – №. 6. – R. 553-596.
11. **Aronson A. I., Beckman W., Dunn P.** Bacillus thuringiensis and related insect pathogens //Microbiological reviews. – 1986. – Т. 50. – №. 1. – R. 1.
12. **Ivanova G.P., Volgina L.I.** Teplichnaya belokrylka: metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam insekticidov, akaricidov, mollyuskocidov i rodentocidov v sel'skom hozyajstve. – SPb., 2009. – S. 188-190.

УДК 633.511.631.445.9.559

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11062

Канд. биол. наук **Ф.Н. ПИРАХУНОВА**  
(ТашФарМИ, Farida.piroxunova@mail.ru)  
Канд. биол. наук **А.А. АБЗАЛОВ**  
(ТашФарМИ, akmal.38@yandex.ru)  
Ассистент **Я.А. РАХИМОВА**  
(ТашФарМИ, yaqitjonrahimova@gmail.com)

## ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА И ОПАДЕНИЯ ПЛОДОЭЛЕМЕНТОВ ХЛОПЧАТНИКА

Известно, что в настоящее время актуальность проблемы повышения урожайности хлопчатника возросла еще больше в связи с ограничением возможностей расширения посевной площадей, главным образом, из-за нехватки водных ресурсов, имеющих особое значение для зон орошаемого земледелия [1].

Следовательно, задача увеличения производства хлопка-сырца может решаться в основном за счет повышения урожайности хлопчатника путем химизации, селекции и семеноводства. В связи с этим предстоит решить ряд научно-производственных проблем, направленных на дальнейшее увеличение производства хлопка-сырца. К числу таких проблем, с нашей точки зрения, следует отнести изучение физиолого-биохимических процессов плодообразования и опадения плодоорганов у хлопчатника и разработку методов управления этими процессами. По своей биологической природе хлопчатник относится к обильно плодоносящим культурам. Однако реальная возможность формирования плодоорганов хлопчатника в сильной степени зависит от комплекса внутренних и внешних факторов. В связи с этим для исследования были использованы сорта хлопчатника, характеризующиеся разной степенью засухоустойчивости и скороспелости. Было проведено исследование закономерности плодообразования и опадения плодоорганов сортов хлопчатника Бухара-102, Наманган-34 и Омад, произрастающих в экологически различающихся зонах Узбекистана. Сорт Наманган-34 возделывается в наиболее благоприятной предгорной влажной зоне.

Роль фотосинтеза в жизнедеятельности растений огромна, так как процесс фотосинтеза является источником накопления в растениях органических веществ, а это накопление определяет урожай. Одно из примечательных с биологической точки зрения проявлений этого процесса – его динамичность, зависящая от условий минерального питания, освещенности и других факторов.

Относительно низкая фотосинтетическая способность листа хлопчатника – одна из основных причин отсутствия эффекта при внесении под хлопчатник высоких норм азотных удобрений. Например, показано, что спектр действия восстановления нитратов совпадает со спектром поглощения хлорофилла. Ассимиляция  $\text{NO}_3$  усиливается также с увеличением освещения. Все это указывает, что восстановление нитратов на свету связано с поглощением света хлорофиллом и фотосинтетическими функциями листьев, хотя механизм сопряжения этих двух биологических процессов остается еще не расшифрованным.

Исследования по изучению действия микроэлементов цинка и марганца на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы при предпосевной обработке семян, внекорневой подкормке в конце второй фазы органогенеза, при обработке семян плюс внекорневой подкормке опытной культуры показывают, что под влиянием микроэлементов энергия прорастания увеличивается на 3,66–5,11%, лабораторная всхожесть – на 1,83–3,04% [2, 3, 4]. Применение микроэлементов-синергистов повышает продуктивность фотосинтеза на 6,5–8,6%, при этом наибольшая продуктивность наблюдается в фазу выхода в трубку – колошение. При применении микроэлементов количество продуктивных стеблей увеличилось на 1,8–6,3%, количество зёрен в колосе – на 2–6%, масса зерна с одного колоса – на 8,6–12,5%, масса 1000 зёрен – на 3,8–5%. Урожайность на опытных вариантах увеличилась на 0,23–0,87 т/га при урожайности на контроле 3,54 т/га [2]. Включение таких микроэлементов, как йод, селен, хром и другие в ассортимент микроудобрений, позволит решить важнейшую агроэкологическую проблему – получение пищевых продуктов и кормов, сбалансированных по элементному составу.

Исследователи утверждают, что в современных условиях, с учетом рыночных отношений, наиболее эффективным является введение и освоение севооборотов с концентрацией посевов многих культур на крупных по площади земельных массивах. Это дает возможность применения прогрессивных технологий возделываемых культур при поточно-групповом использовании техники [5, 6, 7].

Актуальность изучения применения микроэлементов на черноземных почвах Омской области определяется частым дефицитом в этих почвах содержания ряда доступных микроэлементов для растений и эффективностью внесения данных удобрений при выращивании различных культур в условиях региона [8]. Внесение цинка по-разному влияло на биосинтез сухого вещества в корнеплодах к периоду уборки. В среднем за четыре года исследований в варианте Zn 41,4 и Zn 47,8 отмечена тенденция к повышению содержания сухого вещества в корнеплодах столовой свеклы по сравнению с фоном (+3,0 и +9,4% соответственно), а при внесении Zn 82,8 и Zn 166 отмечено снижение биосинтеза сухого вещества в среднем на 7,8 и 5,6% соответственно.

Следует отметить, что один и тот же элемент может оказывать различное действие на образование сахаров. Среди микроэлементов, влияющих на сахаронакопление, в литературе наиболее часто отмечают цинк и марганец, положительное действие которых связано с участием в ферментативных реакциях углеводного обмена в качестве кофермента [9, 10, 11].

**Цель исследования** – изучить формирование фотосинтетического аппарата хлопчатника в зависимости от обеспеченности его такими координационными соединениями микроэлементов, как бор и медь.

**Материалы, методы и объекты исследований.** На учебной сельскохозяйственной опытной станции Ташкентского государственного аграрного университета для проведения физиологических анализов закладывали как вегетационные, так и полевые опыты по методике М.А. Белоусова (1983). В этих мелкоделяночных опытах изучали роль различных доз минеральных удобрений и таких микроэлементов, как медь и бор. Повторность вегетационных опытов десятикратная, а полевых опытов – четырёхкратная. Длина делянки 24 м, а ширина 20 м. В делянке 8 рядков, из них 4 учетных и 4 неучетных. Повторность опыта – четырёхкратная. Схема размещения растений опыта 60X7-8X1, что соответствует 110-120 тыс. растений/га. При набивки вегетационных сосудов Вагнера использовали почву



– типичный серозем давнего орошения среднесуглинистого механического состава с высоким содержанием крупной пыли – 40-60%; илстые фракции почвы составляют 25-30% и находятся в агрегированном виде. Содержание гумуса и валового азота в пахотном и подпахотном горизонтах (0-30, 30-50 см) составило, соответственно, 1,01 и 0,71; 0,72 и 0,09, а содержание валового фосфора – 0,12 и 0,08, валового калия в пределах 1,70–1,71 и 1,10% к сухой почве. Содержание аммиачного азота в почве в ничтожных количествах – 1,1-2,3 мг/кг почвы, нитратов – 17-18 мг/кг в пахотном и 11,0-12,5 мг/кг – в подпахотном горизонтах. Обменный калий в почве находился на уровне 160-165 мг/кг в пахотном и 110-115 мг/кг – в подпахотном горизонте. Масса почвы в каждом вегетационном сосуде составляла 25 кг.

В листьях следующих сортов хлопчатника: Наманган-34, Бухара-102 и Омад изучали содержание хлорофиллов и интенсивность фотосинтеза, а их повторность четырёхкратная. Содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрическим методом, а интенсивность фотосинтеза – в аппарате Варбурга при температуре воды в ванне 24°C. Ниже приведены схемы как вегетационных, так и полевых опытов:

*Вегетационные опыты*

1. Контроль (без удобрений).
2. N<sub>3</sub> P<sub>2</sub> K<sub>1,5</sub>.
3. N<sub>6</sub> P<sub>4</sub> K<sub>3</sub>.
4. N<sub>9</sub> P<sub>6</sub> K<sub>4,5</sub>.
5. N<sub>3</sub> P<sub>2</sub> K<sub>1,5</sub> + 100 мг Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
6. N<sub>6</sub> P<sub>4</sub> K<sub>3</sub> + 100 мг Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
7. N<sub>9</sub> P<sub>6</sub> K<sub>4,5</sub> + 100 мг Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
8. N<sub>3</sub> P<sub>2</sub> K<sub>1,5</sub> + 100 мг H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.
9. N<sub>6</sub> P<sub>4</sub> K<sub>3</sub> + 100 мг H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.
10. N<sub>9</sub> P<sub>6</sub> K<sub>4,5</sub> + 100 мг H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

*Полевые опыты*

1. Контроль (без удобрений).
2. N<sub>200</sub> P<sub>120</sub> K<sub>60</sub>.
3. N<sub>300</sub> P<sub>180</sub> K<sub>90</sub>.
4. N<sub>400</sub> P<sub>240</sub> K<sub>120</sub>.
5. N<sub>200</sub> P<sub>120</sub> K<sub>60</sub> + 0,7 кг Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
6. N<sub>300</sub> P<sub>180</sub> K<sub>90</sub> + 0,7 кг Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
7. N<sub>400</sub> P<sub>240</sub> K<sub>120</sub> + 0,7 кг Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
8. N<sub>200</sub> P<sub>120</sub> K<sub>60</sub> + 0,7 кг H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.
9. N<sub>300</sub> P<sub>180</sub> K<sub>90</sub> + 0,7 кг H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.
10. N<sub>400</sub> P<sub>240</sub> K<sub>120</sub> + 0,7 кг H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных была проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессивного анализов по В.А. Доспехову (1985); в среднем за годы опытов по методу, опубликованному в работах А.Н. Афанасьева (2002; 2004 гг.), используя пакеты статистических программ «STAT» «AGROS» (Версия 2-07).

**Результаты исследований.** По результатам вегетационных опытов в фазу двух-трех настоящих листьев и бутонизацию интенсивность фотосинтеза при одних и тех же дозах минеральных удобрений более высокая у сортов Бухара-102 и Наманган -34, чем у сорта Омад. В фазу цветения фотосинтетическая активность листьев у сорта Омад и Бухара-102 повышается, а у сорта Наманган -34 снижается. В начале созревания первых коробочек во всех вариантах наблюдается снижение интенсивности фотосинтеза, независимо от норм минеральных удобрений; микроэлементы медь и бор повышали интенсивность фотосинтеза у всех изучаемых сортов. Данные, полученные нами по интенсивности фотосинтеза листьев различных сортов хлопчатника в условиях полевых опытов в зависимости от норм минеральных удобрений и микроэлементов, приведены в таблице 1 и 2.

Эти данные показывают, что по интенсивности фотосинтеза исследуемые сорта отличаются как между собой, так и от внесения разных доз минеральных удобрений и микроэлементов. В начальные фазы развития (фаза 2-3 настоящих листьев) ассимилирующий аппарат листьев ещё не развит; этот процесс проходит слабо по отношению фаз бутонизации и цветения. По мере повышения уровня минерального питания усиливается интенсивность фотосинтеза. Высокая фотосинтетическая деятельность листьев в начальной фазе развития хлопчатника свойственна сортам Наманган-34 и Бухара-102, а низкая – сорту Омад. Такая же закономерность по интенсивности фотосинтеза сохраняется и в фазу бутонизации и цветения хлопчатника. Однако в фазу цветения интенсивность фотосинтеза, особенно при внесении высоких доз удобрений, усиливается в листьях сортов Бухара-102 и Омад, чем в листьях сорта Наманган-34. При внесении минеральных удобрений

и микроэлементов интенсивность фотосинтеза повышается по сравнению с контролем. С увеличением норм минеральных удобрений от N<sub>200</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub> до N<sub>300</sub>P<sub>180</sub>K<sub>90</sub> кг/га интенсивность фотосинтеза повышается. При дальнейшем увеличении норм минеральных удобрений до N<sub>400</sub> P<sub>240</sub>K<sub>120</sub> кг/га интенсивность фотосинтеза повышается несущественно, видимо, высокие нормы минеральных удобрений хотя и повышают содержание хлорофилла в листьях хлопчатника, но при фотосинтезе растений включаются их минимальные количества. К концу вегетации растений у всех исследуемых сортов интенсивность фотосинтеза понизилась, однако корреляция по интенсивности фотосинтеза между сортами сохраняется. Наибольшая интенсивность фотосинтеза хлопчатника была у сорта Бухара-102, Наманган-34, а наименьшая у Омад. Содержание зеленых пигментов в листьях растений, в том числе и хлопчатника, – один из важных физиологических показателей, обуславливающих процесс фотосинтеза.

Таблица 1. Интенсивность фотосинтеза сортов хлопчатника в зависимости от норм минеральных удобрений с микроэлементами (мг СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> \* час) Вегетационные опыты (среднее за 2012-2014 гг.)

№ варианта	Фазы развития											
	2-3 настоящих листьев			бутонизация			цветение			начале созревания		
	Бухара -102	Наман ган-34	Омад	Бухара -102	Наман ган-34	Омад	Бухара -102	Наман ган-34	Омад	Бухара -102	Наман ган-34	Омад
1	11,8 ± 0,7	11,2 ±0,5	9,6 ±0,4	17,2 ±1,6	17,8 ±0,5	18,4 ±0,5	18,4 ±0,5	19,0 ±0,5	19,8 ±0,8	10,0 ±0,7	10,8 ±0,6	9,2 ±0,5
2	12,3 ±0,4	11,6 ±0,5	10,2 ±0,5	21,6 ±1,8	22,4 ±0,7	23,5 ±0,7	25,1 ±0,6	24,6 ±0,7	24,0 ±0,7	10,7 ±0,6	10,0 ±0,6	9,8 ±0,5
3	12,9 ±0,5	12,1 ±0,6	11,1 ±0,5	24,1 ±1,7	25,2 ±0,7	26,4 ±0,7	31,2 ±0,8	30,0 ±0,9	29,1 ±0,8	11,0 ±0,5	12,0 ±0,8	9,7 ±0,4
4	13,4 ±0,3	12,6 ±0,4	11,3 ±0,5	25,3 ±1,4	26,6 ±0,8	28,0 ±0,9	32,4 ±0,9	32,0 ±0,9	30,5 ±0,8	11,2 ±0,4	12,9 ±0,7	9,8 ±0,5
5	12,7 ±0,5	11,9 ±0,5	11,3 ±0,4	22,1 ±1,6	23,0 ±0,7	24,4 ±0,9	25,9 ±0,9	25,7 ±0,6	24,9 ±0,9	11,0 ±0,6	12,3 ±0,7	10,1 ±0,6
6	13,5 ±0,6	12,7 ±0,7	11,4 ±0,3	23,3 ±0,8	26,1 ±0,8	27,7 ±1,1	32,6 ±0,7	31,1 ±0,7	30,6 ±0,8	11,8 ±0,5	12,7 ±0,6	10,4 ±0,4
7	14,8 ±0,5	13,6± 0,7	12,4 ±0,5	26,1 ±0,9	27,2 ±0,8	29,3 ±1,3	33,7 ±0,9	32,8 ±0,8	30,5 ±0,6	12,2 ±0,6	12,9 ±0,5	10,5 ±0,6
8	13,6 ±0,6	12,8 ±0,6	11,7 ±0,6	23,2 ±1,1	24,2 ±0,9	26,5 ±1,5	26,8 ±0,8	26,6 ±0,6	25,4 ±0,7	11,5 ±0,7	13,2 ±0,5	10,5 ±0,7
9	14,5 ±0,6	13,8 ±0,7	12,8± 0,7	26,5 ±1,2	27,0 ±0,6	28,9 ±0,6	33,5 ±0,9	32,3 ±0,8	31,1 ±0,8	12,1 ±0,5	13,6 ±0,6	10,6 ±0,6
10	15,6± 0,5	14,5± 0,6	13,6 ±0,6	27,2 ±1,7	28,4 ±0,7	30,1 ±0,7	34,8 ±0,9	33,4 ±0,9	31,7 ±0,8	12,6± 0,9	13,7 ±0,7	10,5 ±0,4

Исследованиями о зависимости содержания зеленых пигментов от минеральных удобрений занимались довольно немало ученых. Однако, несмотря на большое количество исследований по выявлению действия минерального питания на содержание пигментов в листьях растений, их недостаточно. В связи с этим нами в период 2012-2014 гг. были изучены накопление и изменение содержания хлорофиллов в онтогенезе сортов хлопчатника в зависимости от режима минерального питания и сортовых особенностей хлопчатника. Данная работа была выполнена согласно гранту ОТ-Ф4-023 «Изучение физиолого-биохимических основ плодообразования и опадения плодоорганов новых и перспективных сортов хлопчатника (Наманган-34, Омад, Бухара-102 и С-6524)» Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан.

Таблица 2. Интенсивность фотосинтеза сортов хлопчатника в зависимости от норм минеральных удобрений и микроэлементов (мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> \* час)  
Полевые опыты (среднее за 2012-2014 гг.)

№ варианта	Фазы развития			
	2-3 настоящих листьев	бутонизация	цветение	начало созревания
<i>Наманган-34</i>				
1	9,6 ±0,8	17,4 ± 1,1	19,9 ±1,2	9,2 ±0,7
2	10,6 ±0,7	20,8 ± 1,3	21,1 ±1,3	10,6 ±0,9
3	12,5 ±0,9	23,4 ±1,0	29,8 ±1,4	12,3 ±0,8
4	13,6 ±0,8	24,6 ± 0,9	30,4 ±1,5	13,9 ±0,6
<i>Бухара-102</i>				
1	10,4 ±0,6	18,6 ±1,1	19,1 ±1,0	10,1 ±0,7
2	11,4 ±0,9	21,3 ±1,9	23,2 ±1,2	12,6 ±0,9
3	13,4 ±0,8	24,1 ±0,9	30,7 ±1,4	13,9 ±0,9
4	14,2 ±0,5	26,8 ±1,4	31,6 ±0,9	14,7 ±0,8
<i>Омад</i>				
1	11,3 ±0,8	18,1 ±0,7	19,3 ±0,7	8,3 ±0,8
2	12,9 ±0,6	22,5 ±0,9	24,6 ±0,8	9,5 ±0,9
3	14,1 ±0,9	26,1 ±1,1	28,0 ±0,9	9,9 ±0,6
4	14,7 ±0,5	27,2 ±1,0	29,8 ±0,8	10,4 ±0,8

Таблица 3. Содержание хлорофиллов (а+б) в зависимости от различных норм минеральных удобрений и их сочетаний с микроэлементами. Вегетационные опыты. Среднее за 2012-2014 год (мг/г сырой массы листьев)

№ варианта	Фазы развития											
	2-3 настоящих листьев			бутонизация			цветение			начало созревания		
	Бухара-102	Наманган-34	Омад	Бухара-102	Наманган-34	Омад	Бухара-102	Наманган-34	Омад	Бухара-102	Наманган-34	Омад
1	0,942 ±0,014	1,022 ±0,017	1,054 ±0,006	1,599 ±0,024	1,659 ±0,046	1,798 ±0,051	1,748 ±0,033	1,900 ±0,048	1,690 ±0,048	1,009 ±0,044	1,055 ±0,061	0,976 ±0,021
2	0,961 ±0,018	1,013 ±0,07	1,061 ±0,007	1,716 ±0,39	1,813 ±0,052	1,883 ±0,049	2,007 ±0,022	2,118 ±0,097	1,806 ±0,052	1,128 ±0,051	1,149 ±0,041	1,011 ±0,024
3	9,995 ±0,010	1,059 ±0,018	1,081 ±0,008	1,801 ±0,044	1,952 ±0,048	2,043 ±0,061	2,128 ±0,042	2,155 ±0,023	1,843 ±0,031	1,144 ±0,032	1,181 ±0,021	1,068 ±0,022
4	1,005 ±0,009	1,042 ±0,019	1,053 ±0,08	1,846 ±0,028	2,030 ±0,051	2,093 ±0,042	2,161 ±0,030	2,223 ±0,031	1,881 ±0,030	1,179 ±0,030	1,203 ±0,014	1,033 ±0,024
5	0,993 ±0,021	1,049 ±0,010	1,062 ±0,09	1,709 ±0,036	1,796 ±0,060	1,931 ±0,051	2,032 ±0,021	2,153 ±0,022	1,899 ±0,022	1,171 ±0,025	1,179 ±0,015	1,050 ±0,016
6	1,029 ±0,018	1,063 ±0,08	1,102 ±0,014	1,813 ±0,061	1,980 ±0,056	2,041 ±0,039	2,129 ±0,051	2,197 ±0,031	1,893 ±0,024	1,187 ±0,016	1,198 ±0,019	1,081 ±0,022
7	1,074 ±0,021	1,082 ±0,016	1,098 ±0,012	1,869 ±0,084	2,058 ±0,055	2,103 ±0,036	2,185 ±0,42	2,247 ±0,038	1,995 ±0,036	1,225 ±0,022	1,224 ±0,021	1,099 ±0,017
8	1,044 ±0,019	1,087 ±0,021	1,118 ±0,026	1,810 ±0,016	1,828 ±0,032	1,935 ±0,037	2,066 ±0,052	2,173 ±0,046	1,895 ±0,038	1,198 ±0,021	1,237 ±0,031	1,070 ±0,016
9	1,081 ±0,022	1,110 ±0,015	1,148 ±0,021	1,851 ±0,028	2,001 ±0,034	2,083 ±0,056	2,150 ±0,053	2,236 ±0,051	1,931 ±0,041	1,215 ±0,014	1,238 ±0,014	1,139 ±0,019
10	1,122 ±0,024	1,150 ±0,011	1,162 ±0,011	1,897 ±0,047	2,081 ±0,042	2,142 ±0,048	2,194 ±0,044	2,289 ±0,054	2,215 ±0,046	1,251 ±0,023	1,288 ±0,016	1,150 ±0,018

Результаты анализов по данному вопросу приведены в таблице 3. Из данных, приведенных в таблице 3, видно, что содержание суммы хлорофиллов (а+б) в листьях изучаемых сортов хлопчатника зависят от нормы применяемых удобрений и микроэлементов, возраста растений. В начальной фазе развития (т.е. в период образования двух-трех настоящих листьев), когда ассимиляционная поверхность листьев не развита, содержание хлорофилла меньше, чем в репродуктивные фазы развития (бутонизация и цветение). В этот период максимальное содержание хлорофилла наблюдается при внесении  $N_6P_4K_3$  г на сосуд. Дальнейшее увеличение дозы минеральных удобрений не способствует увеличению содержания хлорофилла в листьях хлопчатника у всех изучаемых сортов, особенно сортов Бухара-102, Омад и Наманган-34. В репродуктивные фазы развития содержание хлорофилла в листьях растений хлопчатника повышается, а в период созревания снижается. По мере повышения доз минеральных удобрений содержание хлорофилла в листьях увеличивается, однако в листьях сортов Бухара-102 и Наманган-34 при внесении очень высоких доз минеральных удобрений  $N_9P_6K_{4,5}$  содержание хлорофилла увеличивается в небольшой мере по сравнению с внесением  $N_6P_4K_3$  г на сосуд.

**Выводы.** Авторами впервые было выявлено, что использование микроэлементов медь и бор в составе азотных удобрений при различных уровнях минеральных удобрений в фазе 2-3 настоящих листьев оказало существенное влияние на содержание хлорофилла в листьях различных сортов хлопчатника, выращенных в вегетационных опытах. Начиная с бутонизации, особенно с фазы цветения, медь и бор повышают содержание хлорофилла в листьях всех изучаемых нами сортов хлопчатника, особенно сортов Бухара-102 и Омад. Аналогичные данные получены и в полевом опыте.

Таким образом, с повышением доз минеральных удобрений в фазах бутонизации и цветения увеличивается содержание хлорофиллов в листьях всех изучаемых сортов, и особенно у сортов Бухара-102 и Омад.

Результаты, полученные по изучению влияния доз минеральных удобрений и микроэлементов, способствовали уменьшению опадения плодоземельных элементов и, соответственно, увеличению урожайности хлопчатника на 15-20% в зависимости от сортовых особенностей.

### Литература

1. **Пирахунова Ф.Н.** Систематика и изучение физиолого-биохимических процессов в плодоорганах перспективных сортов хлопчатника // Иқлим ўзгариши шароитида ер ресурсларининг барқарор бошқариш / Республика илмий-амалий семинари. – Ташкент, 2017. – С. 281-285.
2. **Костин В.И., Музурова О.Г., Сяпуков Е.Е.** Внекорневая подкормка и эколого-биохимическая оценка качества корнеплодов // Сахарная свёкла. – 2013. – №4. – С.18-21.
3. **Костин В.И., Ошкин В.А.** Эффективность нереутилизирующихся микроэлементов в свёклосохарном производстве // Сахарная свёкла. – 2014. – №2. – С. 40-41.
4. **Костин В.И., Исайчев В.А., Ошкин В.А., Фёдорова И.Л.** Внекорневая подкормка сахарной свёклы и качества корнеплодов // Сахарная свёкла. – 2015. – №2. – С. 28-31.
5. **Ошкин В.А., Федерова Х.Л.** // Сахарная свёкла. – 2015. – № 2. – С. 28-31.
6. **Кишев А.Ю., Шибзухов З.С.** Приемы повышения продуктивности озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П.М.Иванова. – 2017. – С. 291-293.
7. **Кишев А.Ю., Шибзухов З.С.** Изменение технологических свойств зерна озимой пшеницы при применении регуляторов роста с минеральными удобрениями в условиях КБР // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ

- «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П.М.Иванова. – 2017. – С. 293-295.
8. **Кишев А.Ю., Жеруков Т.Б.** Регуляторы роста растений и технологические показатели качества зерна озимой пшеницы при возделывании в условиях степной зоны КБР // Международные научные исследования. – 2016. – № 4. – С. 21-34.
  9. **Агроэкологический мониторинг в Омской области:** учеб. пособие / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, В.И. Попова, И.В. Цыплёнок. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – 52 с.
  10. **Гоман Н.В., Попова В.И., Бобренко И.А.** Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – №1. – С. 114-117.
  11. **Бобренко И.А., Гоман Н.В., Попова В.И., Болдышева Е.П.** Эффективность основного внесения цинковых удобрений под озимые зерновые культуры на лугово-черноземной почве Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2011. – № 1 (104). – С. 246-250.

### Literatura

1. **Pirahunova F.N.** Sistematika i izuchenie fiziologo-biohimicheskikh processov v plodoorganah perspektivnyh sortov hlochatnika // Iklim žzgarishi sharoitida er resurslarining barkaror boshqarish / Respublika ilmiy-amaliy seminar. – Tashkent, 2017. – S. 281-285.
2. **Kostin V.I., Muzurova O.G., Syapukov E.E.** Vnekornevaya podkormka i ekologo-biohimicheskaya ocenka kachestva korneplodov // Saharnaya svyokla. – 2013. – №4. – S.18-21.
3. **Kostin V.I., Oshkin V.A.** Effektivnost' nereutilizuyushchihsya mikroelementov v svyoklosaharnom proizvodstve // Saharnaya svyokla. – 2014. – №2. – S. 40-41.
4. **Kostin V.I., Isajchev V.A., Oshkin V.A., Fyodorova I.L.** Vnekornevaya podkormka saharnoj svyokly i kachestva korneplodov // Saharnaya svyokla. – 2015. – №2. – S. 28-31.
5. **Oshkin V.A., Federova H.L.** // Saharnaya svyokla. – 2015. – № 2. – S. 28-31.
6. **Kishev A.YU., SHibzuhov Z.S.** Priemy povysheniya produktivnosti ozimoy pshenicy v usloviyah predgornoj zony Kabardino-Balkarskoj respubliky // Ustojchivoe razvitie: problemy, koncepcii, modeli: materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 75-letiyu predsedatelya FGBNU «Federal'nyj nauchnyj centr «Kabardino-Balkarskij nauchnyj centr Rossijskoj akademii nauk», doktora tekhnicheskikh nauk, professora P.M.Ivanova. – 2017. – S. 291-293.
7. **Kishev A.YU., SHibzuhov Z.S.** Izmenenie tekhnologicheskikh svojstv zerna ozimoy pshenicy pri primenenii regulyatorov rosta s mineral'nymi udobreniyami v usloviyah KBR // Ustojchivoe razvitie: problemy, koncepcii, modeli: materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 75-letiyu predsedatelya FGBNU «Federal'nyj nauchnyj centr «Kabardino-Balkarskij nauchnyj centr Rossijskoj akademii nauk», doktora tekhnicheskikh nauk, professora P.M.Ivanova. – 2017. – S. 293-295.
8. **Kishev A.YU., ZHerukov T.B.** Regulatory rosta rastenij i tekhnologicheskie pokazateli kachestva zerna ozimoy pshenicy pri vozdelevanii v usloviyah stepnoj zony KBR // Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya. – 2016. – № 4. – S. 21-34.
9. **Агроэкологический мониторинг в Омской области:** учеб. пособие / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, В.И. Попова, И.В. Цыплёнок. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – 52 с.
10. **Гоман Н.В., Попова В.И., Бобренко И.А.** Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – №1. – С. 114-117.
11. **Бобренко И.А., Гоман Н.В., Попова В.И., Болдышева Е.П.** Эффективность основного внесения цинковых удобрений под озимые зерновые культуры на лугово-черноземной почве Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2011. – № 1 (104). – С. 246-250.

УДК 63:579.64+631.8+631.55

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11069

Доктор биол. наук **П.В. ЛЕКОМЦЕВ**  
(РГГМУ, pv6575@mail.ru)Доктор с.-х. наук **А.А. КОМАРОВ**  
(ФГБНУ АФИ, Agromoniyoring@mail.ru)

## **ДИНАМИКА ПРИРОСТА БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ В ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ НА РАЗНЫХ ФОНАХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ**

Известно, что в естественной природной среде устойчивость биоценозов обеспечена многовидовым составом растительных сообществ, в то время как в условиях сельскохозяйственного производства в основном используются одновидовые посевы. Одной из наиболее распространенных сельскохозяйственных культур является пшеница, зачастую возделываемая как монокультура. При этом размещение яровой пшеницы по лучшим предшественникам позволяет получать хорошие урожаи зерна с высоким качеством [1]. На дерново-подзолистых почвах Нечерноземья лучшим предшественником яровой пшеницы являются многолетние бобовые травы, способствующие накоплению биологического азота в почве, поскольку основным элементом питания, обеспечивающим повышение урожайности пшеницы, является азот, то недостаток или избыток азота на этапах развития растения действует на закладку и реализацию побегов кущения, на закладку и реализацию колосков и цветков в колосе, на озерненность колоса, массу зерен [2]. Однако особенности влияния возрастающих доз азотных удобрений на динамику ростовых процессов пшеницы еще недостаточно изучены. Также требует уточнения изучение влияния доз азотных удобрений на бобовые культуры как в одновидовых, так и в смешанных посевах.

Для активизации роста и развития растений важное значение в производстве возделываемых культур имеет использование разнообразных биопрепаратов. Анализ литературных данных показывает, что изучение эффективности биопрепаратов проводилось в основном в чистых посевах зерновых и бобовых культур, а эффективность их смешанных посевов для получения зерна (семена, фураж) и зеленой массы – на одном или нескольких уровнях азотного питания, но без использования биопрепаратов [3-5]. До сих пор использование биопрепаратов в условиях смешанных зерновых и бобовых растений изучалось в основном для получения зеленой массы (силос, сенаж, зеленый корм) [6-7]. Таким образом, данные по эффективности действия биопрепаратов и разных доз азотных удобрений в сопряженных экспериментах с одновидовыми и смешанными посевами отсутствуют. Еще более сложным и до сих пор не изученным, а следовательно и актуальным является комплексный подход к исследованию динамики ростовых процессов при использовании разновидового состава растений, биопрепаратов и возрастающих доз азотных удобрений, возделываемых в чистых и смешанных посевах.

**Цель исследования** – изучить динамику прироста биомассы растений в одновидовых (пшеница и горох) и смешанных посевах (пшеница+горох) в условиях разных фонов азотного питания и применения биопрепаратов.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В настоящей работе представлены результаты полевых опытов, проведенных на опытном селекционном поле Фаленской государственной селекционной станции. Исследования проводились с районированными в Кировской области сортами пшеницы Иргина (селекции НПО «Среднеуральское») и гороха Альбумен (селекции Фаленской селекционной станции) при их возделывании в чистых и смешанных посевах, согласно соответствующим рекомендациям [8]. Соотношение компонентов в смеси составляло 50:50 от нормы высева в чистом виде (3,5 млн. всхожих зерен пшеницы и 0,7 млн. – гороха). При выборе и составлении схемы опыта руководствовались методическими указаниями по изучению эффективности биопрепаратов [9]. Предшественник – картофель. Под предшественник вносились минеральные удобрения в

дозе (NP)<sub>60</sub>K<sub>90</sub> в виде смеси аммофосфата и хлористого калия. Минеральные удобрения вносились вручную: фосфорные (двойной суперфосфат), калийные (KCl) в дозе (PK)<sub>30</sub> – фоном, азотные (аммиачная селитра), согласно схеме опыта. В опыте изучали: 3 уровня азотного питания (N<sub>0</sub>, N<sub>30</sub> и N<sub>60</sub>) и два биопрепарата. Первый – Ризоторфин (РТ), используемый для инокуляции семян бобовой культуры (горох), основан на симбиотической азотфиксации. Второй – Ризоагрин (РА), используется для инокуляции семян зерновой культуры (яровая пшеница), основан на ассоциативной азотфиксации. Зерновая культура (яровая пшеница) и зернобобовая (горох) использовались как при раздельном посеве, так и их смесь. Посев проводился без четкого размещения культур по рядам в рекомендуемом посевном соотношении 50:50 от нормы высева в чистом виде [10]. Опыт проводили методом наложения вариантов [11]. На делянках первого порядка, где изучали возрастающие дозы азотного удобрения. На полосах второго порядка – изучалась эффективность биопрепаратов в чистых и смешанных посевах пшеницы и гороха. Общая площадь делянки первого порядка (азотные удобрения): 194,4 м<sup>2</sup> (12 м x 16,8 м), второго (биопрепараты) – 21,6 м<sup>2</sup> (12 м x 1,8 м), учетная 16 м<sup>2</sup> (10 м x 1,6 м). Размещение делянок рендомизированное, внутри каждого повторения. Повторность 3-кратная.

Семена гороха и пшеницы обрабатывали соответствующими биопрепаратами (Ризоагрин и Ризоторфин) (600 г/га) с прилипателем (молочный обрат 10 л на гектарную норму семян) непосредственно в день посева. Биопрепараты получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии.

Анализ структуры урожая проводили согласно методическому руководству по исследованию смешанных агрофитоценозов [12]. В период вегетации растений изучаемых культур учитывали начало и полное наступление фенофаз. Необходимо отметить, что фаза кушения пшеницы совпадала с фазой начала роста и ветвления побегов гороха, трубкования – с фазой бутонизации; фазы цветения совпадали у обеих культур. В фазу кушения, выхода в трубку, цветения и полной спелости (за 1 – 2 дня до уборки) отбирали образцы растений для определения накопления биомассы.

Для оценки агрохимической характеристики почвы отбирали смешанные образцы на глубину пахотного слоя. Во взятых образцах определяли: кислотность (рН солевой вытяжки) потенциометрически на иономере ЭВ-74 согласно ГОСТ 24483–83; содержание гумуса по Тюрину, ГОСТ 26213–74; подвижный фосфор и обменный калий в одной вытяжке по Кирсанову; гидролитическую кислотность по Каппену; сумму поглощенных оснований по Каппену – Гильковицу.

Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили, используя пакеты программ Stat (ВИУА, 1991) и Statgraph (версия 3.0, 1988).

Почва опытных участков – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, слабо- и среднекислая, с очень высоким содержанием фосфора и высоким калия. Агрохимическая характеристика почв представлена в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв опытного участка

Год опыта	рН <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумус	V	Hг	S
		мг/кг		%		мг/экв. на 100г	
1	5,4	489	375	2,6	86	3,0	19,3
2	5,1	336	207	2,0	83	3,3	16,2
3	4,9	315	160	2,2	84	3,1	16,8

Полевые эксперименты проводились в разных агроклиматических инверсиях: «избыточного увлажнения» (год опыта 1), «недостатка влаги» (год опыта 2) и «благоприятных» (год опыта 3) погодных условиях (табл.2). Из представленных данных следует, что в период вегетации каждый сезон экспериментов характеризовался

варьированием погодных условий, которое могло оказывать влияние на биопродуктивность растений и специфику реакции на эти условия разных видов. Так, в сравнении со средними многолетними показателями весенне-летний период вегетации года «избыточного увлажнения» характеризовался неравномерным выпадением осадков, особенно в период «кущения – цветения» (ГТК = 4,25). Следующий сезон характеризовался недостатком влаги, особенно критичными были периоды «кущения – цветения» и «посева – цветения» (ГТК = 0,87 и 0,92 соответственно). Следует отметить, что в период налива зерна в этот сезон ощущался недостаток влаги (ГТК=1,06). Особенности сезона с «благоприятными» погодными условиями являлось относительно равномерное распределение тепла и влаги с некоторым дефицитом в период «кущение – цветение» (ГТК = 0,97) и избытком в период «цветение – уборка» (ГТК = 1,40).

Таблица 2. Значения гидротермического коэффициента (ГТК)

Особенности сезона	Посев – Кущение	Кущение – Цветение	Посев – Цветение	Цветение – Уборка	Посев – Уборка
Избыточное увлажнение	1,32	4,25	1,93	1,51	1,77
Недостаток влаги	1,15	0,87	0,92	1,06	1,03
Благоприятные	1,08	0,97	1,03	1,40	1,22

Известно, что благоприятные условия для развития гороха создаются при ГТК 1,3-1,5; избыточно увлажненные – более 2; засушливые – менее 1. Анализ многолетних данных (34 года) ГТК показал, что благоприятные условия, позволяющие получать 3,0-4,0 т/га, создаются лишь в 29% лет, 47% – в засушливые (из них в 26% ГТК – 0,47-0,79). Избыточное увлажнение наблюдалось в 24% лет, при ГТК близком к 2 [3].

Таким образом, сравнивая результаты экспериментов, полученные в разных агроклиматических условиях, можно выявить специфику влияния климатических факторов на изучаемые процессы. В данной работе представлена динамика накопления биомассы растений по фазам вегетации, полученная на основании средних показателей за ряд различных по климатическим условиям лет, для того чтобы, согласно цели работы, оценить эффективность действия азотных удобрений и изучаемых биопрепаратов. Следует отметить, что во все годы проведения опытов складывающиеся погодные условия весенне-летних периодов вегетации не благоприятствовали формированию высокого уровня урожаев изучаемых культур и проявлению высокой эффективности микробных препаратов, эффективность которых, как известно, в значительной степени зависит от уровня увлажнения.

В целях удобства изложения материала в некоторых таблицах введены следующие сокращения: П – пшеница, Г – горох, РА – Ризоагрин, РТ – Ризоторфин.

**Результаты исследований.** Наблюдения за динамикой формирования биомассы растений пшеницы и гороха по фазам вегетации показали, что с усилением уровня азотного питания наблюдается ее увеличение у обеих изучаемых культур (табл. 3). Так, внесение  $N_{30}$  увеличивало накопление сухой биомассы изучаемых культур в фазу кущения по сравнению с вариантом без азота в среднем на 11,9%,  $N_{60}$  – 35,8%; в фазу трубкования – на 22,9 и 40,9%; в фазу цветения – на 18,9 и 41,1% соответственно. Выращивание пшеницы и гороха в смешанном посеве по сравнению с их монопосевами во все фазы вегетации увеличивало накопление общей сухой биомассы. Использование соответствующих азотфиксирующих препаратов приводило к увеличению накопления биомассы пшеницы в моно- и у обеих изучаемых культур – в смешанных посевах. При инокуляции семян монопосева гороха увеличение накопления биомассы отмечено только в фазу цветения. Независимо от внесения азотного удобрения наиболее высокие темпы нарастания биомассы изучаемых культур



отмечены в период кущение – трубкование (пшеница) и начало роста и ветвления побегов – бутонизация (горох).

Существенное влияние на величину биомассы по фазам вегетации оказывали условия увлажнения в период вегетации. Максимальные показатели формирования биомассы пшеницы были отмечены в год с равномерным выпадением осадков. У гороха в этот год отмечалось минимальное накопление биомассы, что, возможно, связано с различной реакцией изучаемых культур на перепад температур в течение дня.

У бобовой культуры максимальные показатели формирования биомассы отмечены в год с избыточным увлажнением. Величина биомассы пшеницы в этот год занимает промежуточное положение между условиями «недостатка влаги» и «благоприятными условиями».

Таблица 3. Динамика накопления биомассы растений по фазам вегетации, г с.в./100 растений (сред. за годы исследований)

№ вар.	Вариант	N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>	Среднее
<i>Кущение пшеницы / начало роста и ветвления побегов гороха</i>					
1.	Пшеница	36,1	42,1	52,7	43,6
2.	Пшеница + РА	40,2	45,8	50,2	45,4
3.	Горох	57,6	64,6	71,7	62,9
4.	Горох + РТ	52,4	64,6	71,7	62,7
5.*	Пшеница + Горох	104,7	109,9	129,6	114,7
6.*	(Пшеница + РА) + Горох	115,5	125,8	158,1	133,1
7.*	Пшеница + (Горох + РТ)	107,6	116,1	157,9	127,2
8.*	(Пшеница+РА)+(Горох+РТ)	112,8	135,0	150,6	132,8
Среднее		78,4	87,8	106,5	90,9
<i>Трубкование пшеницы / начало бутонизации гороха</i>					
1.	Пшеница	79,9	104,6	115,3	99,9
2.	Пшеница + РА	90,3	113,9	125,2	109,8
3.	Горох	126,1	149,6	191,8	155,8
4.	Горох + РТ	104,9	160,1	188,3	151,1
5.*	Пшеница + Горох	206,5	282,7	314,7	268,0
6.*	(Пшеница + РА) + Горох	250,0	295,6	345,4	297,0
7.*	Пшеница + (Горох + РТ)	253,2	287,8	338,9	293,3
8.*	(Пшеница+РА)+(Горох+РТ)	263,2	295,7	317,7	292,2
Среднее		171,8	211,3	242,2	208,4
<i>Цветение</i>					
1.	Пшеница	110,1	142,5	149,3	133,9
2.	Пшеница + РА	131,5	146,2	182,1	153,3
3.	Горох	176,8	201,8	251,5	210,0
4.	Горох + РТ	175,7	208,4	278,0	220,7
5.*	Пшеница + Горох	335,2	369,2	414,7	373,0
6.*	(Пшеница + РА) + Горох	342,2	425,3	502,2	423,2
7.*	Пшеница + (Горох + РТ)	343,0	378,7	505,4	409,0
8.*	(Пшеница+РА)+(Горох+РТ)	345,6	458,7	482,6	325,6
Среднее		245,0	291,4	345,7	281,1

\* – общая биомасса изучаемых культур

Представленные данные показывают, что доля пшеницы в общей биомассе в среднем по вариантам опыта в фазы кущения и трубкования составляла 42,4–49,0%, гороха в эти периоды – 51,0–57,6% соответственно.

В фазу цветения отмечено снижение доли злакового компонента в общей биомассе до 41,0–42,6%, что связано с биологическими различиями изучаемых культур и, вероятно, с нарастанием конкурентных взаимоотношений компонентов смеси.

Следует отметить, что в фазы кущения и трубкования возрастающие дозы азотного удобрения не оказывали существенного влияния на долю биомассы злакового компонента, а в фазу цветения усиление уровня азотного питания снижали ее. Независимо от возраста растений инокуляция семян компонентов смеси не оказывала существенного влияния на соотношение биомассы злакового и бобового компонентов.

В среднем по опыту величина сухой биомассы изучаемых культур в период кущение – трубкование возросла в 2,3 раза (117,5 г/100 раст.), трубкование – цветение – в 1,5 раза (91,2 г/100 раст.) по сравнению с предыдущим, а за период кущение – цветение – в 3,3 раза (208,7 г/100 раст.). Полученные данные согласуются и дополняют результаты других исследователей.

На рис.1-3 представлено нарастание биомассы растений в чистых посевах и в смеси на разных уровнях минерального азота в периоды роста и развития растений. Обращаем внимание на то, что нарастание биомассы в смешанных посевах во всех фазах ростовых процессов была значительно большей, чем в одновидовых. Причем этот эффект однозначно проявлялся как на разном фоне удобрений, так и при использовании различных биопрепаратов. Таким образом, можно наблюдать эффект синергизма, возникающий даже в двухкомпонентной системе.

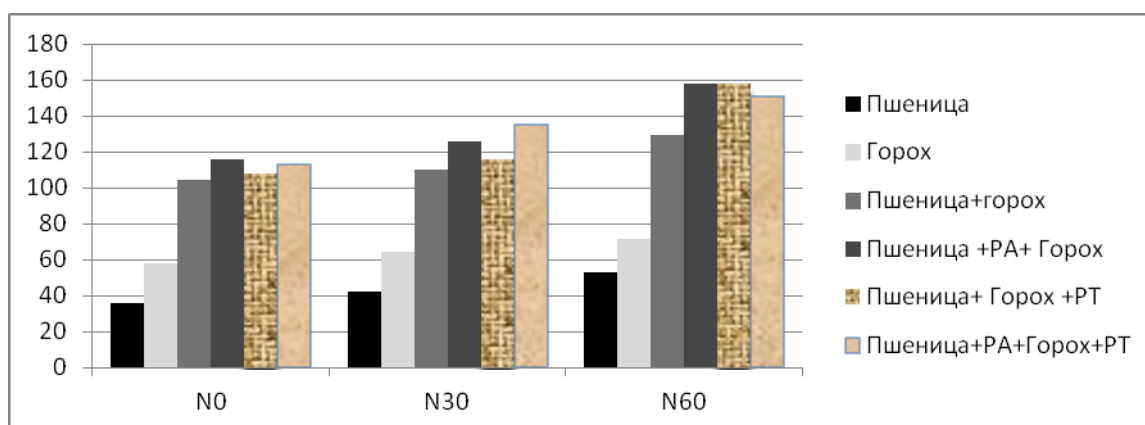


Рис. 1. Биомасса растений в чистых посевах и в смеси на разных уровнях минерального азота в период кущения пшеницы, г.с.в./100 растений

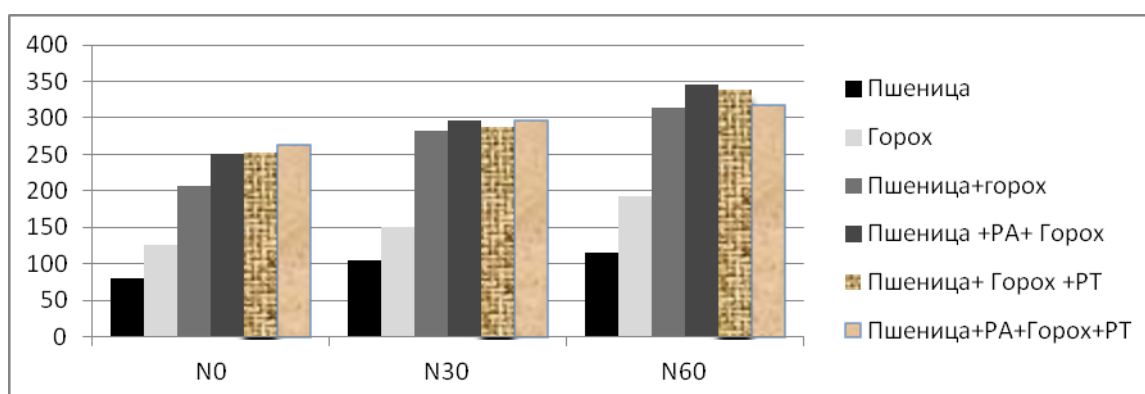


Рис. 2. Биомасса растений в чистых посевах и в смеси на разных уровнях минерального азота в период трубкования пшеницы, г.с.в./100 растений

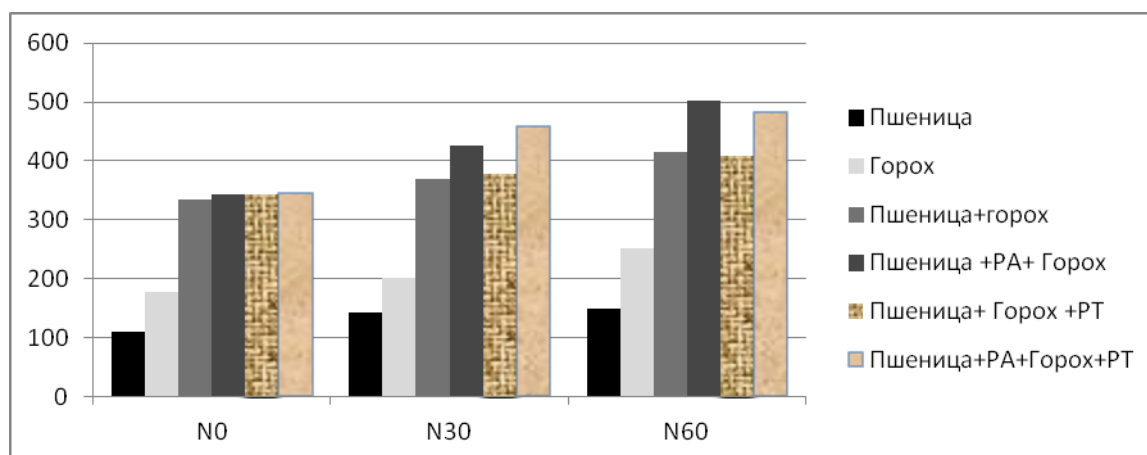


Рис. 3. Биомасса растений в чистых посевах и в смеси на разных уровнях минерального азота в период цветения пшеницы, г.с.в./100 растений

Таблица 4. Соотношение биомассы изучаемых культур по фазам вегетации, %

№ вар.	Вариант	N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>	Среднее
<i>Кущение пшеницы - начало роста и ветвления побегов гороха</i>					
5.	Пшеница+ Горох	43,4/ 56,6*	43,4/56,6	41,2/58,8	42,7/57,3
6.	(П +РА) + Г	44,9 / 55,1	40,9/59,1	41,2/58,8	42,3/57,7
7.	П + (Г + РТ)	43,7 / 56,3	44,2/55,8	42,7/57,3	43,5/56,5
8.	(П +РА) +(Г+РТ)	44,9 / 55,1	41,2/58,8	42,0/58,0	42,7/57,3
	Среднее	44,2 / 55,8	42,4/57,6	41,8/58,2	42,8/57,2
<i>Трубкавание пшеницы - начало бутонизации гороха</i>					
5.	Пшеница+ Горох	53,3/46,7	39,2/60,8	40,3/59,7	44,3/55,7
6.	(П +РА) + Г	50,5/49,5	43,8/56,2	42,4/57,6	45,5/54,5
7.	П + (Г + РТ)	46,1/53,9	43,4/56,6	43,0/57,0	44,2/55,8
8.	(П +РА) +(Г+РТ)	46,0/54,0	44,5/55,5	44,4/55,6	45,0/55,0
	Среднее	49,0/51,0	42,7/57,3	42,5/57,5	44,7/55,3
<i>Цветение</i>					
5.	Пшеница+ Горох	42,5/57,5	43,6/56,4	41,6/58,4	42,6/57,4
6.	(П +РА) + Г	43,9/56,1	42,3/57,7	41,5/58,5	42,6/57,4
7.	П + (Г + РТ)	40,9/59,1	42,3/57,7	42,6/57,4	41,9/58,1
8.	(П +РА) +(Г+РТ)	43,3/56,7	40,4/59,6	38,2/61,8	40,6/59,4
	Среднее	42,6/57,4	42,1/57,9	41,0/59,0	41,9/58,1

43,4/ 56,6\* – пшеница и горох соответственно

Соотношение биомассы изучаемых растений по фазам вегетации позволяет выявить изменение долевого участия растений в условиях возрастания доз азота и инокуляции биопрепаратами (табл. 4). Так, в смешанных посевах пшеницы с горохом на всех фазах ростовых процессов долевого участия гороха почти на всех фонах азотных удобрений было преобладающим. Исключение составляет период трубкавания пшеницы и бутонизации гороха. В этот период долевого участия пшеницы (53,3%) несколько преобладало над горохом (46,7%). Инокуляция пшеницы Ризоаргином в условиях смешанных посевов несколько изменила количественные показатели, хоть и сохранила общую картину долевого участия растений. Инокуляция гороха Ризоторфином не оказала существенного влияния на перераспределение доли гороха в смеси с пшеницей. Возрастающие дозы азотных удобрений почти не уменьшали доли гороха в смеси, что указывает на преобладание азотного питания растений, преимущественно за счет минерального, а не симбиотрофного азота.

**Выводы.** На основании исследований, проведенных в различных агроклиматических условиях, установлено, что растения пшеницы и гороха в одновидовых и смешанных посевах по-разному реагировали на возрастающие дозы азотных удобрений. Биопрепараты, применяемые как для злаковых растений (пшеницы), так и для бобовых (гороха), обеспечивали большее накопление биомассы растений, чем без инокуляции. Причем эта закономерность прослеживалась практически по всем фазам вегетации и на уровне разных доз применяемых азотных удобрений. Большие темпы накопления биомассы растений и более значимые показатели наблюдались на вариантах с использованием смешанных посадок (пшеница+горох), чем в одновидовых посевах. При этом как инокуляция семян, так и возрастающие дозы азотных удобрений приводили к повышению накопления биомассы растений. Соотношение биомассы изучаемых культур в смешанных посевах по фазам вегетации показывает, что темпы её накопления на разных фазах онтогенеза значительно различаются. Повышение накопления биомассы в условиях смешанных посевов над одновидовыми посевами можно объяснить эффектом синергизма, обеспечивающим устойчивость биосистем в условиях естественных фитоценозов.

### Литература

1. **Пасынкова Е.Н.** Агротехнические приемы регулирования урожайности и качества зерна пшеницы: дис. ... доктора биол. наук. – М.: ВИУА, 2014. – 340 с.
2. **Применение удобрений в современном земледелии** //Сборник материалов международной научно-практической конференции. – 2018. – 219 с.
3. **Баталова Г.А.** Селекция зерновых культур и гороха для условий северо-востока европейской территории России//Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 2 (14). – С. 20-26.
4. **Мищикина О.С., Михайлова Л.А.** Биологическая эффективность смешанного посева яровой пшеницы и посевного гороха при уборке на зерно в зависимости от доз азота//Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 3 (19). – С. 96-101.
5. **Святкина М.В., Алешина Д.В.** Влияние условий минерального питания на урожайность зерна одновидовых и смешанных посевов пшеницы и гороха в условиях Предуралья // Молодежная наука 2015: технологии, инновации: сб. науч. трудов. – 2015. – С. 277-281.
6. **Семешкина П.С., Дадаева Т.А.** Урожайность озимой пшеницы и гороха в зависимости от применения биологически активных веществ// Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона. – 2019. – С.167-171.
7. **Абашев В.Д., Мальцев Б.П.** Совершенствование систем земледелия в хозяйствах Кировской области//Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 5. – С.36-38.
8. **Зотиков В.И., Цуканова З.Р., Молошенок А.А.** Реализация биологического потенциала и особенности семеноводства современных сортов гороха посевного//Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С.20-26.
9. **Методические указания** по изучению эффективности биопрепаратов. – М.: ВИУА, 1998.
10. **Bradley S.** Nitrogenusing the legume legacy // Fertiliser Rev. – 1991. – P.4-6.
11. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. **Методическое руководство** по исследованию смешанных агрофитоценозов. – Минск, "Навука і тэхніка", 1996. – 101 с.

### Literatura

1. **Pasynkova E.N.** Agrohimiicheskie priemy regulirovaniya urozhajnosti i kachestva zerna pshenicu: dis. ... doktora biol. nauk. – M.: VIUA, 2014. – 340 s.
2. **Primenenie udobrenij v sovremennom zemledelii** //Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2018. – 219 s.

3. **Batalova G.A.** Selekcija zernovyh kul'tur i goroha dlya uslovij severo-vostoka evropejskoj territorii Rossii//Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2015. – № 2 (14). – S. 20-26.
4. **Mishchihina O.S., Mihajlova L.A.** Biologicheskaya effektivnost' smeshannogo poseva yarovoj pshenicy i posevnogo goroha pri uborke na zerno v zavisimosti ot doz azota//Permskij agrarnyj vestnik. – 2017. – № 3 (19). – S. 96-101.
5. **Svyatkina M.V., Aleshina D.V.** Vliyanie uslovij mineral'nogo pitaniya na urozhajnost' zerna odnovidovyh i smeshannyh posevov pshenicy i goroha v usloviyah Predural'ya // Molodezhnaya nauka 2015: tekhnologii, innovacii: sb. nauch. trudov. – 2015. – S. 277-281.
6. **Semeshkina P.S., Dadaeva T.A.** Urozhajnost' ozimoi pshenicy i goroha v zavisimosti ot primeneniya biologicheski aktivnyh veshchestv// Innovacionnye razrabotki dlya razvitiya otraslej sel'skogo hozyajstva regiona. – 2019. – S.167-171.
7. **Abashev V.D., Mal'cev B.P.** Sovershenstvovanie sistem zemledeliya v hozyajstvakh Kirovskoj oblasti//Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – 2002. – № 5. – S.36-38.
8. **Zotikov V.I., Cukanova Z.R., Moloshonok A.A.** Realizaciya biologicheskogo potentsiala i osobennosti semenovodstva sovremennyh sortov goroha posevnogo//Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2019. – № 2 (30). – S.20-26.
9. **Metodicheskie ukazaniya** po izucheniyu effektivnosti biopreparatov. – M.: VIUA, 1998.
10. **Bradley S.** Nitrogenusing the legume legacy // Fertiliser Rev. – 1991. – P.4-6.
11. **Dospekhov B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
12. **Metodicheskoe rukovodstvo** po issledovaniyu smeshannyh agrofitorozov. – Minsk, "Navuka i tekhnika", 1996. – 101 s.

УДК 633.491:631.559.2

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11076

Доктор с.-х. наук **А.М. СПИРИДОНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, anatolij-spiridonov@yandex.ru)  
Аспирант **П.М. БРОНШТЕЙН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, bronshtein-p-m@mail.ru)

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НОВЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА РАЙОНИРОВАННЫЕ СОРТА КАРТОФЕЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ**

Картофель – одна из важнейших сельскохозяйственных культур, мировая история которой началась около 8000 лет назад в Центральных Андах [1]. В настоящее время картофель возделывается в 130 странах мира, лидирующими из которых являются Китай, страны Евросоюза и бывшего СССР (Россия, Украина, Белоруссия) [2]. По данным Государственного реестра селекционных достижений 2019 года, на территории Российской Федерации районировано более 450 сортов.

Современное состояние картофелеводства в России характеризуется некоторым сокращением площадей возделывания и сравнительно невысокой урожайностью. В связи с этим поиск путей повышения урожайности картофеля весьма актуален в современной практике растениеводства. По мнению ряда исследователей, одним из основных путей повышения урожайности этой важной культуры является совершенствование технологии возделывания [3]. В настоящее время применяются множество способов выращивания картофеля с использованием различных удобрений, основной целью которых является увеличение урожайности и сокращение сроков выращивания качественной продукции при минимизации затрат на производство [4]. Преимуществом обладают комплексные водорастворимые удобрения хелатной формы, за счёт которой необходимые питательные вещества быстро поглощаются и полнее усваиваются растением. Особое внимание стоит уделить внесению удобрений при предпосевной обработке клубней в качестве стартового питания после посадки в почву. Нехватка микроэлементов на начальном этапе развития

может сократить количество и качество продукции, поскольку в этот период питание растения происходит за счёт материнского клубня и активно формируется корневая система [5]. Растения картофеля в течение всего вегетационного периода нуждаются в достаточном минеральном питании. Основное поступление питательных веществ происходит в фазах бутонизации и цветения. Необходимо также учитывать сортовые особенности, так как интенсивность роста и питания у поздних сортов значительно ниже, чем у ранних, что характеризуется разными сроками созревания [6].

**Цель исследования** – изучить влияние комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO и микроудобрения Рексолин АВС на урожайность и биохимический состав клубней картофеля.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследования служили клубни картофеля следующих отечественных сортов с различными сроками созревания: Чароит (очень ранний), Удача (раннеспелый), Ред Скарлетт (раннеспелый), Гала (среднеранний), Елизавета (среднеранний), Памяти Осиповой (среднеранний), Аврора (среднеспелый), Каскад (среднеспелый), Ладожский (среднеспелый) [7].

Опыты проводились в условиях учебно-опытного сада СПбГАУ в 2018 и 2019 годах (рис. 1).



Рис. 1. Всходы растений картофеля на опыте, июнь 2019 г.

Размещение повторений в опыте – сплошное. Повторность в опыте – трёхкратная, размещение вариантов рендомизированное [8]. Химическая обработка почвы перед закладкой опыта (подготовка участка после предшественника) включала в себя обработку гербицидом сплошного действия Раундап (3 л/га). Механическая обработка почвы заключалась в культивации, бороновании и нарезке гребней. Сроки посадок в оба года проведения исследований – 23 мая, уборки – различные, соответственно срокам созревания: раннеспелые – 12 августа, среднеспелые и среднепоздние – 28 августа.

В опыте применялось три варианта обработки посадочного материала картофеля: 1) Контроль – без удобрений; 2) Вариант 1 – Рексолин АВС + Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро (50% концентрация от рекомендуемой – 1 г/л); 3) Вариант 2 – Рексолин АВС + Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро (100% рекомендуемая концентрация препаратов – 2 г/л).

Предпосадочная обработка клубней картофеля производилась водным раствором микроудобрения Рексолин АВС. Данный препарат производства голландской компании «Акзо Нобель». За счёт своей хелатной формы удобрение быстро поглощается растением и купирует дефицит микроэлементов, что является его главной особенностью. Рексолин является быстрорастворимым в воде и совместим с большинством пестицидов и гербицидов [9].

Последующая, некорневая обработка, проводилась водным раствором препарата Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро. Данное удобрение стимулирует рост и развитие надземной части растений в период вегетации. Основными преимуществами перед аналогами являются высокое содержание микроэлементов хелатной формы и содержание азота в амидной форме, что способствует наиболее скорому и продуктивному усвоению их у растений через лист. Обработка вегетирующих растений препаратом Грин-Го производилась по достижении всходов картофеля высоты 10 см [9].

Урожайность картофеля во многом зависит от качества и подготовки посадочного материала. Перед посадкой все опытные образцы картофеля прошли процесс проращивания (рис. 2).



Рис. 2. Проращивание посадочного материала картофеля

Растения, развивающиеся из пророщенных клубней, имеют более мощное развитие корневой системы, что способствует лучшему поглощению удобрений. Учитывая заморозки и достаточно короткий безморозный период в Северо-Западном регионе РФ, проращивание удлиняет данный период, что ведет к увеличению урожайности. Проращивание позволяет обнаружить скрытые заболевания клубней до посадки. Больные клубни во время проращивания начинают гнить и становятся непригодными для дальнейшего использования. Процедура проращивания посадочного материала значительно повышает ростовые качества клубней, увеличивая урожайность до 60%, и сокращает сроки созревания молодого картофеля до 15 дней [10].

Уход за опытными посадками проводился своевременно и заключался в поддержании почвы в рыхлом состоянии и чистой от сорной растительности. Основное значение имеет довсходовая первая обработка, когда сорняки не успели сформировать корневую систему, что помогает снизить их количество до 80%. Одним из важнейших технологических приёмов

при возделывании картофеля является окучивание растений в рядках, цель проведения которого заключается в создании благоприятных условий для образования дополнительного количества корней на стебле растения и клубней, защита их от высоких температур и ультрафиолета. Проводится от одного до трёх окучиваний в зависимости от почвы, погодных условий и интенсивности роста растений [5].

Перед началом уборки урожая (за 10-15 дней) производилось удаление ботвы. Этот процесс улучшает лежкость при хранении клубней, повышает механическую прочность кожуры и снижает опасность поражения урожая различными вирусными заболеваниями.

**Результаты исследований.** Применение комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС положительно повлияло на урожайность изучаемых сортов картофеля.

Согласно полученным данным таблицы 1, по опыту 2018 года, необходимо отметить раннеспелые сорта, урожайность которых за счёт применения удобрений возросла от 21% до 66,5%. Лучшие результаты показали сорта Удача и Ред Скарлетт. При обработке удобрениями, с половиной рекомендуемой дозировки, их урожайность возросла на 66,5% и 49,8% соответственно.

Таблица 1. Влияние комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС на урожайность картофеля в 2018 г.

Группа скороспелости	Сорт	Урожайность, т/га (контроль)	Изменчивость к контролю, %	
			вариант 1	вариант 2
Раннеспелые	Чароит	20,6	+16,5	+20,9
	Удача	28,1	+66,5	+38,1
	Ред Скарлетт	22,5	+49,8	+48,9
Среднеранние	Гала	30,9	+33,3	-27,2
	Елизавета	34,4	-4,7	-8,1
	Памяти Осиповой	32,7	+87,8	+31,8
Среднеспелые	Аврора	48,5	-11,8	+9,7
	Каскад	47	-27,2	-33,8
	Ладожский	35,6	+27,2	-19,4

Из среднеранних выделился сорт Памяти Осиповой, повышение урожайности которого при обработке растворами с 50% концентрацией препаратов составило 87,8%, а с обработкой рекомендуемой концентрации – 31,8%, по отношению к контролю. У сорта Гала отмечено увеличение урожайности на 33,3% при внесении 50% от рекомендуемой дозировки удобрений. Показатели урожайности среднеспелого сорта Ладожский, при обработке 50% растворами комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС, возросли на 27,2%.

По данным за 2019 год, представленным в таблице 2, наблюдается положительное влияние комплексных удобрений, что подтверждает наши данные, полученные в предыдущий год исследований. Раннеспелые сорта Удача и Ред Скарлетт, обработанные препаратами Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и Рексолин АВС, прибавили по урожайности более чем на 50% по сравнению с контролем (табл. 2). Очень ранний сорт Чароит показал хорошие результаты при применении удобрений, за счёт которых урожайность увеличилась в среднем на 18%. Возросли показатели урожайности у среднеранних сортов Елизавета и Памяти Осиповой по отношению к 2018 году, что свидетельствует о положительном влиянии испытываемых препаратов.



Таблица 2. Влияние комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС на урожайность картофеля в 2019 г.

Группа скороспелости	Сорт	Урожайность, т/га (контроль)	Изменчивость к контролю, %	
			вариант 1	вариант 2
Раннеспелые	Чароит	29	+12,1	+25,5
	Удача	38,8	+71,2	+45,9
	Ред Скарлетт	26,3	+54,1	+61,7
Среднеранние	Гала	29,4	+32,9	-21,3
	Елизавета	20,7	+39,1	+24,2
	Памяти Осиповой	40,2	+96,3	+42,4
Среднеспелые	Аврора	37,5	-14,9	+21,9
	Каскад	45,5	-31,6	-37,1
	Ладожский	37,8	+34,5	-21,7

Показатели содержания крахмала изменчивы в зависимости от содержания сухого вещества – чем выше процент сухого вещества в клубнях, тем больше крахмала (табл. 3). Применение комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС на раннеспелых сортах способствует повышению процентного содержания крахмала, как и на среднеранних сортах.

Таблица 3. Влияние комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС на качественные показатели клубней картофеля

Группа скороспелости	Сорт	Вариант	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг СВ	Крахмал, % в СВ
Раннеспелые	Чароит	К	21	99	15,1
		В - 1	21,9	106	15,7
		В - 2	24,2	99	16,4
	Удача	К	17,8	97	13,3
		В - 1	20,8	97	14,1
		В - 2	19,9	97	13,9
	Ред Скарлетт	К	21,3	96	10,7
		В - 1	22,1	99	12,1
		В - 2	24,8	97	12,4
Среднеранние	Гала	К	20,0	98	10,9
		В - 1	22,4	100	11,6
		В - 2	21,9	99	10,7
	Елизавета	К	19,3	106	14,4
		В - 1	22,4	104	16,7
		В - 2	21,3	99	16,1
	Памяти Осиповой	К	23,5	101	12,2
		В - 1	26,1	99	13,9
		В - 2	24,8	99	13,5
Среднеспелые	Аврора	К	23,8	101	14,6
		В - 1	19,2	101	14,2
		В - 2	22,4	106	15,1
	Каскад	К	21,3	102	15,1
		В - 1	20,1	100	14,4
		В - 2	19,7	101	14,2
	Ладожский	К	22,6	99	12,5
		В - 1	23,2	99	13,2
		В - 2	22,1	100	12,1

**Выводы.** По результатам исследований за 2018 и 2019 годы можно сделать предварительные выводы о том, что применение комплексного удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин АВС положительно влияет на урожайность и качество картофеля районированных сортов отечественной селекции. Полученные данные по урожайности и качественным показателям раннеспелых и среднеранних сортов (Чароит, Удача, Ред Скарлетт, Гала, Елизавета, Памяти Осиповой) показывают существенный прирост урожайности клубней (на 16,5-66,5% в первый год исследований и 12,1-71,0% – во второй год) при использовании препаратов. При этом увеличивается содержание сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля. На среднеспелых сортах (Аврора, Каскад, Ладожский) удобрения не оказали существенного влияния ни на урожайность, ни на качество клубней. Вероятно, на это сказываются индивидуальные биологические особенности растений этой группы скороспелости. Возможно, в дальнейших исследованиях стоит изменить дозировку препаратов и сроки внесения для получения положительных результатов.

### Литература

1. **Zuckerman L.** The Potato: How the Humble Spud Rescued the Western World. North Point Press, New York, NY, 1999. – 340 с.
2. **Савельев В.А.** Картофель: монография. – 2-е изд., стер. – СПб.: Изд.-во «Лань», 2017. – 240 с.
3. **Писарев Б.А.** Сортотехника картофеля. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
4. **Ивенин В.В., Ивенин А.В.** Агротехнические особенности выращивания картофеля: учебное пособие / Под ред. В. В. Ивенина. – 2-е изд., перераб. – СПб.: Изд.-во «Лань», 2015. – 336 с.: ил.
5. **Гаспарян И.Н., Гаспарян Ш. В.** Картофель: технологии возделывания и хранения: учебное пособие. – СПб.: Изд.-во «Лань», 2017. – 256 с.
6. **Бронштейн П.М., Спиридонов А.М.** Влияние новых комплексных удобрений на урожайность отечественных сортов картофеля разной спелости в условиях Северо-Запада РФ // Роль молодых учёных и исследователей в решении актуальных задач АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и обучающихся / СПбГАУ. – СПб., 2019. – С 56-59.
7. **Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.** Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 516 с.
8. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Изд.-во «Колос», 1965. – 423 с.
9. **Agri Stream: удобрение для профессионалов:** сайт. – URL: <https://agrifleks.ru/> (дата обращения: 17.11.2019) – Текст: электронный.
10. **Писарев Б.А.** Ранний картофель. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 48 с.
11. **Комаров А.А., Суханов П.А., Комаров А.А.** Результаты производственных испытаний действия гуминовых удобрений на урожайность картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (54). – С. 74-79.

### Literatura

1. **Zuckerman L.** The Potato: How the Humble Spud Rescued the Western World. North Point Press, New York, NY, 1999. – 340 p.
2. **Savelyev V.A.** Potato: monographia. – 2-e isd. ster. - St. Petersburg: Isd.-vo "Lanj", 2017. – 240 s.
3. **Pisarev B.A.** Sortovaja agrotehnika kartofelja/ – M., Agropromisdat, 1990. – 208 s.
4. **Ivenin V.V., Ivenin A.V.** Agrotehnisheskie osobennosti vyrashivaniya kartofelja: ushebnoe posobie/ pod red. V.V. Ivenina. – 2-e isd.,pererab. – SPb.: Isd.-vo "Lanj", 2015. – 336 s.
5. **Gasparjan I.N., Gasparjan Sh.V.** Kartofel: tehnologii vosdelivaniya b hranrnija: ushebnoe posobie. – SPb.: Isd.-vo Lanj, 2017. – 256 s.

6. **Bronstein P.M., Spiridonov A.M.** Vlijanie novih kompleksnih udobrenii na uroshainostj oteshestvennih sortov kartofelja rasnoi spelosti v uslovijah severo-sapada RF//Rolj molodih uschenih v reshenii aktualnih sadash APK: materialy meshdunarodnoi naushno-praktisheskoj konferenzii molodih ushenih i obushajushih sja SPbGAU. – SPb., 2019. – S. 56-59/
7. **Gosudarstvennyy** Reestr selekzionnih dostishenii, dopushennih k ispolsovaniju, T.1 “Sorta rastenii” (ofizialnoe isdanie). – M.: FGBNU “Rosinformagroteh”, 2019. – 516 s.
8. **Dospehov B.A.** Metodika polevogo opita (s osnovami statistisheskoj obrabotki rezultatov issledovanii). – M.: Isd-vo “Kolos”, 1965. – 423 s.
9. **Agri Stream:** udobrenie dlja professionalov: sait. URL: <https://agrifleks.su/> (data obrashenija 17.11.2019) – Test elektrinnij.
10. **Pisarev B.A.** Rannij kartofel'. – M.: Rossel'hozizdat, 1980. – 48 s.
11. **Komarov A.A., Suhanov P.A., Komarov A.A.** Resultaty proisvodstvennih ispitanii deistvija guminovih udobrenii na uroshainostj kartofelja//Isvestija Sank-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. –N.1 (54). – S. 74-79.

УДК 631.86:631.445.24(470.23)

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11082

Доктор с.-х. наук **Л.А. ТРУСОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [trusova48@list.ru](mailto:trusova48@list.ru))  
Аспирант **И.Ю. АЛФЁРОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [i\\_rishcream@list.ru](mailto:i_rishcream@list.ru))

## **ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ОРГАВИТА И БИОЗЕМА НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И НАКОПЛЕНИЕ В НИХ НИТРАТОВ**

Использование органических удобрений способствует расширенному воспроизводству плодородия почв и систематическому росту продуктивности земледелия [1], в частности, удобрений на основе птичьего помета. Использование помета в качестве удобрений решает следующие задачи в сельском хозяйстве:

- способствует повышению плодородия почв;
- решает проблемы загрязнения пометом территорий вблизи птицефабрик и мест хранения.

Вследствие ненормируемого накопления побочных продуктов птицеводства создается угроза окружающей среды. Огромные территории становятся потенциально опасными источниками загрязнения (эвтрофикация водоемов) и резервации для распространения возбудителей множества инфекционных заболеваний [2].

Птичий помет является одним из самых ценных, концентрированных и быстродействующих органических удобрений [3]. Он имеет высокое содержание питательных веществ, необходимых для роста растений. В свежем помете кур содержится от 1,2 до 2,4% азота, 1,5 – 2,0% фосфора, 0,8 – 1,0% калия и других микроэлементов [4]. Птичий помет способствует улучшению свойств почвы и предотвращению эрозии, особенно это проявляется после его длительного применения. Многими исследователями было отмечено, что при длительном использовании куриного помета увеличивается содержание органического вещества, изменяются биологические и физико-химические свойства почвы [5,6,7].

Все виды помета птиц при внесении их в эквивалентных с минеральными удобрениями дозах не уступают последним по действию, а нередко и превосходят их [3].

**Цель исследования** – изучить влияние органического удобрения оргавит на основе куриного помета и биологического грунта биозем на основе куриного помета и торфа на урожайность и качество кабачков, картофеля и яровой пшеницы, выращенных на фоне

минеральных удобрений, и без их внесения, а также накопление нитратов в исследуемых культурах.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводили в условиях полевого опыта с 2017-го по 2019 гг. на малом опытном поле СПбГАУ (г. Пушкин).

Перед закладкой опыта почва имела следующие агрохимические показатели:

- содержание органического вещества – 7,0%;
- близкая к нейтральной реакция среды рНКС1 – 5,8;
- очень высокое содержание подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 384,8 мг/кг;
- повышенное содержание обменного калия (K<sub>2</sub>O) – 145,7 мг/кг;
- высокая сумма поглощенных оснований – 23,2 мг-экв/100г почвы и ёмкость катионного обмена почвы – 92,4%.

Для определения органического вещества в почве использовали метод Тюрина (ГОСТ 26213-91), содержание подвижного калия (K<sub>2</sub>O) и подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) определяли по методу Кирсанова (ГОСТ 54650-2011), сумму поглощенных оснований – методом Каппена (ГОСТ 27821-88).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика профиля почвы опытного участка

Горизонт	A			A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2g</sub>
Мощность, см	3 – 15	15 – 30	30 – 45	45 – 55	55 – 70	70 – 97
pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	6,4	6,3	6,4	6,3	6,3	6,2
pH <sub>(КС1)</sub>	5,4	5,3	5,4	5,3	5,3	5,2
Hг (ммоль(экв)/100г)	2,57	3,05	2,25	1,46	1,34	1,06
Органическое вещество, %	7,6	6,7	4,0	1,4	1,0	0,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	562	554	396	92	91	161
K <sub>2</sub> O мг/кг	195	150	110	73	78	85
N - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/кг	3,0	1,3	-	-	-	-

Почва экспериментального участка – дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глееватая, на моренном суглинке. Профиль почвы имеет следующее морфологическое строение:

*A<sub>d</sub> (O) (0 – 3 см)* – дерновый горизонт;

*A (AY) (3 – 45 см)* – гумусово-аккумулятивный горизонт. Почва уплотненная и влажная, характеризуется темно-серой окраской, структура горизонта средне-комковатая, имеет среднесуглинистый гранулометрический состав. Горизонт имеет включения и новообразования в виде корней растений, червоточин, первичных и вторичных минералов (полевой шпат и кварц), остатки кирпича по всему горизонту. Переход в низлежащий горизонт ярко выражен по цвету, представлен затеками;

*A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (AYEL) (45 – 55 см)* – гумусово-элювиальный горизонт. Горизонт влажный, уплотненный, имеет светло-серо-пепельную окраску, призматическую структуру, среднесуглинистый гранулометрический состав. Из включений и новообразований – гумусовые затеки, первичные и вторичные минералы, единичные корни растений, угольки. Переход в низлежащий горизонт слабо выражен по цвету и плотности;

*B<sub>1</sub> (BT<sub>1</sub>) (55 – 70 см)* – иллювиальный горизонт. Горизонт влажный, уплотненный, цвет горизонта рыжевато-охристый, имеет призматическую структуру, среднесуглинистый гранулометрический состав. Горизонт имеет включения и новообразования: моренная щебенка, валуны, первичные и вторичные минералы, гумусовые пятна, закисная форма железа в виде пятен, Fe-Mn конкреции, угольки. Переход в низлежащий горизонт слабо выражен по цвету, хорошо различим по плотности, переход ровный.

*B<sub>2g</sub>(BT<sub>2</sub>) (70 – 97 см)* – иллювиальный горизонт. Цвет горизонта рыжевато-охристый с сизыми пятнами, структура призмовидная, влажный, плотный, глееватый, имеет среднесуглинистый гранулометрический состав. Включения и новообразования представлены в виде валунов, первичных и вторичных минералов, имеются угольки, незначительные пятна гумуса [8].

Данный опыт проведен в четырехкратной повторности на делянках площадью 5 м<sup>2</sup>.

Схема опыта состояла из шести вариантов: 1. Контроль (без внесения удобрений); 2. Фон (N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>); 3. Оргавит на основе куриного помета (2 т/га); 4. Оргавит на основе куриного помета (2 т/га) + фон; 5. Биозем (10 т/га); 6. Биозем (10 т/га) + фон.

Удобрения в почву вносили в год закладки опыта под весеннюю обработку в дозах: оргавит – 2 т/га, биозем – 10 т/га. В опыте использовали минеральные удобрения: аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий из расчета N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на планируемую урожайность кабачков 80 – 100 т/га.

Удобрение оргавит используется для повышения плодородия почв и производится на основе сухого птичьего помета. Оно содержит все необходимые для роста растений макро- и микроэлементы, а гранулированная форма оргавита обеспечивает равномерность внесения его в почву. Данное удобрение получается путём высокотемпературной сушки птичьего помета с последующей грануляцией, благодаря чему происходит обеззараживание от возбудителей заболеваний и семян сорных растений [9].

Биозем производят на основе торфа и куриного помета путем горячего компостирования в стационарных компостерах. Он используется для создания плодородного слоя почвы и повышения всхожести растений, а также в качестве компонента тепличных и садовых грунтов. Характеристика оргавита и биозема представлена в таблице 2.

Таблица 2. Содержание элементов питания в оргавите и биоземе

Наименование удобрения	Органическое вещество, %	pH <sub>(KCl)</sub>	Азот, %	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	Калий (K <sub>2</sub> O), %
Оргавит на основе куриного помета	89,2	6,5	4,76	2,63	2,07
Биозем	84,6	7,4	0,58	0,50	0,22

Действие оргавита и биозема изучали в 2017 г. на культуре кабачка сорта Цукеша. Характеристика сорта: сорт раннеспелый, плоды цилиндрической формы, весом до 900 г, средняя длина 35 – 40 см, диаметр – 12 см. Сорт характеризуется хорошей лежкостью, высокой урожайностью (закрытый грунт – 12 кг/м<sup>2</sup>, открытый грунт – 8 – 12 кг/м<sup>2</sup>).

Во второй год исследований (2018 г.) изучали последствие оргавита и биозема на культуре картофеля сорта Ред Скарлетт. Характеристика сорта: сорт столового назначения, раннеспелый. Растение среднерослое, лист среднего размера, темно-зеленый, венчик среднего размера, красно-фиолетовый. Максимальная урожайность – 27 т/га. Клубень овально-продолговатой формы с мелкими глазками, поверхность клубня почти гладкая, слегка шелушащаяся, красная, мякоть светло-желтая. Содержание крахмала – до 15,6%. Вкус хороший. Сорт устойчив к фитофторозу клубней, раку картофеля и золотистой нематоды.

В третий год исследований изучали очередной год последствия на яровой пшенице сорта Дарья. Сорт среднеспелый с вегетационным периодом от 85 до 95 дней. Масса 1000 зерен в среднем составляет от 33 до 38 граммов, натура зерна 782 г. Содержание сырой

клейковины 31 – 33%. Содержание белка в среднем 15%, клейковины 34 – 35%. Сорт хорошо устойчив к полеганию, на среднем уровне поражается мучнистой росой, сорт умеренно восприимчив к септориозу. Является ценной пшеницей по хлебным качествам.

Все сорта исследованных культур включены в Госреестр селекционных достижений и допущены к использованию на территории Российской Федерации.

Климатические условия вегетационных периодов 2017, 2018, 2019 годов представлены на рисунке 1 и 2. Летний период 2017 г. характеризуется невысокими температурами и умеренным количеством осадков, близким к среднемуголетним значениям, за исключением последней декады августа, отличающейся высоким значением выпавших осадков. Весь вегетационный период 2018 г. был теплее средних многолетних значений и более засушлив, и лишь в первой декаде июля температура снизилась до значений 2017 г., а количество осадков вдвое превысило многолетние значения. Вторая половина вегетационного периода 2019 г. отличалась температурами ниже средних многолетних и была на уровне 16 – 18 градусов при крайне низком количестве осадков после длительного увлажнения в первые две декады июля, что отличалось от оптимальных условий для получения хорошего урожая пшеницы.

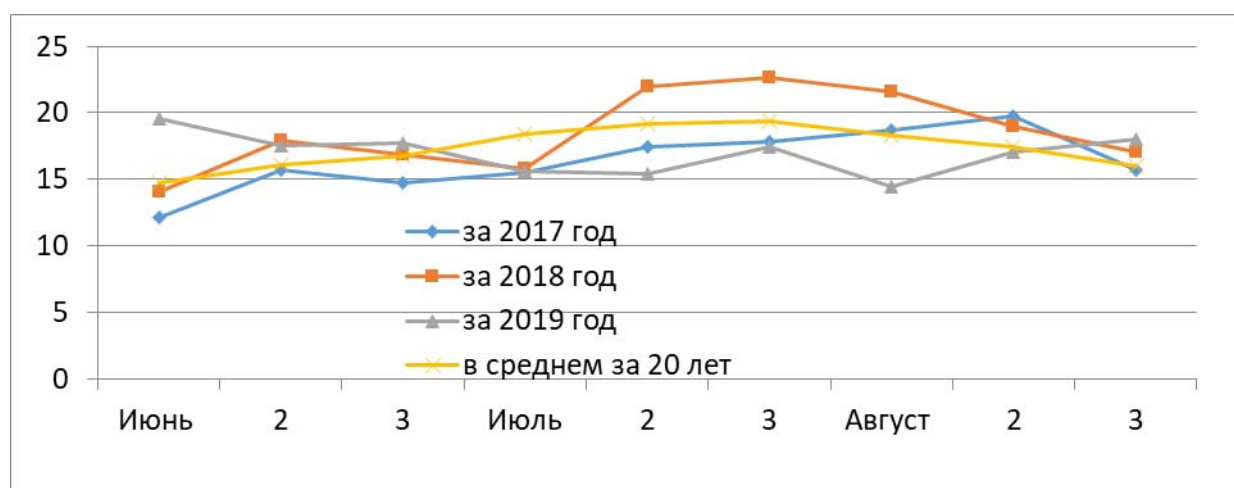


Рис. 1. Среднедекадная температура воздуха, °С

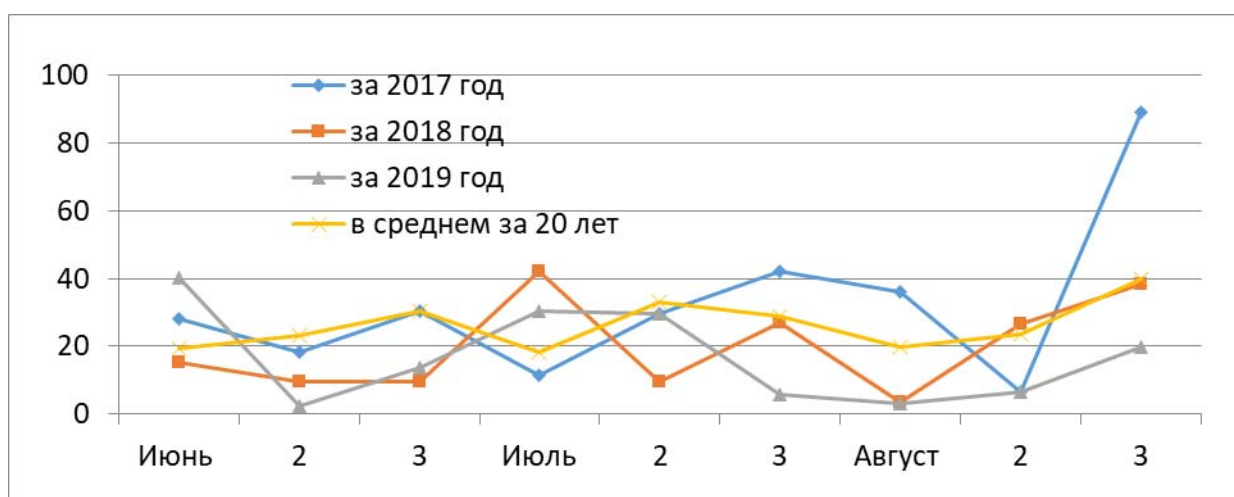


Рис. 2. Среднедекадное количество осадков, мм

**Результаты исследований.** Полученные результаты исследований статистически обработаны с помощью пакета программ AgCStat в виде надстройки М.О. Excel [10] и представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Действие удобрений на урожайность культур (2017 – 2019 гг.)

Варианты опыта	2017 г.			2018 г.			2019 г.		
	Урожайность кабачков, т/га	Прибавка к фону		Урожайность картофеля, т/га	Прибавка к фону		Урожайность пшеницы, т/га	Прибавка к фону	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Контроль	45,9	-20,1	-31	18,2	-1,5	-8	4,36	-0,12	-3
Фон (N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )	66,0	0	0	19,7	0	0	4,48	0	0
Оргавит	54,2	-11,8	-18	21,6	1,9	10	4,91	0,43	10
Оргавит + фон	83,5	17,5	27	25,8	6,1	31	4,95	0,47	11
Биозем	47,2	-18,8	-28	21,9	2,2	11	4,71	0,23	5
Биозем + фон	76,5	10,5	16	22,6	2,9	15	4,78	0,30	7
НСР <sub>05</sub> , т/га	2,64–		–	2,05		–	0,212		–

Действие оргавита и биозема в год внесения проявилось по-разному. Максимальная урожайность кабачков была получена при внесении оргавита и составила 54,2 т/га, что было на 7,0 т/га больше, чем при внесении биозема. Действие оргавита на фоне минеральных удобрений увеличило урожайность по отношению к фону на 27%, биозема – на 16%.

В первый год последствия в вариантах с использованием оргавита и биозема увеличение урожайности картофеля было в пределах 10-11%. Выявлено положительное влияние совместного использования оргавита и минеральных удобрений, прибавка урожайности составила 31% относительно фона. В варианте биозем + фон прибавка была 15% [11].

Таблица 4. Влияние удобрений на накопление нитратов с.-х. культурами, мг/кг

Варианты опыта	Содержание нитратов в кабачках, мг/кг 2017 г.	Прибавка по отношению к фону		Содержание нитратов в картофеле, мг/кг 2018 г.	Прибавка по отношению к фону	
		мг/кг	%		мг/кг	%
Контроль	107,8	-118,7	-52	43,0	-7,7	-15
Фон (N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )	226,5	0	0	50,7	0	0
Оргавит	112,2	-114,3	-50	39,5	-11,2	-28
Оргавит + фон	241,2	14,7	7	52,3	1,6	3
Биозем	72,9	-153,6	-68	41,0	-9,7	-24
Биозем + фон	248,0	21,5	9	53,5	2,8	6
НСР <sub>05</sub> мг/кг	16,16		–	2,57		–

На второй год последствия по отношению к фону в вариантах с оргавитом было получено достоверное повышение урожайности пшеницы на 10–11%, в вариантах с биоземом прибавка урожайности составила 5–7%.

Кроме того, исследовали влияние удобрений на качество культур, данные по содержанию нитратов в кабачках и картофеле представлены в таблице 4.

Внесение оргавита и биозема не оказало существенного влияния на накопление нитратов, как в кабачках, так и в клубнях картофеля. Максимальное содержание нитратов в кабачках было в вариантах на фонах с минеральными удобрениями – 226,5 – 248 мг/кг, применение которых увеличивало содержание нитратов более чем в 2 раза по сравнению с контролем и вариантами с использованием только органических удобрений. Максимальное содержание нитратов в клубнях картофеля составило 53,5 мг/кг и был примерно одинаковым по всем вариантам опыта. В первый и второй годы исследования показатель содержания нитратов в культурах был ниже предельно допустимой концентрации. Вероятно, различные погодные условия (2017 – 2018 гг. существенно отличались по ГТК) сказались на интенсивности минерализации удобрений и накопления нитратного азота в почвах и, как следствие, поступление его в растения.

#### **Выводы:**

1. Наиболее эффективным по действию и последствию на урожайность культур в звене севооборота «кабачки – картофель – яровая пшеница» был вариант с применением оргавита как на фоне минеральных удобрений, так и без их внесения.
2. Внесение оргавита и биозема не оказывало существенного действия и последствия на повышение содержания нитратов в кабачках и картофеле как на фоне минерального питания, так и без него.

#### **Литература**

1. **Минеев В.Г.** Агрохимия: учебник. – М.: КолосС, 2004. – 720 с.
2. **Назарюк В.М.** Эколого-агрохимические и генетические проблемы регулируемых агроэкосистем. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 240 с.
3. **Ягодин Б.А., Жуков Ю.П.** Агрохимия: учебник/Под ред. Б.А. Ягодин. – М.: Мир, 2004. – 362 с.
4. **Иванова А.И.** Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помёта: учебник/Под общей редакцией А. И. Иванова, В. В. Лапы. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. – 317 с.
5. **Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clayton and J.P. Carefoot.** 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal* 64(3): 962-966.
6. **Yang, S., F. Li, S.S. Malhi, P. Wang, D. Suo and J. Wang.** 2004. Long-term fertilization effects on crop yield and nitrate nitrogen accumulation in soil in Northwestern China. *Agronomy Journal* 96(4): 1039-1049.
7. **Tejada, M., M. T. Hernandez and C. Garcia.** 2006. Application of two organic amendments on soil restoration: effects on the soil biological properties. *Journal of Environmental Quality* 35(4): 1010-1017.
8. **Трусова Л.А., Петров Д.В.** Эффективность действия и последствия оргавита и компоста многоцелевого назначения при возделывании свеклы и щавеля в условиях Северо-Запада РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (51). – С. 42-48.
9. **Оргавит** [Электронный ресурс]. – URL:<http://orgavit.ru> ( дата обращения: 30.12.2019).
10. **Биозем** [Электронный ресурс]. – URL:<http://biosem.ru> (дата обращения: 30.01.2020).
11. **Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г.** Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации. – М: Современные тетради, 2003. – С.559-564.
12. **Трусова Л.А., Алфёрова И.Ю.** Сравнительная оценка органической и органоминеральной системы удобрения на дерново-подзолистой почве в условиях Ленинградской области// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 (55). – С. 46-51.



## Literatura

1. Mineev V.G. Agrohimiya: uchebnik. – M.: KolosS, 2004. – 720 s.
2. Nazaryuk V.M. Ekologo-agrohimicheskie i geneticheskie problemy reguliruemymh agroekosistem. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. – 240 s.
3. YAgodin B.A., ZHukov YU.P. Agrohimiya: uchebnik/Pod.red. B.A. YAgodin. – M.: Mir, 2004. – 362 s.
4. Ivanova A.I. Proizvodstvo, izuchenie i primeneniye udobrenij na osnove ptich'ego pomyota: uchebnik/Pod obshej redakciej A. I. Ivanova, V. V. Lapy. – SPb.: FGBNU AFI, 2018. – 317 s.
5. Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clayton and J.P. Carefoot. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. Soil Science Society of America Journal 64(3): 962–966.
6. Yang, S., F. Li, S. S. Malhi, P. Wang, D. Suo and J. Wang. 2004. Long-term fertilization effects on crop yield and nitrate nitrogen accumulation in soil in Northwestern China. Agronomy Journal 96(4): 1039-1049.
7. Tejada, M., M.T. Hernandez and C. Garcia. 2006. Application of two organic amendments on soil restoration: effects on the soil biological properties. Journal of Environmental Quality 35(4): 1010-1017.
8. Trusova L.A., Petrov D.V. Effektivnost' dejstviya i posledejstviya orgavita i komposta mnogocelevogo naznacheniya pri vozdeyvanii svekly i shchavelya v usloviyah Severo-Zapada RF // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 2 (51). – S. 42-48.
9. Orgavit [Elektronnyj resurs]. – URL:<http://orgavit.ru> ( data obrashcheniya: 30.12.2019).
10. Biozem [Elektronnyj resurs]. – URL:<http://biozem.ru> (data obrashcheniya: 30.01.2020).
11. Gonchar-Zajkin P.P., CHertov V.G. Racional'noe prirodopol'zovanie i sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo v yuzhnyh regionah Rossijskoj Federacii. – M: Sovremennye tetradi, 2003. – S.559-564.
12. Trusova L.A., Alfiorova I.YU. Sravnitel'naya ocenka organicheskoj i organomineral'noj sistemy udobreniya na dernovo-podzolistoj pochve v usloviyah Leningradskoj oblasti// Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 2 (55). – S. 46-51.

УДК 631.416.8

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11088

Канд. биол. наук **М.А. ЕФРЕМОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [marina\\_efremova@mail.ru](mailto:marina_efremova@mail.ru))

Аспирант **А.А. ЛОХМАТОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [anastasiia.lokhmatova@gmail.com](mailto:anastasiia.lokhmatova@gmail.com))

Аспирант **В.В. МИТРОФАНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [v-123@yandex.ru](mailto:v-123@yandex.ru))

### **ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ КАДМИЯ, ЦИНКА И РТУТИ ПШЕНИЦЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОЧВЫ**

Накопление химических элементов растениями – это сложный процесс, который зависит от их физико-химических свойств, генетических особенностей растений, физико-химических свойств почвы, климатических особенностей окружающей среды. Изучение подвижности химических элементов-аналогов в системе почва-растение позволяет сделать обобщения, хорошо отражающие механизмы их биологической доступности [1, 2]. С агроэкологической точки зрения большой интерес представляет исследование взаимодействия цинка, кадмия и ртути при накоплении растениями из почвы. Эти элементы подвижны в пищевых цепях, что имеет особое значение с учетом биологической роли эссенциального цинка и его токсичных химических аналогов, кадмия и ртути.

В соответствии со строением атома эти элементы относятся к 12 группе d-элементов периодической системы Д.И. Менделеева, т.е. их атомы имеют одинаковые электронные

конфигурации на их валентных оболочках [3], и располагают схожими химическими свойствами. Однако поведение этих тяжелых металлов в окружающей среде не может быть абсолютно предсказуемым, т.к. их свойства немонотонно изменяются относительно друг друга. Так, размер радиусов атомов и ионов Cd и Hg значительно ближе друг к другу, чем к Zn, при этом энергия ионизации и электроотрицательность ртути заметно выше, чем соответствующие показатели цинка и кадмия, что способствует образованию прочных ковалентных связей ртути с веществами почвы, особенно с органическими соединениями [4, 5, 6].

**Цель исследования** – выявить закономерности динамики накопления цинка, кадмия и ртути яровой пшеницей из почвы в течение периода вегетации при изменении химических и биологических факторов почвенной среды.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В разные годы были проведены два вегетационных опыта по выращиванию яровой пшеницы на двух почвенных субстратах, искусственно загрязненных тяжелыми металлами: дерново-подзолистой почве и техногенном почвенном грунте. Опыты были поставлены на территории малого опытного поля Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, в вегетационном домике.

В вегетационном опыте на дерново-подзолистой почве выращивалась яровая пшеница сорта Сударыня. Схема опыта состояла из трех вариантов:

1)  $N_{0,15}P_{0,10}K_{0,10}+Cd+Hg$ ; 2)  $N_{0,15}P_{0,10}K_{0,10}+Cd+Hg+Zn$ ; 3)  $N_{0,15}P_{0,10}K_{0,10}+Cd+Hg+Zn$ +микробиопрепарат Мизорин. Повторность опыта – трёхкратная. Растения выращивались в сосудах Кирсанова. Масса почвы в сосуде – 5 кг. В почву была внесена азофоска (N:P:K=16:16:16) с рекомендованным для вегетационных опытов количеством макроэлементов [7]. Тяжёлые металлы внесены в почву в составе растворов нитрата ртути и ацетатов кадмия и цинка. В каждом сосуде произрастало 25 растений пшеницы. Инокуляция семян пшеницы микробиопрепаратом Мизорин, содержащим ассоциативные бактерии *Arthrobacter mysoarens*, производилась непосредственно перед посевом.

Для опыта была использована дерново-подзолистая среднесуглинистая среднеокультуренная почва, с повышенным содержанием органического вещества (4,05%), близкой к нейтральной реакции среды (рН<sub>KCl</sub> 5,76), высоким содержанием подвижного фосфора (153,6 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/кг) и низким – подвижного калия (51,5 мг K<sub>2</sub>O/кг). В условиях Ленинградской области такие почвы формируются на карбонатной морене в пределах Ордовикского плато. Почва характеризовалась невысоким валовым содержанием тяжелых металлов: Cd – 0,49; Hg – 0,04; Zn – 31,9 мг/кг. При закладке опыта в почву были внесены тяжелые металлы из расчета: Cd – 1,0; Hg – 1,0; Zn – 55 мг/кг, т.е. содержание Cd в почве было доведено до уровня 0,5 ОДК (для суглинистых почв с рН>5,5), Hg – 0,5 ПДК, Zn – 0,25 ОДК.

Образцы почвы и растений отбирались семь раз в разные фенологические фазы роста пшеницы (табл. 1). Возраст растений отсчитывали от момента прорастания семян.

Таблица 1. Точки отбора растительных проб и фенологические фазы роста и развития пшеницы

Варианты	Возраст растений, сутки								
	19	24	33	38	43	48	53		
<i>Опыт на дерново-подзолистой почве</i>									
NPK+Cd+Hg	Всходы	Кущение			Выход в трубку				
NPK+Cd+Hg+Zn	Всходы	Кущение			Выход в трубку				
NPK+Cd+Hg+Zn+Мизорин	Всходы	Кущение			Выход в трубку		Начало колошения		
<i>Опыт на техногенном почвенном грунте</i>									
	14	21	26	31	42	51	59	70	83
NPK+Cd+Hg	Всходы	Кущение	Выход в трубку		Колошение	Молочная спелость		Восковая спелость	

Второй вегетационный опыт был поставлен на техногенном дисперсном минеральном почвенном грунте, имеющем слабощелочную реакцию среды ( $pH_{KCl}$  7,85), очень низкое содержание гумуса (1,9%), среднее содержание подвижного фосфора (9,2 мг  $P_2O_5$ /кг), очень низкое содержание калия (3,8 мг  $K_2O$ /кг), очень высокую степень насыщенности основаниями (50,4 ммоль/100 г). Валовое содержание ртути и кадмия в почвогрунте до искусственного загрязнения было  $0,07 \pm 0,002$  мг/кг и  $0,72 \pm 0,16$  мг/кг соответственно, т.е. ниже допустимых для почвы нормативов. В грунт в той же дозе, что и в дерново-подзолистую почву была внесена азофоска и соли кадмия и ртути.

На почвогрунте в сосудах Кирсанова выращивалась яровая пшеница сорта Дарья. Злаковую культуру убирали в динамике 9 раз: на 14, 21, 26, 31, 42, 51, 59, 70, 83 сутки после всходов (табл. 1).

Физико-химические свойства почвы и грунта определяли в соответствии со следующими методиками: содержание гумуса – по методу Тюрина, обменная кислотность – согласно ГОСТ 26483-85, гидrolитическая кислотность – ГОСТ 26212-91, сумма поглощенных оснований – ГОСТ 27821-88, содержание фосфора и калия – ГОСТ Р 54650-2011. Валовое содержание тяжелых металлов в почве и растениях было определено методом атомно-абсорбционной спектроскопии. При этом тяжелые металлы из почвы выделяли 5 М  $HNO_3$  при кипячении в течение трех часов. Растения к анализу готовили способом мокрой минерализации в смеси концентрированных кислот  $HNO_3$  и  $HClO_4$  (соотношение 4:1). Содержание ртути определяли в почвенных и растительных образцах прямым методом.

Для характеристики динамики массы растений и выноса ими тяжелых металлов использовали математическую модель, в основу которой заложена логистическая функция [8]. Для расчета параметров модели использовали компьютерную программу Origin 9.0. Данные эксперимента обработаны статистическими методами дисперсионного и корреляционного анализа.

**Результаты исследований.** Динамика нарастания массы яровой пшеницы в опытах хорошо удовлетворяет S-образной логистической функции (рис. 1). Математическая обработка данных опытов в рамках модели В.Ф. Дричко [8] позволила вычислить удельную скорость роста растений на экспоненциальной (начальной) стадии их роста ( $\mu$ ), максимально возможную массу растений ( $M_{max}$ ), начальную массу роста растений ( $M_0$ ).

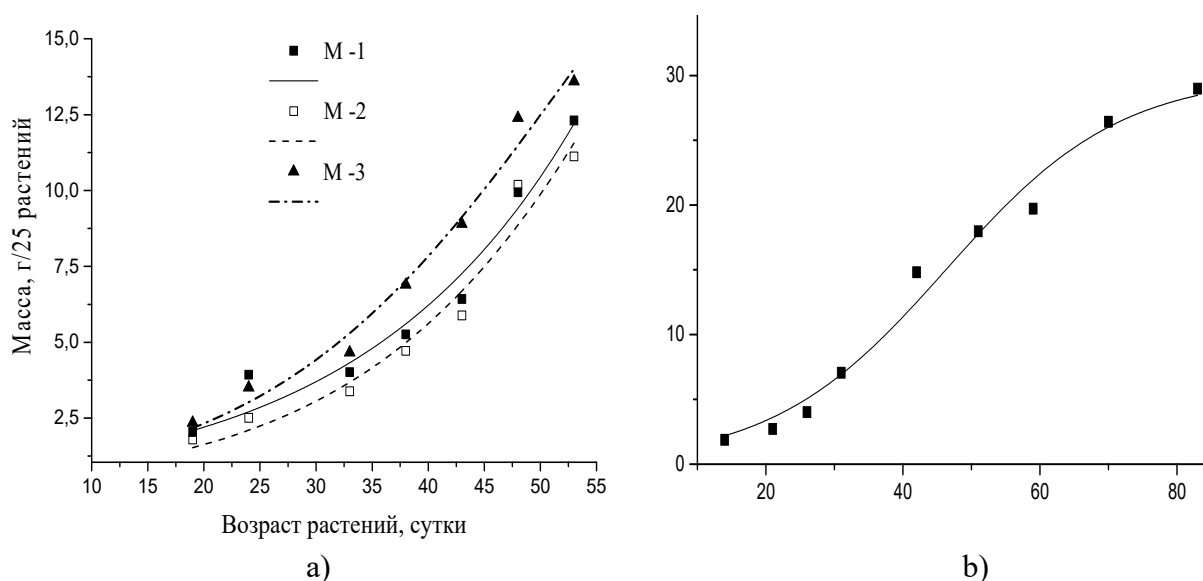


Рис. 1. Динамика массы пшеницы:

а) на дерново-подзолистой почве, где М-1 – NPK+Cd+Hg; М-2 – NPK+Cd+Hg+Zn; М-3 – NPK+Cd+Hg+Zn+Мизорин; б) на техногенном почвогрунте – NPK+Cd+Hg

Согласно данным, представленным в табл. 2, удельная скорость роста ( $\mu$ ) пшеницы сорта Сударыня на дерново-подзолистой почве была несколько выше при применении бактериального препарата, чем в других вариантах, однако это утверждение находится в пределах статистической погрешности.

Удельная скорость роста пшеницы сортов Сударыня и Дарья практически совпали, что хорошо соответствует сортовым характеристикам [9]: оба сорта среднеспелые.

Значения параметра  $M_{max}$  существенно не различались по вариантам в опыте на дерново-подзолистой почве. Рост и развитие растений в данном эксперименте были осложнены их заражением мучнистой росой, в результате чего опыт был прекращен раньше, чем началось колошение пшеницы (кроме варианта с Мизорином), пшеница не достигла своей максимально возможной массы, величина которой указана в табл. 2.

Таблица 2. Параметры динамики роста пшеницы и накопления ТМ

Масса растений		Вынос элементов			
показатель	значение	показатель	значение		
			Zn	Cd	Hg
<i>Опыт на дерново-подзолистой почве</i>					
NPK+Cd+Hg					
$M_0$ , г/25 растений	0,66	$A_0$ , мг/25 растений	0,033	$0,4 \cdot 10^{-3}$	-
$M_{max}$ , г/25 растений	27,46±13,56	$A_{max}$ , мг/25 растений	0,434±0,281	0,063±0,053	$(1,50 \pm 1,70) \cdot 10^{-3}$
$\mu$ , сут <sup>-1</sup>	0,070±0,017	$\varepsilon$ , сутки <sup>-1</sup>	0,062±0,038	0,050±0,025	0,073±0,026
R	0,993	R	0,954	0,979	0,991
NPK+Cd+Hg+Zn					
$M_0$ , г/25 растений	0,49	$A_0$ , мг/25 растений.	0,029	$0,4 \cdot 10^{-3}$	-
$M_{max}$ , г/25 растений	25,25±12,01	$A_{max}$ , мг/25 растений	1,77±2,12	0,026±0,006	$(0,69 \pm 0,40) \cdot 10^{-3}$
$\mu$ , сутки <sup>-1</sup>	0,070±0,005	$\varepsilon$ , сутки <sup>-1</sup>	0,081±0,057	0,122±0,052	0,093±0,024
R	0,984	R	0,956	0,956	0,996
NPK+Cd+Hg+Zn+Мизорин					
$M_0$ , г/25 растений	0,28	$A_0$ , мг/25 растений	0,052	$1,4 \cdot 10^{-3}$	-
$M_{max}$ , г/25 растений	24,22±22,72	$A_{max}$ , мг/25 растений	3,62±3,27	0,030±0,006	$(0,29 \pm 0,07) \cdot 10^{-3}$
$\mu$ , сутки <sup>-1</sup>	0,082±0,032	$\varepsilon$ , сутки <sup>-1</sup>	0,066±0,015	0,094±0,032	0,130±0,067
R	0,980	R	0,995	0,973	0,951
<i>Опыт на техногенном почвогрунте (NPK+Cd+Hg)</i>					
$M_0$ , г/25 растений	0,77	$A_0$ , мг/25 растений	-	-	$0,14 \cdot 10^{-3}$
$M_{max}$ , г/25 растений	30,05±2,01	$A_{max}$ , мг/25 растений	-	0,023±0,008	$(1,26 \pm 1,04) \cdot 10^{-3}$
$\mu$ , сутки <sup>-1</sup>	0,079±0,011	$\varepsilon$ , сутки <sup>-1</sup>	-	0,030±0,022	0,033±0,020
R	0,99	R	-	0,93	0,93

Таблица 3. Концентрация ТМ в растениях пшеницы

Возраст растений, сутки	19	24	33	38	43	48	53	среднее $\delta$ (%)		
<i>Опыт на дерново-подзолистой почве</i>										
Zn, мг/кг										
NPK+Cd+Hg	40,4	27,6	48,5	43,2	30	26,2	25,4	<u>34,5</u> 27,2		
NPK+Cd+Hg+Zn	-	115,6	75,6	80,2	121,6	81,2	84,7	<u>93,2</u> 21,5		
NPK+Cd+Hg+Zn +Мизорин	50,0	76,0	100,0	75,0	79,1	74,3	86,4	<u>77,3</u> 19,6		
Cd, мг/кг										
NPK+Cd+Hg	4,16	3,60	3,91	3,31	3,45	2,69	2,65	<u>3,39</u> 16,8		
NPK+Cd+Hg+Zn	2,29	2,94	2,81	3,33	3,18	2,56	1,93	<u>2,72</u> 18,2		
NPK+Cd+Hg+Zn +Мизорин	3,35	2,69	2,75	2,74	2,79	1,96	1,84	<u>2,59</u> 20,2		
Hg, $n \cdot 10^{-3}$ мг/кг										
NPK+Cd+Hg	26,4	15,3	-	24,0	26,6	23,4	28,2	<u>24,0</u> 26,9		
NPK+Cd+Hg+Zn	11,5	19,3	-	23,8	34,4	23,8	29,9	<u>23,8</u> 69,4		
NPK+Cd+Hg+Zn +Мизорин	19,0	16,4	-	23,7	30,2	16,4	20,8	<u>21,1</u> 94,6		
<i>Опыт на техногенном почвогрунте (NPK+Cd+Hg)</i>										
Возраст растений, сутки	14	21	26	31	42	51	59	70	83	среднее $\delta$ (%)
Cd, мг/кг	6,38	3,90	2,70	1,56	1,11	-	0,89	0,74	0,66	<u>2,24</u> 89,8
Hg, $n \cdot 10^{-3}$ мг/кг	123,0	79,3	42,7	43,7	27,1	35,9	22,9	23,3	28,7	<u>47,4</u> 70,1

Примечание:  $\delta$  (%) – коэффициент вариации признака в процентах от среднего содержания.

Согласно характеристике сорта пшеницы Сударыня [9], масса 1000 зерен составляет 30,3 г. Пересчет значения  $M_0$  на массу 1000 зерен в контрольном варианте опыта «NPK+Cd+Hg» показал наиболее близкий результат к указанному выше значению – 26 г. Высокая погрешность определения  $M_0$ , обусловленная, по-видимому, недостаточным количеством точек отбора проб в начальный период роста пшеницы, не позволяет интерпретировать этот параметр более глубоко.

В опыте на дерново-подзолистой почве при внесении цинка в почву концентрация кадмия в растениях в среднем по варианту была меньше, чем в контроле (NPK+Cd+Hg) (табл. 3). Можно утверждать, что между Zn и Cd проявилась конкуренция при переходе из почвы в растение, обусловленная близостью их химических свойств и значительным превышением содержания цинка над содержанием кадмия в почве.

При обогащении ризосферы пшеницы ассоциативными бактериями (вариант «NPK+Cd+Hg+Zn+Мизорин») антагонизм двух катионов стал еще более заметен. Согласно данным [10, 11], микроорганизмы продуцируют в окружающую среду экстрацеллюлярные полимерные вещества, полисахариды, способные связывать металлы в комплексные соединения. В то же время наличие полисахаридов напрямую связано с присутствием металлов, поскольку последние выполняют роль кофакторов при их синтезе. Действительно,

при предпосевной обработке семян бактериальным препаратом концентрация цинка в зеленой массе пшеницы в среднем уменьшилась в 1,3 раза по сравнению с предыдущим вариантом, концентрации кадмия и ртути в этих условиях тоже снизились, но различия между средними концентрациями по вариантам находились в пределах погрешности опыта.

Концентрация ртути в пшенице при внесении в почву цинка оставалась на уровне контрольного варианта. Таким образом, конкуренции между цинком и ртутью при переходе из дерново-подзолистой почвы в растения пшеницы не обнаружено.

В пшенице, произраставшей на техногенном почвенном грунте с  $pH_{KCl}$  7,85, содержание Cd в пшенице в среднем по опыту было в 1,5 раза меньше, чем на дерново-подзолистой почве с  $pH_{KCl}$  5,76. Различия усиливались в течение вегетационного периода. Так, если в начале фазы кущения различия по содержанию кадмия в растениях отсутствовали, то в конце фазы выхода в трубку концентрация Cd в растениях, выросших на почве (53 суток), была в 2,4 раза выше, чем в растениях на техногенном почвогрунте (42 суток).

Концентрация Hg в пшенице на техногенном почвогрунте уменьшилась в течение вегетационного периода в 4 раза. Средняя по этому опыту концентрация ртути была в 2 раза больше, чем содержание металла в растениях на дерново-подзолистой почве. Однако максимальное различие этих показателей в двух опытах было отмечено в начале периода вегетации (в 3 раза). Однако различия снижались в онтогенезе пшеницы, и в фазу выхода в трубку концентрации Hg в обоих опытах выравнивались.

Вынос тяжелых металлов пшеницей из почвы был рассчитан как произведение массы растений на концентрацию в них химического элемента (рис. 2). Внесение в почву Zn способствовало снижению выноса Cd пшеницей из почвы, при этом вынос Hg оставался на уровне контроля. При применении микробиопрепарата вынос Zn и Cd превышал этот показатель в аналогичном варианте без Мизорина в течение всего периода наблюдений, вынос Hg был выше только в начале вегетационного периода.

Согласно [8], вынос химических элементов растениями хорошо описывается логистической функцией. Математическая обработка данных в рамках предложенной модели позволяет вычислить максимальный вынос химического элемента растениями ( $A_{max}$ ); содержание элемента в зерне ( $A_o$ ); удельную скорость выноса химического элемента растениями в экспоненциальный период выноса ( $\varepsilon$ ) (табл. 2).

Как показали предыдущие исследования, экспоненциальный период выноса химических элементов у зерновых культур продолжается от начала роста растений до начала фазы выхода в трубку [12]. В данном опыте экспоненциальный период выноса кадмия и ртути пшеницей, произрастающей на дерново-подзолистой почве, составил 43 дня, и был примерно на 10 суток длиннее, чем в опыте, поставленном на техногенном почвогрунте (табл. 1). Задержка в развитии пшеницы, по-видимому, связана с её повреждением мучнистой росой.

В опыте, проведенном на почве, в экспоненциальный период удельная скорость выноса Cd пшеницей в вариантах с загрязнением почвы цинком была в 1,9–2,4 раза, Hg – в 1,3–1,8 раза выше, чем в контрольном варианте (табл. 2). При этом максимальный вынос Cd и Hg растениями из почвы ( $A_{max}$ ) был больше в контроле.

Сопряженный анализ значений параметра  $\varepsilon$ , полученных в двух параллельных экспериментах, проведенных на техногенном почвогрунте со щелочной реакцией среды ( $pH_{KCl}$  7,85) и на дерново-подзолистой почве ( $pH_{KCl}$  5,76), показал значительные различия между ними. Отмечена более высокая удельная скорость накопления Cd и Hg растениями ( $\varepsilon$ ) из дерново-подзолистой почвы (вариант «NPK+Cd+Hg»), чем из почвогрунта: в 1,7 раза и в 2,2 раза соответственно.

Согласно результатам моделирования, в обоих экспериментах (вариант «NPK+Cd+Hg») удельная скорость роста культуры ( $\mu$ ) была больше скорости выноса Cd ( $\varepsilon$ ), что соответствует снижению концентрации элемента в этот период (табл. 3). На дерново-подзолистой почве при  $\mu = \varepsilon$  концентрация Hg в растениях не изменялась в течение

экспоненциального периода роста пшеницы, на техногенном почвогрунте при  $\mu > \varepsilon$  наблюдалось снижение концентрации металла.

Показатель максимального выноса Cd пшеницей ( $A_{max}$ ), произрастающей на более кислой почвенной среде, был в 2,7 раза больше, чем на почвенном грунте.

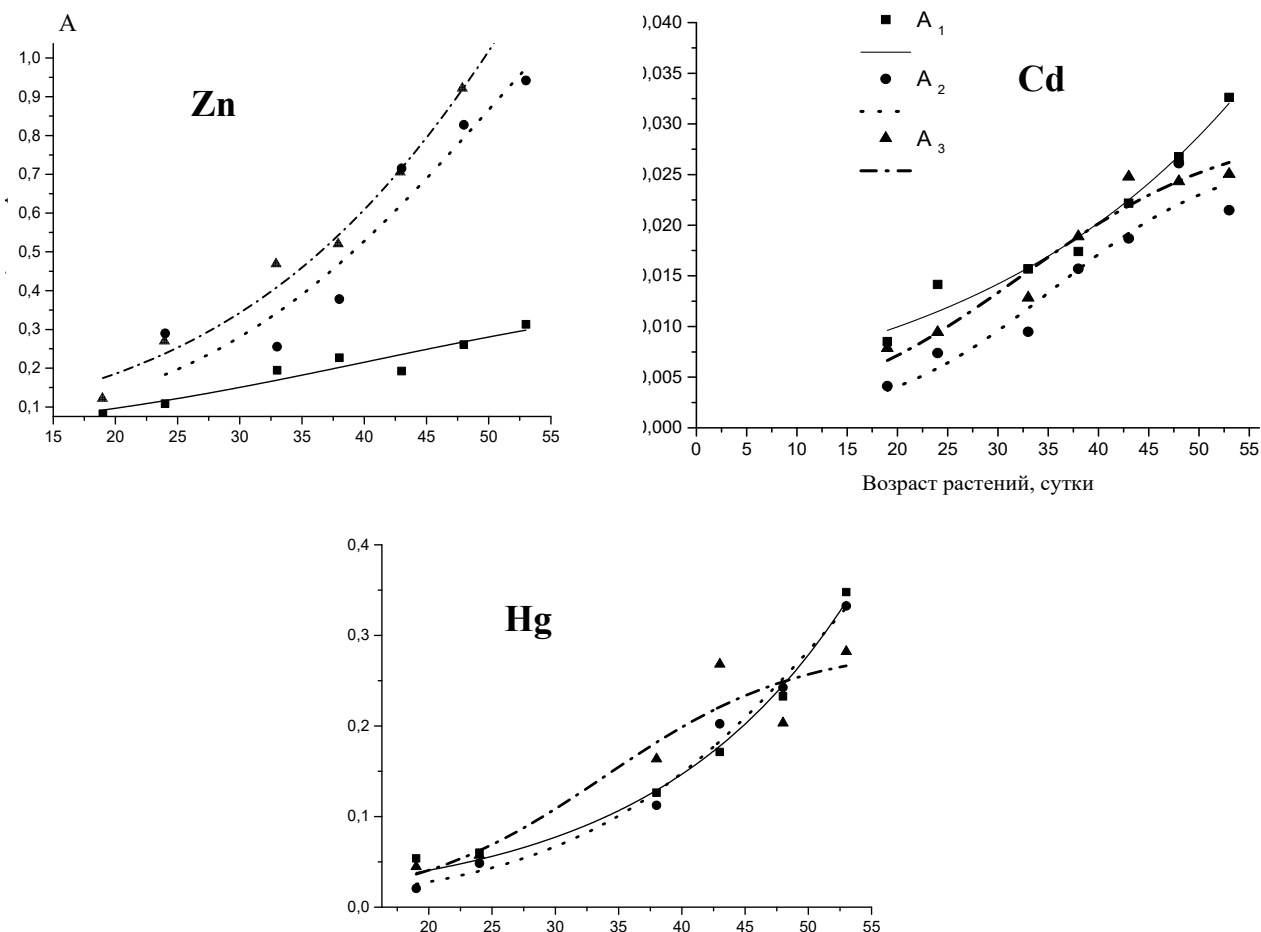


Рис. 2. Вынос тяжелых металлов пшеницей из почвы:  
 А – вынос металлов растениями (мг/25 растений): А<sub>1</sub> – вариант «NPK+Cd+Hg»,  
 А<sub>2</sub> – вариант «NPK+Cd+Hg+Zn»; А<sub>3</sub> – вариант «NPK+Cd+Hg+Zn+Мизорин»

### Выводы:

1. Между Zn и Cd проявилась конкуренция при переходе из дерново-подзолистой почвы в растения пшеницы. Внесение Zn в почву способствовало снижению концентрации Cd в пшенице и уменьшению выноса этого металла растениями из почвы. Влияние Zn на накопление Hg пшеницей из почвы не обнаружено.

2. При инокуляции семян бактериальным препаратом Мизорин проявилась тенденция увеличения массы пшеницы, удельной скорости роста культуры и выноса Zn и Cd пшеницей из дерново-подзолистой почвы.

3. При загрязнении дерново-подзолистой почвы цинком удельная скорость выноса Cd пшеницей в экспоненциальный его период была в 1,9–2,4 раза, Hg – в 1,3–1,8 раза выше, чем в контроле.

4. В пшенице, произраставшей на техногенном почвенном грунте с  $pH_{KCl}$  7,85, содержание Cd в среднем по опыту было в 1,5 раза меньше, чем в растениях на дерново-подзолистой почве с  $pH_{KCl}$  5,76. Различия усиливались в процессе онтогенеза.

5. Среднее по опыту содержание Hg в растениях на техногенном почвогрунте в 2 раза больше, чем на дерново-подзолистой почве. Однако в процессе роста пшеницы различия снижались и полностью нивелировались в фазу выхода в трубку.

6. Отмечена более высокая удельная скорость выноса Cd и Hg растениями ( $\epsilon$ ) из дерново-подзолистой почвы, чем из почвогрунта: в 1,7 раза и в 2,2 раза соответственно. При этом удельные скорости роста пшеницы на обеих почвенных средах существенно не различались.

### Литература

1. Дричко В.Ф., Поникарова Т.М., Ефремова М.А. Накопление  $^{137}\text{Cs}$  травами из торфяной низинной почвы при возрастающих дозах калийных и азотных удобрений // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1996. – Т. 36. – № 4. – С. 524-530.
2. Дричко В.Ф., Ефремова М.А., Изосимова А.А. Математическая модель накопления радионуклидов и тяжелых металлов растениями из почвы // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. – Т. 49. – № 2. – С. 166-171.
3. Куликова Д.И., Куликова Д.М. К вопросу о периодичности свойств химических элементов и их соединений // Вестник Казанского технологического университета. – 2007. – Т. 2. – С.14-20.
4. Szymczak J., Grajeta H. Mercury contents in soil and plant material // Polish J. Food nutr. science. – 1992. – V.1 – № 2. – P. 31-39.
5. Krishnamurty G.S.R., McArthur D.F.E., Wang M.K., Huang P.M. Biogeochemistry of soil cadmium and the impact on terrestrial food chain contamination // Biogeochemistry of trace elements in the rhizosphere. Ed.: G.R. Gobran, D.M. Huang. –Elsevier Science, Amsterdam, 2005. P. 197-257.
6. Xu J., Kleja D. B., Biester H., Lagerkvist A., Kumpiene J. Influence of particle size distribution, organic carbon, pH and chlorides on washing of mercury contaminated soil // Chemosphere. – 2014. – V.109. – P. 99-105.
7. Ефимов В.Н., Горлова М.Л., Лунина Н.Ф. Пособие к учебной практике по агрохимии. — М.: Колос, 2004. — 191 с.
8. Дричко В.Ф., Изосимова А.А. Методика определения удельных скоростей роста растений и выноса ими химических элементов из почвы. – СПб: АФИ, 2011. – 24 с.
9. Зубиков А.Н., Игнатьева Г.В. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Сударыня // Владимирский земледелец. – 2013. – № 4 (66). – С. 30-32.
10. Переломов Л.В., Переломова И.В., Пинский Д.Л. Молекулярные механизмы взаимодействия между микроэлементами и микроорганизмами в биокосных системах (биосорбция и биоаккумуляция) // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 80-94.
11. Flemming H.C. Sorption sites in biofilms // Water Science and Technology. – 1995. – V.32. – №12. – P. 27-33.
12. Ефремова М.А., Митрофанов В.В. Исследование динамики накопления кадмия овсом в опытах с водной и почвенной культурами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (50). – С. 62-68.

### Literatura

1. Drichko V.F., Ponikarova T.M., Efremova M.A. Nakoplenie  $^{137}\text{Cs}$  travami iz torfyanoj nizinoj pochvy pri vozrastayushchih dozah kalijnyh i azotnyh udobrenij // Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya. – 1996. – Т. 36. – № 4. – S. 524-530.
2. Drichko V.F., Efremova M.A., Izosimova A.A. Matematicheskaya model' nakopleniya radionuklidov i tyazhelyh metallov rasteniyami iz pochvy // Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya. – 2009. – Т. 49. – № 2. – S. 166-171.
3. Kulikova D.I., Kulikova D.M. K voprosu o periodichnosti svojstv himicheskikh elementov i ih soedinenij // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2007. – Т. 2. – S.14-20.



4. **Szymczak J., Grajeta H.** Mercury contents in soil and plant material // Polish J. Food nutr. science. – 1992. – V.1 – № 2. – P. 31-39.
5. **Krishamurty G.S.R., McArthur D.F.E., Wang M.K., Huang P.M.** Biogeochemistry of soil cadmium and the impact on terrestrial food chain contamination // Biogeochemistry of trace elements in the rhizosphere. Ed.: G.R. Gobran, D.M. Huang. –Elsevier Science, Amsterdam, 2005. P. 197-257.
6. **Xu J., Kleja D. B., Biester H., Lagerkvist A., Kumpiene J.** Influence of particle size distribution, organic carbon, pH and chlorides on washing of mercury contaminated soil // Chemosphere. – 2014. – V.109. – P. 99-105.
7. **Efimov V.N., Gorlova M.L., Lunina N.F.** Posobie k uchebnoj praktike po agrohimii. — M.: Kolos, 2004. — 191 s.
8. **Drichko V.F., Izosimova A.A.** Metodika opredeleniya udel'nyh skorostej rosta rastenij i vynosa imi himicheskikh elementov iz pochvy. – SPb: AFI, 2011. – 24 s.
9. **Zubikov A.N., Ignat'eva G.V.** Novyj sort yarovoj myagkoj pshenicy Sudarynya // Vladimirskij zemledec. – 2013. – № 4 (66). – S. 30-32.
10. **Perelomov L.V., Perelomova I.V., Pinskij D.L.** Molekulyarnye mekhanizmy vzaimodejstviya mezhdu mikroelementami i mikroorganizmami v biokosnyh sistemah (biosorbciya i bioakkumulyaciya) // Agrohimiya. – 2013. – № 3. – S. 80-94.
11. **Flemming H.C.** Sorption sites in biofilms // Whater Science and Technology. – 1995. – V.32. – №12. – P. 27-33.
12. **Efremova M.A., Mitrofanov V.V.** Issledovanie dinamiki nakopleniya kadmiya ovsom v opytah s vodnoj i pochvennoj kul'turami // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 1 (50). – S. 62-68.

УДК 631:615

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11096

Доктор с.-х. наук, профессор **В.П. ЦАРЕНКО**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, tsarenko\_prof@mail.ru)  
Доктор с.-х. наук, профессор **А.Н. УЛАНОВ**  
(ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, bolotoagro50@mail.ru)  
Аспирант **А.С. ГОРСКИЙ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, mishagors@yandex.ru)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ И СРАБОТКИ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ

Торфонакопление в природных условиях, главным образом, зависит от широтных и меридиональных изменений климата, геоморфологических и геологических факторов. Согласно литературным данным, средняя скорость вертикального прироста торфа в средней и южной тайге за период Голоцена, по разным источникам, составляет от 0,55 до 1,8 мм/год [1,2]. Это характерно для пояса с интенсивным торфонакоплением, куда входит Кировская область. Очевидно, что природное накопление торфа идет очень медленно.

С момента осушения и сельскохозяйственного использования торфяной залежи (почвы) процесс накопления органического вещества торфа сменяется процессом его распада. Этот распад нельзя остановить – его можно лишь замедлить. Скорость минерализации органического вещества торфяной почвы зависит от широтного местоположения торфяника, т.е. определяется количеством тепла ( $\sum t$ ), возрастая с Севера на Юг РФ. [3]. Так, в условиях Нечерноземной зоны Европейской части РФ с суммой активных температур 900-2000°C (Архангельская, Вологодская, Ленинградская, Псковская области) сработка торфа находится в диапазоне 0,5-2,0 см в год. В условиях Республики Беларусь с  $\sum t$  2100-2500°C аналогичная убыль уже составляет 1,5-3,5 см в год [4,5]. Следовательно,

скорость антропогенной сработки торфяных почв в агроэкосистемах Нечерноземной зоны РФ в среднем в 10-20 раз превосходит скорость образования торфа в природных условиях.

В пределах одного взятого торфяника при всех прочих одинаковых условиях интенсивность сработки торфа определяется выращиваемой культурой и зависит от агротехники её возделывания.

Известно, что долголетие эксплуатации торфяника связано с его мощностью. Следовательно, мониторинг уменьшения мощности и запасов органического вещества, разработка агротехнических мероприятий, направленных на снижение негативной антропогенной нагрузки, является одной из самых актуальных научных проблем при сельскохозяйственном использовании органогенных почв.

**Цель исследования** – провести сравнительную оценку продуктивности и сработки торфа под различными сельскохозяйственными культурами при их длительном бессменном возделывании. Это позволит научно обосновать рациональное соотношение сельскохозяйственных культур в севооборотах на торфяных низинных почвах, снизить негативную антропогенную нагрузку на них и максимально продлить срок эксплуатации торфяной залежи, при наибольшей продуктивности севооборота.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В статье представлены основные данные по продуктивности различных сельскохозяйственных культур за период с 2016-го по 2018 год и расчеты по сработке торфяной низинной почвы под этими культурами на протяжении 41 года бессменного их возделывания.

Для определения мощности торфяной залежи использовали метод зондирования почвы (шупом). Объемную массу почвы определяли с помощью бура Некрасова со съемными стаканами (ГОСТ 5182-64). Другие исследования проводили согласно методическим указаниям [6,7].

Объектом исследования является стационарный опыт, заложенный на осушенных торфяных низинных почвах торфомассива «Гадовское» в 1975 году сотрудниками Кировской лугоболотной опытной станции. Основной глобальной целью этого длительного опыта являются комплексные исследования по влиянию бессменного возделывания различных сельскохозяйственных культур при применении минеральных удобрений на процессы трансформации всех основных почвенных режимов (водный, тепловой, питательный и т.д.). Опыт включает варианты с бессменным возделыванием: многолетних трав; однолетних культур (однолетние травы, зерновые культуры); пропашных культур. Ежегодно вносятся минеральные удобрения в дозах  $N_{60}P_{60}K_{120}$ . Повторность опытов трехкратная. Учетная площадь каждой делянки равна 25 м<sup>2</sup>. Удобрения: аммиачную селитру, простой суперфосфат и хлористый калий вносили следующим образом: под многолетние травы – азотные под 1-й и 2-й укос, фосфорные и калийные – один раз весной; под пропашные и однолетние травы все удобрения вносились под вспашку весной.

Среднемесячные температуры и количество осадков за вегетационные периоды 2016, 2017 и 2018 гг. представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Среднемесячные температуры за вегетационный период в годы исследований (°С)

Год	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	t <sub>факт</sub>	t <sub>ср.</sub> МНОГО летнее	t <sub>факт</sub>	t <sub>ср.</sub> МНОГО летнее	t <sub>факт</sub>	t <sub>ср.</sub> МНОГО летнее	t <sub>факт</sub>	t <sub>ср.</sub> МНОГО летнее	t <sub>факт</sub>	t <sub>ср.</sub> МНОГО летнее
2016	16,1	11,2	16,5	16,5	20,8	18,9	20,9	15,6	10	9,7
2017	8,2		13,6		17,6		16,9		9,1	
2018	11,3		14,8		17,5		16,7		10,1	

Таблица 2. Среднемесячное количество осадков за вегетационный период в годы исследований (мм)

Год	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	факт	среднее многолетнее	факт	среднее многолетнее	факт	среднее многолетнее	факт	среднее многолетнее	факт	среднее многолетнее
2016	30	54	29	78	117	77	45	77	99	61
2017	50		66		63		54		70	
2018	43		48		36		37		44	

Анализ климатических условий в годы исследований показал, что наиболее теплый и влажный вегетационный период был в 2016 году, а наиболее холодный и влажный – в 2017 году. Вегетационный период 2018 года был умеренно теплый и сухой.

**Результаты исследований.** В таблицах 3 и 4 представлены результаты мониторинга мощности и запасов торфяной залежи на 2016 год.

Таблица 3. Изменение мощности торфяной залежи за 41 год бессменного возделывания различных сельскохозяйственных культур на одинаковом фоне минеральных удобрений

Культура	Удобрения	Мощность торфяной залежи, см		Уменьшение мощности торфяника, см	Ежегодная сработка торфяной залежи, см
		1975 г.*	2016 г.		
Многолетние травы	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	153,7	132,5	21,2	0,55
Однолетние травы	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	149,7	101,6	48,1	1,25
Пропашные культуры	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	150,1	92,0	58,1	1,56

\*- По данным Уланова А.Н.[8]

Анализ изменения мощности торфяной залежи, представленной в таблице 3, показал, что наибольшее уменьшение мощности торфяной залежи наблюдается под пропашными культурами, где за 41 год мощность уменьшилась на 58,1 см, или 1,56 см ежегодно. Напротив, минимальное уменьшение торфяной залежи за аналогичный период отмечено при бессменном возделывании многолетних трав и составляет 21,2 см, или 0,55 см ежегодно, что практически в 3 раза меньше, чем под пропашными культурами. Бессменное возделывание однолетних трав приводит к уменьшению мощности залежи на 48,1 см, или 1,25 см ежегодно.

Таблица 4. Изменение массы торфяной залежи за 41 год бессменного возделывания сельскохозяйственных культур на одинаковом фоне минеральных удобрений (т/га а.с.в.)

Культура	Удобрения	Масса торфа, т/га		Уменьшение массы торфа, т/га	Среднегодовая убыль, т/га
		1975 г.*	2016 г.		
Многолетние травы	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2843	2779	64	1,54
Однолетние травы	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2919	2802	117	2,80
Пропашные культуры	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2822	2668	154	3,54

\*- По данным Уланова А.Н.[8]

Очевидно, что изменение массы торфяной залежи (табл. 4) аналогично изменениям ее мощности. Так, при бессменном возделывании пропашных культур на протяжении 41 года масса торфа уменьшилась на 154 т/га, что соответствует ежегодной убыли в 3,54 т/га, а также в 1,3 и 2,3 раза превосходит ежегодную убыль торфа в почвах при бессменном возделывании однолетних и многолетних трав.

Наибольшая убыль массы торфа под пропашными культурами объясняется высокой интенсивностью процессов минерализации, главным образом, за счет многократной обработки почвы под ними. Результатом этих обработок является насыщение и равномерное распределение кислорода и удобрений в верхнем слое почвы, что, в свою очередь, способствует увеличению активности (процессов минерализации) и численности почвенной микрофлоры. Агротехника возделывания однолетних трав в отличие от пропашных культур предусматривает только предпосевную подготовку почвы, поэтому их возделывание оказывает меньшее воздействие на сработку торфяной почвы, чем агротехника пропашных культур. Напротив, наименьшая убыль массы торфа наблюдается при возделывании многолетних трав, агротехника которых не предусматривает обработку почвы, а удобрения вносятся поверхностно. В связи с этим уже за 2-3 года их возделывания формируется плотная дернина, которая препятствует проникновению кислорода и минеральных удобрений за ее пределы, что приводит к заметному снижению микробиологической активности. Кроме того, под многолетними травами происходит еще и некоторое накопление органического вещества за счет корневых и пожнивных остатков, несколько компенсирующее его минерализационные потери, что практически не наблюдается при возделывании пропашных культур. Следует отметить, что сработка торфяной залежи происходит, главным образом, за счет минерализации верхнего (40 см) слоя, где отмечается максимальная микробиологическая активность, при этом нижележащие слои практически не меняют своих свойств со временем.

Оценка вышеизложенного указывает, что максимальная скорость сработки торфяной залежи свойственна возделыванию пропашных культур, минимальная – многолетним травам, возделывание однолетних трав занимает промежуточное положение. Помимо оценки степени воздействия сельскохозяйственных культур на торфяную почву, необходимо сравнить их продуктивность, которая представлена в таблице 5.

Таблица 5. Продуктивность исследуемых культур за период 2016-2018 гг.

Года	Урожайность сухого вещества ц/га	Сбор кормовых единиц с 1 га
<i>Многолетние травы + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub></i>		
2016	61,1	4691
2017	69,6	5185
2018	53,7	3834
<i>Среднее за 3 года</i>	<i>61,5</i>	<i>4570</i>
<i>Однолетние травы + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub></i>		
2016	46,6	3351
2017	43,6	3170
2018	28,3	2000
<i>Среднее за 3 года</i>	<i>39,5</i>	<i>2840</i>
<i>Пропашные культуры + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub></i>		
2016	50,6	3311
2017	37,0	2536
2018	40,6	2834
<i>Среднее за 3 года</i>	<i>42,7</i>	<i>2893</i>

Анализ таблицы 5 показал, что наибольшей продуктивностью за исследуемый период при длительном бессменном возделывании как в сухом веществе, так и в кормовых единицах обладают многолетние травы. Их продуктивность в сухом веществе в среднем в 1,55 и 1,44 раза выше продуктивности однолетних трав и пропашных культур соответственно. Значения продуктивности сельскохозяйственных культур по годам заметно варьируют, что объясняется различными климатическими условиями их вегетационных периодов (табл. 1, 2). Несмотря на это, средняя величина продуктивности исследуемых культур за период с 2016-го по 2018 гг. соответствует средним многолетним значениям продуктивности хозяйств Кировской области и результатам многолетних исследований Кировской ЛОС [8].

Чтобы произвести сравнительную оценку продуктивности и параметров сработки торфа под различными сельскохозяйственными культурами при их бессменном возделывании на протяжении 41 года, нами приведены расчеты по расходу (сработке) органического вещества торфа на единицу продуктивности этих культур (табл. 6).

Таблица 6. Расход органического вещества торфа в кг на единицу продуктивности исследуемых культур

Культура	Удобрения	Сухое вещество (на 1 кг СВ)	Кормовые ед. (на 1 к.е.)
Многолетние травы	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0,250	0,337
Однолетние травы	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0,708	0,986
Пропашные культуры	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0,829	1,223

Анализ таблицы 6 показал, что для производства 1 к.е. в виде сена многолетних трав затраты сухого вещества торфа за счет его сработки составляют 0,337 кг. Для получения 1 к.е. однолетних трав, агротехника возделывания которых потребует большей минерализации торфа, расход его уже будет больше и составит 0,986 кг. Максимальная интенсивность минерализационных процессов свойственна возделыванию пропашных культур. Поэтому здесь расход торфа на получение 1 к.е. будет максимальным и составит 1,223 кг. Затраты торфа в пересчете на 1 кг сухого вещества несколько ниже, чем на кормовые единицы, но в целом общая закономерность сохраняется.

На основании данных, представленных в таблицах 3 и 4, произвели расчеты по сработке торфяной залежи под исследуемыми культурами. Расчеты показали, что метровая толща торфа среднемощного торфяника при бессменном возделывании многолетних трав в условиях Кировской области (сумма активных температур 1650-1800°C) сработается за 175-180 лет. При производстве зерновых культур и однолетних трав – за 75-80 лет, а при возделывании только пропашных культур – за 60-64 года.

Используя параметры продуктивности и сработки торфяной почвы под различными сельскохозяйственными культурами, мы произвели вычисление приблизительного срока сработки торфяной почвы и потенциального валового сбора кормовых единиц в севооборотах с различными соотношениями (многолетних трав, однолетних и пропашных культур).

Согласно расчетным данным, представленным в таблице 7, наиболее рациональное соотношение исследуемых культур в севообороте в условиях Кировской области является 75:20:5, так как при этом соотношении наблюдается максимальный срок эксплуатации торфяной залежи и наибольший потенциальный сбор кормовых единиц. Соотношение 40:30:30 этих культур существенно сокращает как срок эксплуатации, так и потенциальный сбор кормовых единиц.

Таблица 7. Расчетные данные по срокам сработки торфа и валовому сбору кормовых единиц в севообороте

Соотношение культур, %*	Потенциальный срок сработки 1 м торфяной почвы в севообороте, лет	Потенциальный валовой сбор к.е. в севообороте с 1 га
75:20:5	154-149	671648-651092
75:12,5:12,5	153-148	668494-648135
70:20:10	148-144	639775-619783
70:15:15	148-142	637673-617812
50:30:20	126-122	516490-498491
50:25:25	126-121	514388-496520
40:30:30	115-110	452745-435874

\*- Многолетние травы: Однолетние культуры: Пропашные культуры.

Согласно таблице 7 для большей эффективности логично было бы увеличивать долю многолетних трав в севооборотах. Однако этого делать не стоит, поскольку возделывание многолетних трав приводит к накоплению запасов валового азота и его легкогидролизуемых соединений в верхнем (40 см) слое почвы, на что указывают наши исследования [9]. Поэтому для рационального использования торфяной почвы эти запасы необходимо вовлекать в сельскохозяйственное производство путем вспашки на 20-30 см, при предпосевной подготовки почвы. Помимо этого, плотно сформированная дернина при возделывании трав существенно замедляет интенсивность минерализации торфа. В связи с этим основная часть магния, сосредоточенная в растениях-торфообразователях и в корневых и пожнивных остатках, оказывается законсервированной, что приводит к дефициту магния для растений в верхнем слое почвы и резко отражается на их продуктивности [10]. При возделывании пропашных культур, напротив, накапливается магний, но сокращается содержание кальция и калия. Сюда можно добавить «усталость» почвы, однообразие микробиологических процессов, появление болезней. Важным фактором является и производство разнообразной кормовой продукции для животноводства. В связи с этим выращивание различных сельскохозяйственных культур в севообороте нивелирует недостатки возделывания отдельных культур и благоприятно отразится как на плодородии почвы в целом, так и на продуктивности этих культур.

**Выводы.** Сравнительная оценка продуктивности и сработки торфяной почвы под различными сельскохозяйственными культурами при бессменном возделывании на протяжении 41 года показала, что производство многолетних трав наиболее целесообразно, на что указывает максимальная продуктивность этих культур и минимальная величина затрат торфа при его сработке на единицу продукции. В связи с этим на торфяных почвах в условиях Кировской области многолетние травы должны быть основой кормовых севооборотов, но обязательно с включением однолетних и пропашных культур. Включение нескольких культур увеличивает эффективность использования ресурсов этих почв и нивелирует индивидуальные негативные факторы, присущие возделыванию каждой культуры. Расчеты возможного срока сработки и потенциального валового сбора кормовых единиц в условиях севооборота при эксплуатации метровой толщи торфяной почвы до ее полной сработки в условиях Кировской области показали, что наиболее рациональным соотношением между многолетними, однолетними и пропашными культурами является 75:20:5. Это соотношение, по нашим расчетам, позволит эксплуатировать метровую толщу среднеспособной торфяной почвы на протяжении 149-154 лет и собрать с 1 га от 651092 до 671648 кормовых единиц за этот период, или 4360 кормовых единиц с 1 га ежегодно.

## Литература

1. **Тюремнов С.Н.** Торфяные месторождения. – 3-е издание. – М.: Недра, 1976. – 488 с.
2. **Торфяной фонд РСФСР.** Главное управление торфяного фонда. – М.: 1957. – 774 с.
3. **Ефимов В.Н., Царенко В.П.** Баланс и трансформация органического вещества и азота в освоенных торфяных низинных почвах//Агрохимия. – 1997. – №9. – С. 11-13.
4. **Бамбалов Н.Н.** Баланс органического вещества и методы его изучения. – Минск: Наука и техника, 1984. – 175 с.
5. **Семененко Н.Н.** Торфяно-болотные почвы Полесья: трансформация и пути эффективного использования. – Минск: Беларуская наука, 2015. – 283 с.
6. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. **Воробейков Г.А., Царенко В.П., Лунина Н.Ф.** Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии. – СПб., 2014. – 143 с.
8. **Уланов А.Н.** Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-северо-востока России: монография. – Киров, 2005. – 320 с.
9. **Горский А.С.** Влияние бессменного возделывания многолетних трав на питательный режим торфяной почвы//Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы: материалы деловой программы XXVII международной агропромышленной выставки «АГРОРУСЬ – 2018» / СПбГАУ. – СПб., 2018. – С. 92-94.
10. **Ефимов В.Н.** Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.

## Literatura

1. **Tyuremnov S.N.** Torfyanye mestorozhdeniya. – 3-e izdanie. – M.: Nedra, 1976. – 488 s.
2. **Torfyanoj fond RSFSR.** Glavnoe upravlenie torfyanogo fonda. – M.: 1957. – 774 s.
3. **Efimov V.N., Carenko V.P.** Balans i transformaciya organicheskogo veshchestva i azota v osvoennyh torfyanyh nizinyh pochvah//Agrohimiya. – 1997. – №9. – S. 11-13.
4. **Bambalov N.N.** Balans organicheskogo veshchestva i metody ego izucheniya. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1984. – 175 s.
5. **Semenenko N.N.** Torfyano-bolotnye pochvy Poles'ya: transformaciya i puti effektivnogo ispol'zovaniya. – Minsk: Belaruskaya nauka, 2015. – 283 s.
6. **Dospikhov B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
7. **Vorobejkov G.A., Carenko V.P., Lunina N.F.** Polevye i vegetacionnye issledovaniya po agrohimii i fitofiziologii. – SPb., 2014. – 143 s.
8. **Ulanov A.N.** Torfyanye i vyrabotannye pochvy yuzhnoj tajgi Evro-severo-vostoka Rossii: monografiya. – Kirov, 2005. – 320 s.
9. **Gorskij A.S.** Vliyanie bessmennogo vozdelevaniya mnogoletnih trav na pitatel'nyj rezhim torfyanoj pochvy//Kachestvennyj rost rossijskogo agropromyshlennogo kompleksa: vozmozhnosti, problemy i perspektivy: materialy delovoj programmy XXVII mezhdunarodnoj agropromyshlennoj vystavki «AGRORUS' – 2018» / SPbGAU. – SPb., 2018. – S. 92-94.
10. **Efimov V.N.** Torfyanye pochvy i ih plodorodie. – L.: Agropromizdat, 1986. – 264 s.

УДК 631.461: 631.465

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11103

Канд. биол. наук Р.С. ГАМЗАЕВА  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, r.gamzaeva@yandex.ru)

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ

В настоящее время наши теоретические познания о деятельности микроорганизмов в почве и вытекающие из них практические рекомендации по повышению плодородия почв все еще основываются на знакомстве только с небольшой частью микробного населения почвы. Поэтому изучение основной массы обитающих в почвах микроорганизмов является весьма актуальной задачей сегодняшнего дня, разрешение которой представляет большой интерес для теории и практики.

Именно протекающие в почве биологические процессы, в которых наиболее значимую роль играют корневые системы, животные и микроорганизмы, определяют её биологическую активность, так как они принимают главное участие в разложении органических остатков, изменении химических свойств и преобразовании минерального состава почвы [1].

На основании множества научно обоснованных работ крупных специалистов в области микробиологии почв, академиков В.Л. Омелянского и Е.Н. Мишустина можно сделать вывод о том, что оценка состояния почвы на основе ее микробиологической характеристики является наиболее точным методом. Это утверждение базируется на быстрой реакции микроорганизмов на изменение условий среды и быстром размножении. Новое поколение бактерий появляется через 3-4 суток [2].

Микробиологическая характеристика почв определяется двумя основными показателями: численность и видовой состав (включая и соотношение видов). Данные показатели тесно коррелируют с изменениями условий среды, температуры, влажности, кислотности, светового режима, физических и водно-физических свойств почвы, содержанием гумуса и мертвой органики, внесением минеральных и бактериальных удобрений [3].

При решении задач по установлению скорости и направленности трансформации органического вещества в почве, в том числе и под влиянием бактериальных препаратов, целесообразно использовать такие показатели биологической активности, как целлюлитическая активность, общее количество микроорганизмов, количественный и качественный состав микромицетов, актиномицетов и ферментативную активность.

**Цель исследования** – изучение особенностей влияния бактериальных препаратов на общую биологическую активность почвы при выращивании растений ячменя.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования по изучению влияния биопрепаратов на общую биологическую активность дерново-подзолистой почвы при выращивании растений ячменя проводились в 2018 г. на малом опытном поле СПбГАУ. Для этого использовали сосуды (емкость 5 кг). В сосуды вносили минеральные удобрения (по Кнопу) из расчета на сосуд: калий хлористый (KCl) – 1 г и суперфосфат двойной (Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> × H<sub>2</sub>O) – 1,2 г, аммиачная селитра (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) – 1,2 г/сосуд.

Инокуляция семян проводилась бактериальными препаратами непосредственно перед высевом. В сосуды высевали по 15 зерновок ярового ячменя сорта Белогорский из коллекции ВИР. Схема опыта: контроль (чистая почва), NPK – Фон, Фон + Ризоагрин, Фон + 2П – 9, Фон + 18 – 5.

В опыте использованы следующие биопрепараты: Ризоагрин (штамм *Agrobacterium radiobacter* 204), *Pseudomonas* sp. штамм 18-5, 2П – 9 – испытуемый штамм.

Препараты предоставлены ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург – Пушкин).



Исследования проводили в динамике роста и развития растений ячменя, которые соответствовали фазам кущения, выход в трубку и полной спелости, для слоя 0–20 см в свежих почвенных образцах.

Микробиологические исследования проводили с помощью посева почвенных суспензий методом предельных почвенных разведений глубинным способом в трехкратной повторности. Для культивирования общего количества микроорганизмов использовалась МПА, для микромицетов – среда Чапека, для актиномицетов – овсяной агар.

Активность уреазы определяли колориметрическим методом А.Ш. Галстяна в модификации Ф.Х. Хазиева [4]. Активность инвертазы определяли методом В.Ф. Купревича [5,6]. Метод Мишустина, Вострова и Петровой использовали для определения общей биологической активности почвы (по интенсивности разложения полотна). Стекла с льняной тканью закладывали в почву при закладке опыта и выкапывали в конце вегетации. Оценка активности уреазы и инвертазы установили по шкале биологической активности почвы [7]. Почвенные образцы для исследования микробиологической активности отбирались в динамике роста и развития растений ячменя в фазы: кущения, выхода в трубку, полной спелости.

**Результаты исследований.** Достаточное представление о влиянии бактериальных препаратов, минеральных удобрений и агротехнических приемов на интенсивность разрушения растительного материала дает метод учета биологической активности почвы по разложению льняного волокна [8]. Под воздействием деятельности бактерий и грибов происходит процесс распада целлюлозы, что, в свою очередь, представляет существенный интерес особенно для познания механизма трансформации органического вещества при инокуляции бактериальными препаратами. Известно, что площадь питания растений также имеет важное значение для роста и развития растений [9].

Особенности физиологии разных групп целлюлозоразлагающих микроорганизмов выражаются, главным образом, в требовательности к источникам азотного питания. Микроорганизмы северных почв (в основном грибы), хотя и медленно, но растут и на бедных азотными соединениями средах. Микроорганизмы южных почв, разрушающие целлюлозу, нуждаются в высоком уровне азотного питания [10].

Известно, что на активность целлюлозоразлагающих грибов влияет соотношение С: N в среде. Оптимальное соотношение С: N зависит от многих факторов, в том числе свойств видов микроорганизмов [11], количества источников углерода, его концентрации, экологических факторов (т.е. состав и pH среды, температура инкубации и т.д.).

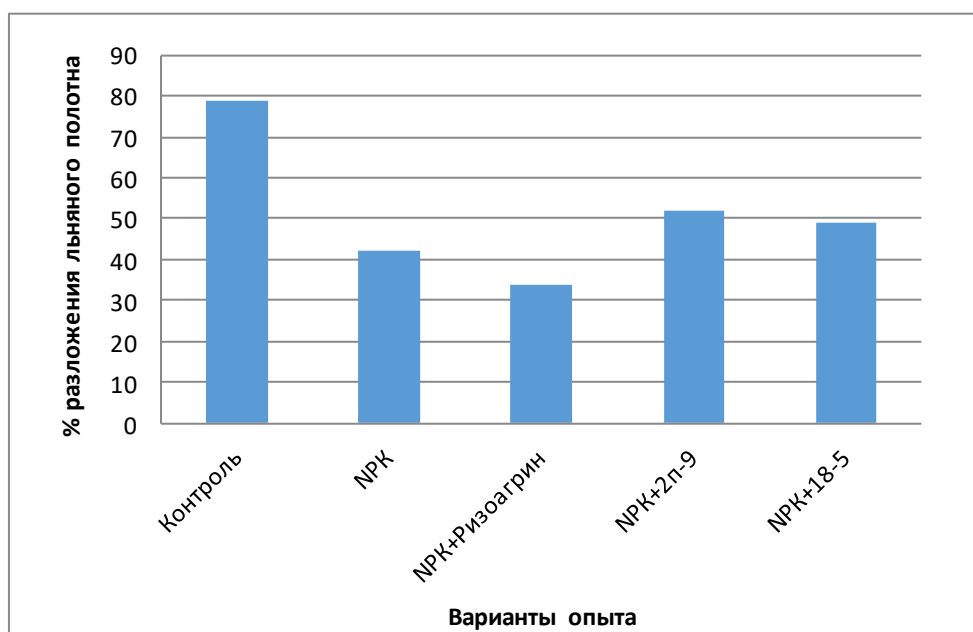


Рис. Изменение целлюлозоразлагающей активности дерново-подзолистой почвы (%) в зависимости от применения бактериальных препаратов при выращивании растений ячменя

Анализ полученных данных показал, что интенсивность разрушения целлюлозы зависела от вида используемого бактериального препарата. Максимальная активность разложения полотна отмечена в варианте NPK+ Ризоагрин, что составило 34% (рис.).

Микробиологические исследования показали, что внесение минеральных удобрений в сочетании с бактериальными препаратами увеличивает биогенность почвы (табл.1).

Таблица 1. **Общее количество микроорганизмов (тыс. КОЕ в 1 г почвы) при выращивании растений ячменя**

Варианты опыта	Общее количество микроорганизмов, тыс. на 1 г почвы		
	фаза кущения	фаза выхода в трубку	фаза полной спелости
Контроль	22	100	298
NPK	35	145	690
NPK+Ризоагрин	39	112	698
NPK+2П-9	51	78	537
NPK+18-5	57	61	548
НСР 0,5	6	11	29

Бактериальные препараты оказали неоднозначное влияние на общее количество микроорганизмов в течение вегетации. Так, в фазу кущения максимальная численность микроорганизмов была отмечена в варианте NPK+18-5, в фазу выхода трубку и в фазу полной спелости – в варианте NPK+Ризоагрин (табл.1). Во всех вариантах опыта, за исключением контрольного, преобладали бациллы, использующие не только азот органический, но и минеральный (*Bacillus megaterium*, *B.mesentericus*, *B.subtilis*), а в контрольном варианте были идентифицированы бактерии, для которых необходим органический азот (*B.mycoides*). Известно, что отмеченные в нашем исследовании микроорганизмы в контрольном варианте являются доминирующими видами для почв со слабо протекающими процессами минерализации.

О состоянии биологической активности почв можно судить по численности и соотношению видов микроскопических грибов [12].

Микромицеты, будучи постоянной составляющей биоценозов почвы, участвуют во взаимоотношениях с высшими растениями, почвенной фауной, бактериями, круговороте веществ в природе и создании почвенного плодородия, взаимосвязи с твердой, жидкой и газообразной фазами почвы [3]. К почвенным микромицетам относятся, главным образом, виды класса дейтеромицетов (*Deuteromycetes*), многие виды класса сумчатых (*Ascomycetes*), отдельные виды классов оомицетов, зигомицетов, реже базидиомицетов. Многие виды почвенных микромицетов обладают очень активными системами окислительных и гликолитических ферментов [2].

Результаты исследований показали, что количественное содержание микромицетов возрастало к фазе выхода в трубку и резко снижалось в фазу полной спелости в 3-7 раз (табл. 2). Количественное содержание почвенных грибов также зависело от вида бактериального препарата. В фазу кущения максимальная численность грибов была отмечена в варианте NPK, а минимальная – в варианте с испытуемым препаратом 2П – 9. В фазу выхода в трубку максимальное количество микромицетов отмечено в варианте с применением бактериального препарата Ризоагрин. Резкое снижение численности микроскопических грибов в фазу полной спелости, очевидно, связано с ростом количества актиномицетов (табл.3). Установлено, что самыми распространёнными микромицетами по частоте встречаемости были виды родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. Род *Penicillium* был представлен характерными для ризосферы ячменя видами *P.nigricans*, *P.rubrum*, *P.multicolor*. Виды рода *P.rubrum* были отмечены во всех вариантах с бактериальными препаратами и в варианте NPK, а в контрольном варианте в основном наблюдались грибы рода *Dematium*.

Таблица 2. Количественный состав микромицетов (тыс. КОЕ в 1 г почвы) при выращивании растений ячменя

Варианты опыта	Количество микромицетов, тыс. КОЕ на 1 г почвы		
	фаза кушения	фаза выхода в трубку	фаза полной спелости
Контроль	13,5	20,3	3,5
НРК	19,5	36,5	7,8
НРК+Ризоагрин	19,2	46,4	7,2
НРК+2П-9	16,5	42,6	9,4
НРК+18-5	17,4	21,2	9,0
НСР <sub>0,5</sub>	2,1	3,5	1,2

Исследование актиномицетных комплексов в ризосфере является важным звеном в характеристике микробного комплекса той или иной почвы, так как на них оказывают влияние особые условия (количество питательных субстратов, влажность, микроаэрофильность, концентрация минеральных соединений), которые имеют место в непосредственной близости от корней растений [13].

Актиномицеты – мицелиальные бактерии, которые способны к образованию широкого спектра биологически активных веществ. Они являются постоянным компонентом почвенных и ризосферных микробных сообществ. Функция актиномицетов в микробной системе почвы состоит в обеспечении растений элементами минерального питания и пополнением пула гидролитических ферментов почвы [13].

В ходе исследований установлено, что численность актиномицетов существенно изменялась и по фазам развития, и по вариантам. Их было значительно больше в фазу полной спелости, что объясняется интенсивностью процессов деструкции к концу вегетации (табл.3).

Таблица 3. Влияние бактериальных препаратов на количественный состав актиномицетов (тыс. КОЕ в 1 г почвы) при выращивании растений ячменя

Варианты опыта	Количество актиномицетов, тыс.КОЕ на 1 г почвы		
	фаза кушения	фаза выхода в трубку	фаза полной спелости
Контроль	12,2	1,3	25,8
НРК	34,5	2,2	69,4
НРК+Ризоагрин	34,2	3,4	60,8
НРК+2П-9	28,6	4,3	72,2
НРК+18-5	32,3	5,1	55,4
НСР <sub>0,5</sub>	1,4	0,7	4,3

Полученные данные свидетельствуют о том, что качественный состав актиномицетов был представлен в основном белыми и серыми актиномицетами – группами *Albus*, *Albidus*. В вариантах НРК, НРК+Ризоагрин, НРК+18-5, наряду с белыми и серыми актиномицетами, отмечено появление бурого и фиолетово окрашенных лучистых грибов, свидетельствующее об интенсивности минерализации.

Данные наших исследований показали, что количественный состав актиномицетов также возрастал в вариантах с внесением бактериальных препаратов (табл. 3). В отличие от микромицетов, численность этой группы бактерий (актиномицетов) возрастала к фазе полной спелости; максимальное их количество отмечено в варианте НРК+2П – 9 и составило 72,2 КОЕ на 1 г почвы. Возможно, это связано с деструкцией органического вещества к концу вегетации.

Одной из наиболее важных составляющих биологической активности почв являются показатели ферментативной активности, тесно связанные с циклами основных биогенных элементов, таких как углерод и азот.

В наших исследованиях использованы показатели гидролитических ферментов: уреазы, связанный с циклом азота, и инвертазы – с циклом углерода.

Уреаза – гидролитический фермент из группы амидаз, обладающий специфическим свойством катализировать гидролиз мочевины до диоксида углерода и аммиака. Известно, что активность ее коррелирует с активностью всех основных ферментов азотного метаболизма [5]. Уреазная активность служит показателем способности почвы накапливать минеральный азот [13].

Инвертаза ( $\beta$ -фруктофуранозидаса, сахараза) осуществляет гидролитическое расщепление сахарозы на глюкозу и фруктозу. Инвертазная активность отражает содержание в почве легкогидролизуемых углеводов, которые служат энергетическим материалом для всех почвенных микроорганизмов [14].

Исследования динамики уреазной активности показали, что при внесении бактериальных препаратов она возрастает.

Отмечено, что в фазу кущения активность уреазы является слабой в вариантах с применением бактериальных препаратов, а в контрольном и варианте NPK – очень слабой (табл.4).

Таблица 4. Влияние бактериальных препаратов на активность уреазы

Варианты опыта	Уреаза, мг на 1 г почвы за 24 часа		
	фаза кущения	фаза выхода в трубку	фаза полной спелости
Контроль	2,42	0,03	14,84
NPK	2,87	0,64	36,05
NPK+Ризоагрин	3,35	1,09	39,67
NPK+2П-9	6,57	0,17	34,63
NPK+18-5	3,84	0,47	21,51
HCP <sub>0,5</sub>	0,76	0,16	2,36

Выявлено, что в фазу выхода в трубку происходит снижение активности уреазы во всех вариантах, и в конце вегетации (в фазу полной спелости) отмечен значительный рост активности этого показателя. Возможно, это связано с интенсивностью гидролитических процессов, протекающих в почве к концу вегетации, которая коррелирует с увеличением общего количества микроорганизмов и актиномицетов в фазу полной спелости. Максимальные показатели активности отмечены в вариантах NPK и NPK+Ризоагрин. В варианте NPK+18 – 5 зафиксирована низкая уреазная активность по сравнению с вариантами NPK, NPK+Ризоагрин и NPK+2П – 9 (табл.4).

Результаты исследований показали, что активность инвертазы была низкой в течение всего периода вегетации и незначительно менялась по вариантам. В фазу кущения и выхода в трубку активность фермента практически была на одном уровне (табл.5).

Таблица 5. Влияние бактериальных препаратов на активность инвертазы

Варианты опыта	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 1 час		
	фаза кущения	фаза выхода в трубку	фаза полной спелости
Контроль	5,27	5,02	5,44
NPK	5,67	5,82	6,77
NPK+Ризоагрин	6,78	5,84	7,93
NPK+2П-9	6,77	5,67	6,86
NPK+18-5	5,63	5,86	8,02
HCP <sub>0,5</sub>	0,27	0,14	0,31

Незначительное увеличение активности фермента было отмечено в фазу полной спелости, что коррелирует с общей численностью микроорганизмов и актиномицетов в эту фазу (табл.2,3). Низкую активность инвертазы можно объяснить условиями произрастания растений, а также увеличением общего количества микроорганизмов в течение вегетации, поскольку растворимые редуцирующие сахара, которые образуются при гидролизе сахарозы, являются основным источником питания для почвенной микрофлоры.

**Выводы.** Внесение бактериальных удобрений увеличивает биогенность почвы (целлюлитическую активность, общее количество микроорганизмов, микромицетов и актиномицетов). Исследования показали, что биологическая активность зависела от вида бактериального препарата и от фазы развития растений ячменя. Установлено, что численность микромицетов резко снижалась к фазе полной спелости, а актиномицетов – наоборот, возрастала. Отмечено, что бактериальные препараты значительно увеличивают активность фермента уреазы, в особенности микробиопрепарат Ризоагрин. Выявлено, что внесение бактериальных препаратов не оказало существенного влияния на инвертазную активность.

### Литература

1. **Сабо Е.Д., Кормилицына О.Т.** Биологическая активность дерново-подзолистых суглинистых почв и методы их микробиологической характеристики // Лесной вестник. – 2001. – № 1. – С.75-79.
2. **Литвинов М.А.** Методы изучения почвенных микроскопических грибов. – Л: Наука, 1969. – С.4-7.
3. **Билай В.И.** Микромицеты почв. – Киев: Наука Думка, 1954. – С.5-88.
4. **Практикум по агрохимии** / Под ред. В.Т. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.
5. **Хазиев Ф.М.** Ферментативная активность почв: методическое пособие. – М: Наука, 1987. – 180 с.
6. **Гамзаева Р.С.** Почвенные ферменты. – СПб: СПбГАУ, 2018. – С. 33-34.
7. **Гапонюк Э.И., Малахов С.Г.** Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 67 с.
8. **Гамзаева Р.С.** Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на общую биологическую активность почвы и урожайность ячменя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 42. – С. 86-90.
9. **Лаврищева Т.А.** Влияние площади питания продуктивность цикорного салата Эндивия при разных сроках посадки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56. – С. 24-30.
10. **Емцев В.Т., Мишустин Е.Н.** Микробиология. – М.: Дрофа, 2005. – С.328.
11. **Гамзаева Р.С.** Применение биодеструктора Бак – Верад на дерново-подзолистой почве, загрязненной нефтепродуктами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 55. – С. 38-46.
12. **Мирчинк Т.Г.** Почвенная микология. – М.: МГУ, 1988. – С.328.
13. **Лапа В.В., Михайловская Н.А., Ломонос М.М.** Влияние систем удобрений на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №2 (49). – С. 191.
14. **Зенова Г.М.** Почвенные актиномицеты. – М.: МГУ, 1992. – С.12.

### Literatura

1. **Sabo E.D., Kormilicyna O.T.** Biologicheskaya aktivnost` dernovo-podzolisty`x suglinisty`x pochv i metody` ix mikrobiologicheskoy karakteristiki // Lesnoj vestnik. – 2001. – № 1. – S.75-79.
2. **Litvinov M.A.** Metody` izucheniya pochvenny`x mikroskopicheskix gribov. – L: Nauka, 1969. – S.4-7.

3. **Bilaj V.I.** Mikromicety` pochv. – Kiev: Nauka Dumka, 1954. – S.5-88.
4. **Praktikum po agroximii** / Pod red. V.T. Mineeva. – M.: Izd-vo MGU, 1989. – 304 s.
5. **Xaziev F.M.** Fermentativnaya aktivnost` pochv: metodicheskoe posobie. – M: Nauka, 1987. –180 s.
6. **Gamzaeva R.S.** Pochvenny`e fermenty`. – SPb: SPbGAU, 2018. – S. 33-34.
7. **Gaponyuk E`I., Malaxov S.G.** Kompleksnaya sistema pokazatelej e`kologicheskogo monitoringa pochv // Migraciya zagryaznyayushhix veshhestv v pochvax i sopredel`ny`x sredax. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 67 s.
8. **Gamzaeva R.S.** Vliyanie biopreparatov i mineral`ny`x udobrenij na obshhuyu biologicheskuyu aktivnost` pochvy` i urozhajnost` yachmenya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 42. – S. 86-90.
9. **Lavrishheva T.A.** Vliyanie ploshhadi pitaniya produktivnost` cikornogo salata E`ndiviya pri razny`x srokax posadki // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 56. – S. 24-30.
10. **Emcev V.T., Mishustin E.N.** Mikrobiologiya. – M.: Drofa, 2005. – S.328.
11. **Gamzaeva R.S.** Priminenie biodestruktora Bak – Verad na dernovo-podzolistoj pochve, zagryaznennoj nefteproduktami // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 55. – S. 38-46.
12. **Mirchink T.G.** Pochvennaya mikologiya. – M.: MGU, 1988. – S.328.
13. **Lapa V.V., Mixajlovskaya N.A., Lomonos M.M.** Vliyanie sistem udobrenij na fermentativnuyu aktivnost` dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj pochvy` // Pochvovedenie i agroximiya. – 2012. – №2 (49). – S. 191.
14. **Zenova G.M.** Pochvenny`e aktinomicety`. – M.: MGU, 1992. – S.12.

УДК 631:332.142.4

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11109

Аспирант **С.А. ВЕРХОРУБОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, agro@spbgau.ru)

## ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНА

Почвенно-климатические и экологические характеристики и особенности сельских территорий во многом определяют стабильную социально-экономическую динамику всех базирующихся там отраслей и производств, условия жизнедеятельности и системы расселения жителей. Устойчивое развитие территорий, как хозяйствующих субъектов, во многом зависит не только от того, насколько быстро они адаптируются к меняющейся социально-демографической и конкурентной ситуации, но и каким образом смогут использовать природные факторы и противостоять техногенным воздействиям. Важным концептуальным аспектом в этой связи является определение уровня стартовых возможностей, т.е. базовых элементов потенциала территории, их количественной и качественной оценки. В части влияния природных, почвенных и экологических параметров территориального потенциала проблема исследовалась крайне недостаточно, что и послужило поводом к проведению исследований, результаты которого приводятся ниже.

**Целью исследования** является разработка критериев и оценочных показателей природной и экологической составляющих потенциала сельских территорий и сельскохозяйственных угодий, влияющих на их устойчивое развитие.

**Материалы методы и объекты исследований.** Предметом настоящего исследования выступили теоретические и практические аспекты формирования базовых элементов потенциала сельских территорий, определяющих их стратегические возможности. Объектами исследования являются территории сельскохозяйственных районов (сельские территории) и отраслевые хозяйствующие субъекты Ленинградской области.

Следует отметить, что снижение уровня управляемости в экономическом и социальном секторах, которое обозначилось и сохраняется в ходе радикальной перестройки всего механизма управления экономикой страны, особенно негативно проявляется на уровне сельских территорий (муниципалитетов) как наиболее сложной системы, функционирование которой определяется неоднозначным влиянием факторов экономического, социального и природно-биологического характера [1, 2]. В значительной степени такое положение связано с отсутствием или недостаточным обоснованием совокупных потенциальных возможностей каждой территории, что приводит к разбалансированности управляющей и управляемой подсистем (территориально-отраслевых структур), и как результат – к нерациональному использованию локальных материально-технических, земельных и социальных ресурсов (рис.1).

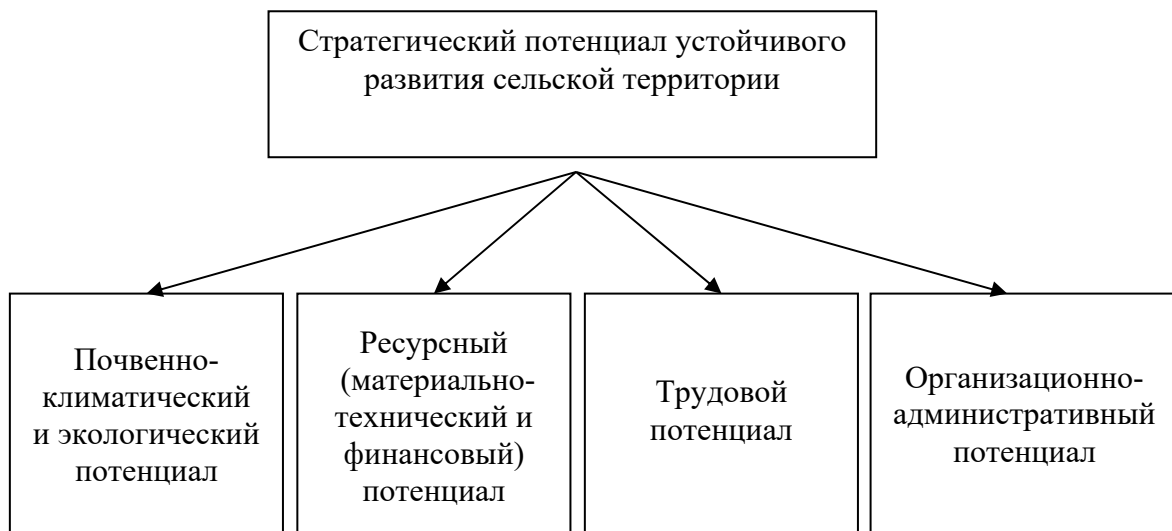


Рис. Общая схема элементов стратегического потенциала, обеспечивающих устойчивое развитие сельских территорий

Следует отметить, что характерной особенностью совокупного стратегического потенциала, определяющего развитие сельской территории, является ориентация на максимальное включение в механизм реализации природно-климатических ресурсов (потенциала), посредством обеспечения гармоничного взаимодействия личностных и вещественных факторов производства и, прежде всего, сельскохозяйственного. Объективная необходимость учета локальных природных параметров вытекает из специфики производственной деятельности всех субъектов аграрного сектора экономики, базирующихся на сельских территориях, где природно-климатический потенциал выступает заданной величиной (объективной совокупностью факторов и условий), в то время как ресурсный, трудовой и административный поддаются регулирующему воздействию. Отметим, что основой успешной реализации всех элементов территориального потенциала выступает именно трудовой потенциал, уровень развития которого и определяет устойчивость и согласованность всей конструкции. Стратегический потенциал сельской территории будет наиболее полно реализовываться лишь в случае оптимально выстроенных взаимосвязей и специфики взаимодействия между всеми его частями. Базовым параметром оценки является землепользование и, прежде всего, наличие и качество сельскохозяйственных угодий в границах административных районов области [6, 7].

Анализ уровня использования земельных ресурсов в разрезе районов Ленинградской области демонстрирует значительный разброс показателей по степени сельскохозяйственного освоения территории. Во многих районах сохраняются, а в отдельных даже несколько увеличиваются (Бокситогорский, Лодейнопольский,

Сланцевский) возможности наращивания объемов производства за счет введения в оборот не используемых сельскохозяйственных угодий, за счет реконструкции и повторного освоения (табл.1).

Уровень использования сельскохозяйственных угодий колеблется от 43 до 94% (показатель в 100% по отдаленному Подпорожскому району можно исключить как аномальный). Наиболее высокие показатели сохраняют отраслевые хозяйствующие субъекты, расположенные ближе к городской агломерации (Ломоносовский, Всеволожский, Гатчинский районы), где площади включенных в оборот земель достигают 95%.

**Результаты исследований** показывают, что только за счет экстенсивных факторов землепользования регион может увеличить объемы производства сельскохозяйственной продукции, как минимум, на 30-35%; при интенсификации земледелия показатели могут возрасти на порядок.

Таблица 1. **Использование сельскохозяйственных угодий в муниципальных районах Ленинградской области (2016-2018 гг. в среднем)**

Районы	Площадь сельхозугодий (с/х организации)			
	всего, га	из них используется, га	в %	Ранг, баллы
Бокситогорский	28,8	1,6	5,7	17
Волосовский	58,0	52,2	89,9	3
Волховский	37,5	23,4	62,5	10
Всеволожский	18,0	15,1	84,1	5
Выборгский	39,9	30,5	76,4	8
Гатчинский	48,0	42,5	88,6	4
Кингисеппский	28,0	22,7	80,8	7
Киришский	15,5	12,3	79,8	6
Кировский	11,3	7,9	69,9	11
Лодейнопольский	15,4	8,5	54,8	15
Ломоносовский	20,6	19,5	94,7	2
Лужский	66,3	38,5	58,0	14
Подпорожский	6,2	6,2	100,0	1
Приозерский	27,5	18,5	61,1	12
Сланцевский	20,1	8,5	42,3	16
Тихвинский	21,7	16,6	76,2	9
Тосненский	28,0	16,4	58,5	13
Итого и в среднем	491,1	341,0	69,4	-

В ходе оценки природного потенциала аграрного сектора экономики базовым показателем остается плодородие сельскохозяйственных земель, поскольку их качество может в значительной степени компенсировать количество, и именно плодородие земель является решающим фактором в общей оценке земельного потенциала любой территории.

Проведенная в муниципальных районах области балльная оценка качества сельскохозяйственных угодий показывает, что ресурсная база аграрного сектора региона имеет относительно благоприятные возможности и перспективы. Лучшие и хорошие земли в структуре регионального землепользования составляют в настоящее время 14 и 39% соответственно (в сумме более 50%). Земли среднего качества – 30,7%, земли более низкого качества – 16% (табл. 2).



Таблица 2. Группировка сельскохозяйственных угодий субъектов аграрного сектора экономики Ленинградской области по классам качества земель

№	Класс качества земель	Общая площадь с/х угодий		Балл бонитета	Качество земель
		тыс. га	%		
1	1	88,5	14,3	Более 75	Лучшие земли
2	2	238,8	39,0	61-75	Хорошие земли
3	3	191,2	30,7	41-60	Земли среднего качества
4	4	43,7	7,0	26-40	Земли ниже среднего качества
5	5	55,3	9,0	Менее 25	Земли низкого качества
	Итого	617,5	100,0	-	-

Детализируя качественную оценку земельных угодий, необходимо определиться со структурным составом почв, который позволяет ориентироваться в направлениях повышения их плодородия, т.е. в наращивании качественных характеристик земельных ресурсов в целом (табл.3).

Таблица 3. Средневзвешенные показатели плодородия почв в муниципальных районах Ленинградской области (2016-2018 гг.)

Районы	Показатели				
	pH	гумус, %	подвижный фосфор, мг/кг	обменный калий, мг/кг	Ранг, баллы
Бокситогорский	5,6	3,2	270	102	16
Волосовский	6,0	3,7	200	137	13
Волховский	5,4	5,2	273	124	7
Всеволожский	5,5	5,9	297	127	1
Выборгский	5,3	5,3	261	148	3
Гатчинский	6,1	4,6	228	161	9
Кингисеппский	5,8	4,4	208	142	10
Киришский	5,8	5,6	275	179	6
Кировский	5,3	6,3	230	125	2
Лодейнопольский	5,6	3,0	358	87	15
Ломоносовский	6,3	4,7	354	185	4
Лужский	6,2	4,4	204	138	11
Подпорожский	5,8	3,0	281	95	17
Приозерский	5,2	5,0	232	104	8
Сланцевский	5,9	3,3	248	119	14
Тихвинский	5,2	4,2	286	97	12
Тосненский	5,5	4,8	235	159	5
Итого и в среднем	5,8	4,5	242	139	-

Данные почвенных обследований показывают, что наиболее продуктивными и ценными по набору важнейших качественных параметров (pH, гумус, подвижный фосфор и обменный калий) являются сельскохозяйственные угодья Всеволожского, Кировского, Выборгского, Ломоносовского, Тосненского районов с показателями: по гумусу – от 5,9 до 4,8%; pH – от 5,3 до 6,3; фосфору – от 230 до 354 мг/кг; калию – от 125 до 185 мг/кг. Остальные территории располагаются с 6 по 17 места. Земли относительно самого низкого с сельскохозяйственной точки зрения располагаются в Подпорожском, Лодейнопольском и Бокситогорском районах области. Для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий на этих территориях потребуются серьезные инвестиции и значительные сроки. Кроме того, необходимо также учитывать экологическую обстановку, которая заметно влияет на качественные показатели природного потенциала территории и на качество производимой здесь сельскохозяйственной продукции. Экологическое благополучие – неперемное

условие комплексного и стабильного развития сельских территорий, их экономики, и прежде всего, аграрной, а также обеспечения комфортных условий жизнедеятельности селян [1].

Ленинградский регион в целом можно отнести к относительно благополучным территориям с экологической точки зрения. Но при этом необходимо отметить отдельные показатели загрязнения окружающей среды в Бокситогорском, Сланцевском, Кингисеппском и Киришском районах, которые заметно превышают среднеобластные величины. Более благоприятная обстановка складывается в Волосовском, Кировском и Тосненском районах, остальные территории имеют показатели несколько ниже (табл.4).

Таблица 4. Показатели экологического состояния сельских территорий Ленинградской области (2016-2018 гг. в среднем)

Районы	Выбросы вредных веществ в атмосферу		Обезврежено вредных веществ, поступающих от стационарных источников		Ранг, баллы
	всего, тыс. тонн	в расчете на 1 жителя, кг	всего, тыс. тонн	в расчете на 1 жителя, кг	
Бокситогорский	14,1	281,9	525,2	10500,2	17
Волосовский	1,1	21,7	0,2	38,6	1
Волховский	11,0	121,7	23,9	255,5	13
Всеволожский	20,6	58,2	3,3	9,3	5
Выборгский	39,1	194,2	8,5	42,5	11
Гатчинский	19,2	78,5	0,5	0,2	7
Кингисеппский	38,6	490,0	60,8	759,1	15
Киришский	38,4	631,0	0,9	15,0	14
Кировский	3,3	34,5	0,1	2,9	2
Лодейнопольский	0,3	12,0	-	-	-
Ломоносовский	3,8	52,4	2,0	27,8	8
Лужский	3,5	47,8	0,2	2,7	6
Подпорожский	1,0	35,7	0,2	6,8	3
Приозерский	5,6	90,7	23,8	387,0	9
Сланцевский	10,3	240,3	131,0	3046,5	16
Тихвинский	10,1	144,7	6,4	95,5	12
Тосненский	4,3	33,4	2,2	16,9	4
Итого и в среднем	226,0	124,6	789,4	435,2	-

Проведенные исследования позволяют утверждать, что стратегический потенциал любой сельской территории должен формироваться только с учетом количественной оценки его почвенных и экологических составляющих, поскольку разнообразные и трудносопоставимые показатели данного блока не позволяют выйти на единые интегрированные критерии. В связи с этим нами предлагается использовать в данном случае рейтинговый подход и оценивать территорию и ситуации по баллам. Подобная методика позволяет ранжировать территории и рассчитывать средние величины. Интерпретировать результаты необходимо двигаясь от меньшего к большему. На примере Ленинградской области выше был апробирован данный подход. Сельские территории с рейтингом 1 и соответственно 1 баллом являются лучшими по данной системе показателей, соответственно, с рейтингом 17 и 17 баллами – худшими. Между крайними оценками находятся остальные территории. Подобный ранжированный ряд позволяет разместить территории с учетом достигнутого уровня их потенциала и определиться с конкретными стратегиями развития. С нашей точки зрения рейтинговые (балльные) оценки таких природно-климатических и экологических составляющих потенциала являются важным и, пожалуй, наиболее объективным способом оценки территориальной ситуации.

Таблица 5. Группировка сельскохозяйственных угодий в районах Ленинградской области по уровню использования сельскохозяйственных угодий

№	Группы районов по удельному весу освоенных с-х угодий, %	Районы	Количество районов	Площадь с-х угодий, тыс.га		Среднее значение ранга, баллы		
				всего	из них освоено	освоение	плодородие	экология
1	100-80	Подпорожский Ломоносовский Волосовский Гатчинский Всеволожский Киришский	6	166,4	147,8	4,2	8,3	6,3
2	80-60	Кингисеппский Выборгский Тихвинский Волховский Кировский Приозерский	6	165,9	119,6	9,5	7,7	10,3
3	60 и менее	Тосненский Лужский Лодейнопольский Сланцевский Бокситогорский	5	158,7	73,6	15,0	12,2	10,8
	Итого		17	491,1	341,0	-	-	-

В таблице 5 приведена сводная группировка сельскохозяйственных земель в разрезе муниципальных районов Ленинградской области, позволяющая распределить их совокупность по количественно-качественным параметрам и перспективным возможностям. Первая группа из 6 районов представляется с природно-экологических позиций более перспективной. Здесь концентрируется 34% сельскохозяйственных угодий области, имеющих относительно лучшие показатели по освоению, плодородию и экологии (ранг – 4,2; 8,3; 6,3 соответственно). Вторая и третья группы районов имеют более ограниченные возможности и характеризуются более низкими показателями.

**Выводы.** Обязательным условием, определяющим темпы развития сельских территорий, является ориентация на включение в оценку локального потенциала количественных параметров природно-климатических ресурсов, без учета которых невозможно добиться гармоничного взаимодействия личностных и вещественных факторов производства, особенно в аграрном секторе экономики. Объективная необходимость выявления и оценки локальных природных параметров вытекает из специфики производственной деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей и агентов аграрного рынка, базирующихся на сельских территориях, где природно-климатический потенциал выступает заданной величиной (объективной совокупностью факторов и условий), в то время как ресурсный, трудовой и административный поддаются определенному регулируемому воздействию [4,10].

Поскольку апробированной методики комплексной оценки потенциала все еще нет, возникает настоятельная потребность в устранении данного пробела и, прежде всего, в отношении такой сложной почвенно-экологической части. В связи с этим нами предлагается возможным использовать рейтинговый подход и оценивать территории и ситуации в соответствующих рейтингу баллах. На материалах Ленинградской области был апробирован данный подход и сделаны соответствующие расчеты. Сформированный ранжированный ряд позволяет разместить сельские территории с учетом достигнутого уровня и определиться с конкретными стратегиями их дальнейшего устойчивого развития.

### Литература

1. **Орлов Д.С.** Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высшая школа, 2002. 334 с.
2. **Зверев А.Т.** Основные факторы устойчивого развития // География и экология в школе XXI века. – 2008. – № 2. – С. 3-7.
3. **Корочкин Е.Ф.** Экология и устойчивое развитие // География и экология в школе XXI века. – 2006. – № 10. – С.3-9.
4. **Павлов Д.С., Букварева Е.Н.** Биоразнообразие и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. – 2007. – Т.77, № 11. – С. 974-985.
5. **Толстогузов О.В., Мазуровский М.А.** Формирование местных институтов как фактор развития муниципальных образований // Экономика и управление. – 2008. – № 3. – С. 109-113.
6. **Перушкевич П.М., Шаланов Н.В., Едренкина Н.М.** Структуризация моделей социально-экономического развития сельских территорий по типам//Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 12. – С. 40-44.
7. **Перцев В.Н.** Управление сельскими территориями на уровне муниципальных образований//Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – № 2. – С. 13-15.
8. **Гатауллин Р.Ф., Сагатгареев Р.М., Салимова Э.Р.** Повышение эффективности муниципального сектора экономики: монография. – Уфа: Академия ВЭГУ, 2009.
9. **Прогнозирование социально-экономического развития региона** / Под редакцией академика РАН В.А. Черешнева, А.И. Татаркина, С.Ю. Глазьева. – Екатеринбург, 2011. – 1103 с.
10. **Меренкова И.Н.** Устойчивое развитие сельских территорий: Теоретико-методологические аспекты оценки//Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 25.
11. **Шевченко В., Белоусов В.** и др. Организация планирования социального развития сельских территорий//АПК: экономика, управление. – 2004. – №4.

### Literatura

1. **Orlov D.S.** Ekologiya i ohrana biosfery pri himicheskom zagryaznenii. – M.: Vysshaya shkola, 2002. 334 s.
2. **Zverev A.T.** Osnovnye faktory ustojchivogo razvitiya // Geografiya i ekologiya v shkole XXI veka. – 2008. – № 2. – S. 3-7.
3. **Korochkin E.F.** Ekologiya i ustojchivoe razvitie // Geografiya i ekologiya v shkole XXI veka. – 2006. – № 10. – S.3-9.
4. **Pavlov D.S., Bukvareva E.N.** Bioraznoobrazie i zhizneobespechenie chelovechestva // Vestnik RAN. – 2007. – T.77, № 11. – S. 974-985.
5. **Tolstoguzov O.V., Mazurovskij M.A.** Formirovanie mestnyh institutov kak faktor razvitiya municipal'nyh obrazovanij // Ekonomika i upravlenie. – 2008. – № 3. – S. 109-113.
6. **Perushkevich P.M., SHalanov N.V., Edrenkina N.M.** Strukturizaciya modelej social'no-ekonomicheskogo razvitiya sel'skih territorij po tipam//Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. – 2015. – № 12. – S. 40-44.
7. **Percev V.N.** Upravlenie sel'skimi territoriyami na urovne municipal'nyh obrazovanij//Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. – 2013. – № 2. – S. 13-15.
8. **Gataullin R.F., Sagatgareev R.M., Salimova E.R.** Povyshenie effektivnosti municipal'nogo sektora ekonomiki: monografiya. – Ufa: Akademiya VEGU, 2009.
9. **Prognozirovanie social'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona** / Pod redakciej akademika RAN V.A. SChereshneva, A.I. Tatarkina, S.YU. Glaz'eva. – Ekaterinburg, 2011. – 1103 s.
10. **Merenkova I.N.** Ustojchivoe razvitie sel'skih territorij: Teoretiko-metodologicheskie aspekty ocenki//Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. – 2010. – № 25.
11. **Shevchenko V., Belousov V.** i dr. Organizaciya planirovaniya social'nogo razvitiya sel'skih territorij//APK: ekonomika, upravlenie. – 2004. – №4.

УДК 636.1

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11116

Доктор с.-х. наук **Е.И. АЛЕКСЕЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, alekseevaei@list.ru)Канд. с.-х. наук **А.В. ДОРОФЕЕВА**  
(ФГБНУ «ВНИИ коневодства», rustrak2007@yandex.ru)Канд. с.-х. наук **Т.Н. ГОЛОВИНА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, konikurs@mail.ru)**ИСПЫТАНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛОШАДЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В 2019 ГОДУ**

Тренинг и испытания молодняка являются неотъемлемой частью селекционно-племенной работы в коннозаводстве. Результаты испытаний служат критерием отбора молодняка для определенных видов конного спорта и для воспроизводства. Без целенаправленного тренинга невозможно не только совершенствование специфических спортивных качеств, но и нормальное развитие спортивной лошади. Без оценки индивидуальной работоспособности производителей и качества их потомства невозможна нормальная племенная работа с породой, неотвратима потеря её ценных качеств. Поэтому в полукровном коннозаводстве тренинг и испытания так же необходимы, как и гладкие скачки в чистокровном коннозаводстве и бега в рысистом [1].

С 1980 года в конных заводах спортивного направления, не связанных со скаковым тренингом, стала внедряться специализированная технология заводского тренинга и испытаний. Она разработана с учетом отечественного и зарубежного опыта, производственных, экономических и социальных условий коневодческих предприятий, а также на основе результатов исследований условно-рефлекторной деятельности, биомеханики естественных аллюров и прыжка лошади. Новая технология разработана с таким расчетом, чтобы максимально уменьшить влияние всадника на результаты тестирования спортивных качеств. Новая технология охватывает все этапы заводской работы с молодняком: приручение, опоаживание, групповой тренинг после отъема, индивидуальную подготовку и испытания по специальной программе. Установлено, что выход на большую спортивную арену лошадей, прошедших заводской спортивный тренинг, в 3 раза выше, чем после скачек или бессистемного тренинга [2, 3].

В целях совершенствования технологии тренинга и стимулирования ее внедрения, с 1985 г. проводятся Всесоюзные, а с 1993 года – Всероссийские испытания, в которых принимает участие лучшая часть поголовья спортивного молодняка.

За более чем двадцатилетний период проведения заводских испытаний молодняка лошадей спортивных пород произошли большие изменения. Проведения заводских испытаний начались в Советском Союзе при стабильном финансировании от Госагропрома СССР. После перерыва их стали проводить регулярно, начиная с 1993 года. До 2002 года заводские испытания проводили в Центральном федеральном округе и Северо-Западном ФО, а начиная с 2002 года заводские испытания стали проводить и в Южном федеральном округе. До 2006 года основной базой для проведения заводских испытаний в Ленинградской области была племенная конеферма птицефабрики «Русско-Высоцкая». Финансирование испытаний в основном происходило за счет средств ВНИИК, АТК и спонсоров.

Из года в год увеличивается численность молодняка лошадей спортивных пород, которые принимают участие в межзаводских испытаниях. Более существенное увеличение численности произошло, начиная с 2002 года, так как стали испытывать свой молодняк

владельцы Южного и Поволжского ФО. Более чем на 50% увеличилось и число владельцев молодых лошадей [4, 5].

Испытания проводятся в соответствии с проектом «Положения о Всероссийских испытаниях и выставках-выводках племенных лошадей верховых пород спортивного направления» для лошадей 2-х лет и старше. На испытания представляют лучший племенной молодняк 2 и 3 лет. Допускаются также жеребцы и кобылы 4 лет и старше с целью получения лицензии на племенное использование.

Все лошади должны быть подготовлены в соответствии с «Наставлением по заводскому спортивному тренингу и испытаниям». К испытаниям допускаются племенные лошади независимо от их принадлежности к породе, имеющие на день испытаний паспорт, выданный ВНИИ коневодства [1,3,6].

**Цель исследования** – подведение итогов селекционно-племенной работы хозяйств различной формы собственности при очном сравнении племенного молодняка лошадей верховых пород спортивного направления, оценка производящего состава по качеству потомства, выявление и лицензирование лучших жеребцов и кобыл для племенного использования.

Обсуждение актуальных проблем коннозаводства и конного спорта в России, объединение интересов спортсменов и коннозаводчиков с целью развития конной отрасли страны. В то же время судьба конного спорта целиком зависит от качества продукции полукровного коннозаводства. В связи с этим задачи племенной работы с породами, в том числе и с полукровными, должны отражать потребности и требования конного спорта.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследований послужили лошади верховых пород 3-х лет и старше, представленные на испытания племенного молодняка для оценки экстерьерных и спортивных качеств. Материалом исследований являются результаты объективных оценок экстерьерных особенностей лошадей, их двигательных и прыжковых качеств.

**Результаты исследований.** Испытания племенных лошадей верховых пород спортивного направления проводились 13 октября 2019 года в конно-спортивном комплексе «Вента-Арена» во Всеволожском районе Ленинградской области совместно с Кубком по выездке для молодых лошадей. Мероприятие организовано Федерацией конного спорта Санкт-Петербурга, Всероссийским научно-исследовательским институтом коневодства, Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом, Международной конной выставкой «Иппосфера».

Спортивные качества лошадей оценивали: старший научный сотрудник ВНИИ коневодства, кандидат сельскохозяйственных наук Дорофеева Анна Витальевна, генеральный директор НПЦ ООО «Селекция» Барабаш Татьяна Валентиновна и зоотехник КФХ «Маланичевых» Маланичева Марина Борисовна.

Испытания племенных лошадей впервые были организованы параллельно с соревнованиями по выездке для молодых лошадей.

Испытания двигательных качеств, кроме экспертов-зоотехников, оценивали судьи Всероссийской категории: Лудина Ирина Владимировна, Русинова Елена Павловна, Ахачинский Александр Антонинович. Для оценки прыжковых качеств в шпрингартене была приглашена Громзина Анна Дмитриевна – мастер спорта международного класса по конкуру.

Было испытано 12 голов лошадей, в том числе 6 жеребцов, 2 кобылы и 4 мерина. Возраст лошадей колебался от 3-х до 8-ми лет. Были представлены лошади различных пород: ганноверской – 3 головы, тракененской – 2, русской спортивной – 3, украинской верховой – 1, русской верховой – 1, голштинской – 1 и 1 жеребчик полукровный. Большинство лошадей были гнедые и темно-гнедые – 5 голов, вороные, караковые и рыжие – по 2 представителя и 1 голова – серой масти. Участвовали в испытаниях команды КСК «Вереву», КФХ «Золотой Ганновер», Школа Анны Громзиной, а также лошади частных владельцев.



Рис. 1. Бонитировка. Жеребец Лиссабон, 2015, рыж., голшт.,  
(Highlander - Барфи), к/з «Георгенбург»

Таблица 1. Результаты бонитировки

Место	Кличка лошади	Год рожд.	Пол	Команда	Тип	Экстерьер
Лошади 3-х лет						
1	Веласкес (Лидо-Вилма)	2016	мер.	Школа Анны Громзиной	8	7,82
2	Делакруа (Дар Богов - Лав Стори)	2016	жер.	ч/в	8	7,73
3	Ламборджини (Лазурит - Даугава)	2016	коб.	КФХ «Золотой Ганновер»	7,1	7,2
Лошади старшего возраста						
1	Индуктор (Ибар - Дарлингга)	2015	мер.	КСК «Верево»	7,9	7,82
2	Лиссабон (Хайлендер - Барфи)	2015	жер.	ч/в	7,9	7,96
3	Оффенбах (Загреб ХХ - Омаха 45)	2014	жер.	ч/в	8,2	7,4
4	Квиглис (Лансберг -Корсикка)	2014	мер.	Школа Анны Громзиной	7,5	7,7
5	Кан (Кореолан - Аквилея)	2014	жер.	КСК «Верево»	7,7	7,37
6	Хорунжий (Питсбург - Хитрюга)	2012	мер.	ч/в	7,5	7,5
7	Лаверна (Лиллехаммер - Эпиграмма)	2011	коб.	КФХ «Золотой Ганновер»	7	7,15

По сложившейся традиции, перед началом испытаний проводится бонитировка всего представленного поголовья лошадей. Результаты бонитировки представлены в таблице 1.

Среди лошадей 3-х лет две лошади из трёх получили оценки за тип 8 баллов – это представитель украинской верховой породы Веласкес и арабо-латвийский жеребец Делакура. На испытания для комплексной оценки были представлены как гармоничные, красивые лошади, так и лошади «старого типа» – длинные «на короткой ноге». Оценки за экстерьер были немного ниже: Веласкес – 7,82, Делакура – 7,73 балла (табл. 1).

Тракененский жеребец Оффенбах получил самую высокую оценку за тип – 8,2 балла, но низкие оценки за экстерьер, поэтому лучшим в своей возрастной группе стал русский верховой Индуктор от Ибара, оценка за тип – 7,9, экстерьер – 7,82 балла.

Во время испытаний двигательных качеств оценивается стиль движений на всех аллюрах, а также определяется длина шага на шагу и длина шага на рыси, после чего рассчитывается средняя оценка (табл. 2).

Таблица 2. Результаты испытаний двигательных качеств

Место	Кличка лошади	Год рожд.	Пол	Команда	Двигательные качества			
					Длина, см		Стиль	Оцен- ка
					шаг	рысь		
Лошади 3-х лет								
1	Веласкес ( Лидо-Вилма )	2016	мер.	Школа Анны Громзиной	102	161	7,2	8,70
2	Ламборджини (Лазурит - Даугава)	2016	коб.	КФХ «Золотой Ганновер»	104	147	6,9	8,30
3	Делакура (Дар Богов - Лав Стори)	2016	жер.	ч/в	89	122	6,57	5,70
Лошади старшего возраста								
1	Индуктор (Ибар - Дарлинг)	2015	мер.	КСК «Верево»	102	179	7,97	9,49
2	Квиглис (Лансберг - Корсика )	2014	мер.	Школа Анны Громзиной	100	161	7,57	8,68
3	Кан (Кореолан - Аквилея)	2014	жер.	КСК «Верево»	100	161	7,13	8,54
4	Оффенбах (Загреб хх - Омаха 45)	2014	жер.	ч/в	100	147	7,37	8,12
5	Лаверна (Лиллихаммер - Эпиграмма)	2011	коб.	КФХ «Золотой Ганновер»	98	152	6,1	7,70
6	Хорунжий (Питсбург - Хитрюга)	2012	мер.	ч/в	93	143	6,83	7,10

В этом году лучший результат по двигательным качествам среди лошадей 3-х лет показал украинский верховой жеребец Веласкес, представленный А. Громзиной. Его результат 8,70 балла. Русский верховой мерин Индуктор, рождённый в к/з «Старожиловский», победил в зачёте для лошадей старшего возраста – 9,49 балла. Он же показал лучшие результаты по длине шага – 102 см и длине шага на рыси – 179 см (рис. 2).

Рекордисткой по длине шага на шагу стала 3-летняя ганноверская кобыла Ламборджини – 104 см, а аутсайдером по длине шага на шагу стал жеребец Делакура – всего 89 см.





Рис. 2. Оценка двигательных качеств. Жеребец Индуктор, 2015, карак., полукров., (Ибар - Дарлинга), к/з «Старожиловский»

При оценке стиля движения было отмечено, что подход к оценке парадности, эластичности, работе плечевого пояса и задних конечностей у судей по спорту и у зоотехников практически не отличался. Разница между оценками составляла десятые доли балла. Главными требованиями к работе судей были объективность и непредвзятость в оценках стиля движений молодых лошадей на шагу, рыси и галопе, а также рисунок (баскюль) прыжка через препятствие в шпрингартене. В связи с этим было решено, что практика совместной работы в будущем будет продолжена на региональных испытаниях молодняка лошадей спортивного направления, с целью обмена опытом, обогащения информацией и отслеживания дальнейших результатов лошадей в различных видах конного спорта.



Рис. 3. Оценка прыжковых качеств. Жеребец Оффенбах, 2014, вороной, (Загреб ХХ - Омаха 45) ЗАО «Кировский конный завод»

Таблица 3. Результаты испытаний прыжковых качеств

№	Кличка лошади	Порода	Пол	Высота, см	Показатели			
					Мощность	Стиль	Темпе- рамент	Оценка
Лошади 3-х лет								
1	Веласкес (Лидо-Вилма)	ув	мер.	130	13	7,4	5	8,47
2	Ламборджини (Лазурит - Даугава)	ган	коб.	130	12	8	4	8,00
3	Делакруа (Дар Богов - Лав Стори)	псл	жер.	120	10,5	7,83	4,3	7,56
Лошади старшего возраста								
1	Индуктор -2015 (Ибар - Дарлингга)	рв	мер.	140	15	8,5	5	9,50
2	Квиглис-2014 (Лансберг - Корсика)	ган	мер.	140	15	8,07	4,8	9,30
3	Хорунжий-2012 (Питсбург - Хитрюга)	трк	мер.	140	14	8,33	5	9,11
4	Кан -2014 (Кореолан - Аквиля)	глш	жер.	140	14,5	8,27	4,5	9,09
5	Оффенбах-2014 (Загреб хх - Омаха 45)	трк	жер.	140	10,5	7,5	3,67	7,22



Рис. 4. Лучший жеребец испытаний СЗФО - 2019. Делакруа, 2016, гнед., (Дар Богов - Лав Стори), ф/х «Дудровой»

Во время испытаний прыжковых качеств все лошади старшего возраста преодолели зачётную высоту 140 см, лучшим стал 4-летний жеребец русской верховой породы Индуктор, оценка – 9,5 балла, он же получил наивысшую оценку за стиль прыжка – 8,5 балла (рис.3).

Среди лошадей 3-х лет первое место у украинского верхового Веласкеса – 8,47 балла, при оценке за стиль прыжка – 7,4 балла.

После завершения заводских испытаний по результатам оценок за бонитировку, двигательные и прыжковые качества была выбрана лучшая лошадь испытаний 2019 года. Им стал гнедой жеребец Делакура, 2016 года рождения.

#### **Выводы.**

1. Разброс оценок за тип от 7,1 до 8,0 балла показал, что не все лошади, представленные на испытания, гармоничны и отвечают современным требованиям для верховых лошадей.

2. Оценка за экстерьер варьировала от 7,2 до 7,9 балла, что говорит о наличии большого числа недостатков.

3. При оценке двигательных качеств многие лошади показали отличный шаг, с хорошим захватом пространства, но при этом были лошади, обладавшие заторопленной, жесткой, непродуктивной и не эластичной рысью, что повлияло на среднюю оценку, которая у лошадей 3-х лет колебалась от 5,7 до 8,7 балла, а у лошадей старшего возраста – от 7,1 до 9,5 балла.

4. Оценка прыжковых качеств у лошадей 3-х лет колебалась от 5,5 до 8,5 балла, а у лошадей 4-х лет и старше – от 7,2 до 9,5 балла, что может говорить о недостаточной подготовке некоторых лошадей.

#### **Литература**

1. **Дорофеев В.Н., Дорофеева Н.В., Матвиенко А.П.** Наставление по спортивному тренингу и испытаниям молодняка лошадей верховых пород. Правила предоставления лошади на выводке: рекомендации по организации и оплате труда тренперсонала / ВНИИ коневодства. – 2006.
2. **Алексеева Е.И., Дорофеева А.В.** Заводские испытания молодняка лошадей спортивных пород на Северо-Западе // АПК: проблемы, состояние, развитие: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – СПб, 2011.
3. **Дорофеева А.В.** Завершение сезона испытаний молодняка // Коневодство и конный спорт. – 2015. – № 5. – С. 18-19.
4. **Головина Т.Н., Назарова Е.А.** Популяризация коневодства и конного спорта через развитие системы дополнительного профессионального образования // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов СПбГАУ. – СПб, 2017.
5. **Дорофеева А.В., Гусева Г.Н., Самандеева Е.Г., Шахова И.С.** Анализ селекционной работы с лошадьми тракененской породы по результатам оценки двигательных качеств // Достижения молодых ученых – зоотехнической науке и практике: сборник докладов научно-практической конференции ВНИИК. – 2018. – С. 94-101.
6. **Демин В.А., Карнаухова Э.Е.** Работоспособность лошадей ведущих полукровных пород в классических видах конного спорта // Аграрная наука. – 2006. – № 11. – С. 21-23.
7. **Волков Д.А., Бондаренко О.В., Даншин В.А.** Современные подходы к генетической оценке спортивных лошадей. Адаптация метода BLUP к оценке племенной ценности // Зоотехния. – 2006. – № 5. – С. 9-11.
8. **Галенкова О.В., Сергиенко Г.Ф.** Тренинг спортивных лошадей с учетом их психологии // Коневодство и конный спорт. – 2012. – № 5. – С. 17-18.

9. Демин В.А., Сикорская И.А. Работоспособность лошадей полукровных пород, выступающих в соревнованиях по конкуру и выездке// Аграрная наука. – 2011. – № 6. – С. 27-29.
10. Демин В.А., Никитина Д.А. Тип высшей нервной деятельности и спортивная работоспособность лошадей русской верховой породы// Аграрная наука. – 2011. – №7. – С.26-27.

### Literatura

1. Dorofeev V.N., Dorofeeva N.V., Matvienko A.P. Nastavlenie po sportivnomu treningu i ispytaniyam molodnyaka loshadej verhovyyh porod. Pravila predostavleniya loshadi na vyvodke: rekomendacii po organizacii i oplate truda trenpersonala / VNII konevodstva. – 2006.
2. Alekseeva E.I., Dorofeeva A.V. Zavodskie ispytaniya molodnyaka loshadej sportivnyh porod na Severo-Zapade // APK: problemy, sostoyanie, razvitie: sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – SPb, 2011.
3. Dorofeeva A.V. Zavershenie sezona ispytaniy molodnyaka // Konevodstvo i konnyj sport. – 2015. – № 5. – S. 18-19.
4. Golovina T.N., Nazarova E.A. Populyarizaciya konevodstva i konnogo sporta cherez razvitie sistemy dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya// Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah importozameshcheniya: sbornik nauchnyh trudov SPbGAU. – SPb, 2017.
5. Dorofeeva A.V., Guseva G.N., Samandeeva E.G., SHahova I.S. Analiz selekcionnoj raboty s loshad'mi trakenenskoj porody po rezul'tatam ocenki dvigatel'nyh kachestv // Dostizheniya molodyh uchenykh – zootekhnicheskoy nauke i praktike: sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii VNIIC. – 2018. – S. 94-101.
6. Demin V.A., Karnauhova E.E. Rabotosposobnost' loshadej vedushchih polukrovnyh porod v klassicheskikh vidah konnogo sporta // Agrarnaya nauka. – 2006. – № 11. – S. 21-23.
7. Volkov D.A., Bondarenko O.V., Danshin V.A. Sovremennye podhody k geneticheskoy ocenke sportivnyh loshadej. Adaptaciya metoda BLUP k ocenke plemennoj cennosti // Zootekhnika. – 2006. – № 5. – S. 9-11.
8. Galenkova O.V., Sergienko G.F. Trening sportivnyh loshadej s uchetom ih psihologii// Konevodstvo i konnyj sport. – 2012. – № 5. – S. 17-18.
9. Demin V.A., Sikorskaya I.A. Rabotosposobnost' loshadej polukrovnyh porod, vystupayushchih v sorevnovaniyah po konkuru i vyezdke// Agrarnaya nauka. – 2011. – № 6. – S. 27-29.
10. Demin V.A., Nikitina D.A. Tip vysshej nervnoj deyatel'nosti i sportivnaya rabotosposobnost' loshadej russkoj verhovoj porody // Agrarnaya nauka. – 2011. – № 7. – S. 26-27.

УДК 633/635

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11123

Доктор с.-х. наук **О.В. ГОРЕЛИК**  
(ФГБОУ ВО УрГАУ, olgao205en@yandex.ru)  
Канд. биол. наук **О.П. НЕВЕРОВА**  
(ФГБОУ ВО УрГАУ, opneverova@mail.ru)  
Канд. биол. наук **С.Ю. ХАРЛАП**  
(ФГБОУ ВО УрГАУ, proffuniver@yandex.ru)

### ОЦЕНКА КОРМОВОЙ БАЗЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЧЕЛАМИ

Пчеловодство играет важную роль в народном хозяйстве и экономике нашей страны. Благодаря разведению пчел получают не только ценнейший натуральный диетический продукт – мед, но и прополис, цветочную пыльцу, маточное молочко, которые применяют в качестве пищевых добавок в диетическом питании и лечебных целях: они повышают работоспособность и выносливость организма человека, укрепляют его иммунную систему [1, 2, 3]. Кроме того, все эти продукты используют в парфюмерно-косметической промышленности. Велико значение пчел в опылении энтомофильных сельскохозяйственных

культур. При этом повышается их урожайность на 50-200% и повышается качество плодов, ягод, семян [4, 5, 6].

Исходя из этой перспективы, можно с уверенностью сказать, что единственно правильным путем развития пчеловодства в нашей стране будет интенсификация производства и переход к промышленной технологии разведения и содержания пчел. Важнейшими мероприятиями, обеспечивающими перевод пчеловодства на промышленную основу, как известно, являются специализация и концентрация этой отрасли сельскохозяйственного производства, комплексная механизация производственных процессов, строительство типовых производственных помещений, внедрение промышленных технологий производства пчеловодческой продукции и наиболее прогрессивных форм организации труда пчеловодов. Однако эффективность всех этих мероприятий и рентабельность пасеки или пчеловодческого хозяйства в целом в решающей степени зависит от силы, качества и продуктивности пчелиных семей, кормовой базы для пчел того или иного региона разведения [7, 8, 9, 10].

В связи с вышеизложенным **цель исследования** – оценка кормовой базы для пчел и эффективность ее использования в различных природно-климатических и эколого-кормовых условиях зоны разведения.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Были применены общепринятые методы исследований. Количественный пыльцевой анализ меда. Мед растворяют в 40 мл холодной дистиллированной воды и центрифугируют 10 мин. Верхнюю часть над осадочной жидкостью аккуратно сливают. Пробирку вновь наполняют дистиллированной водой и снова центрифугируют. Над осадочную жидкость повторно сливают. К осадку доливают 10 мл дистиллированной воды, и помещают пробирку в фильтровальный аппарат. Во время фильтрации в пробирку несколько раз доливают воду. Для получения однородного отложения осадка на фильтре, необходимо соблюдать аккуратность. После фильтр забирают из прибора для просушки. На сухой фильтр наносят иммерсионное масло и помещают его на предметное стекло, затем добавляют сверху еще 1–2 капли иммерсии.

Подсчет пыльцевых зерен: для получения достоверных данных в микропрепарате необходимо подсчитать не менее 500 пыльцевых зерен или падевых элементов в 10 трансектах.

При подготовке микропрепаратов из отобранных образцов продуктов пчеловодства использованы методики А.Н. Бурмистрова (1990), А. Маурицио и Ж. Луво (Maurizio, 1970; Vonder Ohe, 2004; Oddo, 2004), Н.Р. Мейер-Меликян (1999). При идентификации пыльцевых зерен были использованы контрольные микропрепараты пыльцы и их рисунки, а также атласы пыльцевых зерен и электронные базы данных пыльцы (PONET, Pal Dat, Mediterraneanatlas). После идентификации всех видов пыльцевых зерен, присутствующих в микропрепарате, проводился их количественный подсчет, который велся непрерывными трансектами, перпендикулярными продольной оси препарата и расположенными регулярно [2, 3].

Первая пасека расположена в г. Сибай Республики Башкортостан. Организована в 2011 г., зарегистрирована как личное подсобное хозяйство. В 2017 году количество пчелиных семей на пасеке составляло 12 штук. Пасека имеет медовое направление. Основные производственные процессы выполняет пчеловод.

Данная пасека входит в область континентального климата лесостепной зоны с достаточным увлажнением. Продолжительность вегетационного периода 155-165 дней, из них 115-120 со средней суточной температурой воздуха выше 10°C. Зима холодная и продолжительная, лето относительно жаркое с периодически повторяющимися засухами. Продолжительность безморозного периода продолжается 100-120 дней.

Атмосферные осадки на территории области распределяются неравномерно. В теплую половину года выпадает 75-78% годовой суммы осадков. Количество летних осадков

колеблется в больших пределах. Изменчива и годовая величина осадков, она может в разные по влажности годы изменяться в три-четыре раза. Среднее количество осадков в год 300 мм. Абсолютный максимум и минимум температур +37 и - 47°C соответственно.

Вторая пасака расположена в Свердловской области Российской Федерации и действует с 2012 года. Пасака включает в себя 12 пчелиных семей.

Она находится на юго-востоке области, которая входит в умеренно теплую зону с наиболее благоприятными для сельского хозяйства климатическими условиями.

Барьерное влияние Уральских гор обуславливает определенные климатические различия западного и восточного макросклонов Урала. Горы делают эти различия более заметными и резкими. В восточных предгорьях области выше летние и ниже зимние температуры. Восточную часть области относят к континентальному сектору.

Юго-восточная часть Свердловской области получает осадков меньше – около 400 мм в год. Кроме того, восточная часть области испытывает более частое воздействие относительно сухих воздушных масс арктического воздуха, континентального воздуха Сибири, тропического воздуха Средней Азии.

Продолжительность залегания снежного покрова составляет от 150–160 дней на юго-востоке области (здесь он тает до середины апреля) до 170–180 дней на севере и до 180–190 дней в горах Северного Урала.

Для климата Свердловской области характерны внутренние различия, обусловленные увеличением континентальности климата к востоку. Юго-восток характеризуется самыми высокими летними температурами, наименьшим количеством осадков и недостаточным увлажнением. Район относится к юго-восточному лесостепному предгорно-равнинному району. Среднее количество осадков в год 600 мм.

**Результаты исследований.** На обеих пасеках содержат и разводят пчел Башкирской и Карпатской пород. Биологические и продуктивные особенности пчел данных пород указаны в таблице 1.

Таблица 1. Биологические и экстерьерные признаки пород

Название породы	Основные признаки						
	окрас	масса, мг			длина хоботка, мм	длина крыла, мм	ширина крыла, мм
		рабочая пчела	матка				
			неплодная	плодная			
Башкирская пчела	Темно-серая	110	190	210	5,9-6,3	9,4–9,6	3,3
Карпатская пчела	Светло-серая	100-110	185	210	6,5-6,7	9,3–9,5	3,2

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что пчелы имеют хорошие биологические и экстерьерные признаки соответствующей породы.

Основные виды растений, которые составляют кормовую базу для пчел в Башкортостане, представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 можно сделать вывод, что самые высокие показатели по медопродуктивности имеют: синяк обыкновенный (325 кг/га), лук (285 кг/га), герань (192 кг/га), одуванчик (105 кг/га), донник (103 кг/га). Большое количество медопродуктивности показывают пчелы и при использовании нектара растений семейств бобовых и крестоцветных. Однако это зависит от разновидности растений этих семейств. Остальные растения имеют низкие показатели продуктивности, но вносят определенные вкусовые разнообразия в мед.

Таблица 2. Кормовая база пчел (Башкортостан)

Название растения	Средняя медопродуктивность, кг на 1 га
Синяк обыкновенный ( <i>Echiumvulgare</i> )	325
Вишня ( <i>Cerasus</i> sp.)	45
Молочай ( <i>Euphorbiasp.</i> )	30
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulusarvensis</i> )	6
сем. Злаки ( <i>Poaceae</i> )	-
Нонея темная ( <i>Noneapulla</i> )	76
Донник ( <i>Melilotus</i> sp.)	103
Чертополох ( <i>Carduus</i> sp.)	89
сем. Розоцветные ( <i>Rosaceae</i> )	-
Хмель обыкновенный ( <i>Humuluslupulus</i> )	95
Лук ( <i>Allium</i> sp.)	285
Ива ( <i>Salix</i> sp.)	10-79
Лапчатка ( <i>Potentilla</i> sp.)	45
Подорожник ( <i>Plantago</i> sp.)	12
сем. Крестоцветные ( <i>Brassicaceae</i> )	85-190
сем. Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )	23-255
Свербига восточная ( <i>Buniasorientalis</i> )	42
Одуванчик ( <i>Taraxacum</i> sp.)	105
Лабазник ( <i>Filipendula</i> sp.)	40
Лопух ( <i>Arctium</i> sp.)	19
Крапива ( <i>Urtica</i> )	100
Герань ( <i>Geranium</i> sp.)	192
Боярышник ( <i>Crataegus</i> sp.)	16
сем. Губоцветные ( <i>Lamiaceae</i> )	-

Исследования кормовой базы для пчел в Свердловской области представлены в таблице 3.

Таблица 3. Кормовая база пчел (Свердловская область)

Название растения	Средняя медопродуктивность, кг на 1 га
Клевер ползучий ( <i>Amoriarrepens</i> )	100-130
Береза повислая ( <i>Betulapendula</i> )	50
сем. Злаки ( <i>Poaceae</i> )	-
Подсолнечник однолетний ( <i>Helianthusannuus</i> )	50
Борщевик сибирский ( <i>Heracleumsuburicum</i> )	80-100
сем. Крестоцветные ( <i>Brassicaceae</i> ): Свербига восточная ( <i>Buniasorientalis</i> )	42
Малина обыкновенная ( <i>Rubusidaeus</i> )	50
Липа сердцелистная ( <i>Tiliacordata</i> )	100
Ива ( <i>Salix</i> sp.)	10-79
Лабазник вязолистный ( <i>Filipendulaulmaria</i> )	40
Одуванчик лекарственный ( <i>Taraxacumofficinale</i> )	105
Лопух ( <i>Arctium</i> sp.)	19
Крапива ( <i>Urtica</i> sp.)	100

Основные виды растений, которые составляют кормовую базу для пчел в условиях Свердловской области, отличаются от тех, которые произрастают в Башкортостане. Необходимо отметить, что перечень растений, используемых пчелами в условиях Свердловской области, меньше, чем в Башкирии, и качественный состав растений хуже. Из таблицы 3 можно сделать вывод, что самые высокие показатели по медопродуктивности имеют: липа сердцелистная (100 кг/га), одуванчик лекарственный (105 кг/га), клевер ползучий (100-130 кг/га). Остальные растения имеют низкие показатели продуктивности, но являются основной базой нектара в определенные периоды сбора меда.

Исследования палинологического анализа показали, что пчелы по-разному используют кормовую базу и собирают нектар с определенных растений.

В таблице 4 представлены результаты палинологического анализа меда из образцов, собранных в Башкортостане в 2017 г.

Таблица 4. Результаты палинологического анализа меда (Башкортостан)

Вид растения	Доля пыльцы, %
Синяк обыкновенный ( <i>Echiumvulgare</i> )	14,77
Вишня ( <i>Cerasus</i> ssp.)	12,50
Молочай ( <i>Euphorbiasp.</i> )	11,36
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulusarvense</i> )	7,39
сем. Злаки ( <i>Poaceae</i> )	5,68
Ноня темная ( <i>Noneapulla</i> )	5,11
Донник ( <i>Melilotus</i> ssp.)	5,11
Чертополох ( <i>Carduus</i> ssp.)	5,11
сем. Розоцветные ( <i>Rosaceae</i> )	4,55
Хмель обыкновенный ( <i>Humuluslupulus</i> )	3,98
Лук ( <i>Allium</i> ssp.)	3,98
Ива ( <i>Salix</i> ssp.)	3,41
Лапчатка ( <i>Potentilla</i> ssp.)	3,41
Подорожник ( <i>Plantago</i> ssp.)	2,27
сем. Крестоцветные ( <i>Brassicaceae</i> )	2,27
сем. Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )	1,70
Свербига восточная ( <i>Buniasorientalis</i> )	0,57
Одуванчик ( <i>Taraxacum</i> ssp.)	0,57
Лабазник ( <i>Filipendula</i> ssp.)	0,57
Лопух ( <i>Arctium</i> ssp.)	0,57
Крапива ( <i>Urtica</i> ssp.)	0,57
Герань ( <i>Geranium</i> ssp.)	0,57
Боярышник ( <i>Crataegus</i> ssp.)	0,57
сем. Губоцветные ( <i>Lamiaceae</i> )	0,57
Неопределенные виды	2,27
Разрушенные пыльцевые зерна	0,57
Фактическая медопродуктивность на одну пчелосемью	35,5 кг

Из таблицы 4 видно, что в образцах идентифицирована пыльца 24 таксонов. Доминирует пыльца синяка, вишни, молочая. После исключения из расчетов пыльцы ветроопыляемых (злаки, хмель, подорожник, крапива) и пергааносных видов (лапчатка) доля доминантов возрастает до 18, 15 и 14% соответственно. Несмотря на то, что Вьюнок полевой по оценке кормовой базы находился на 4-м месте и по расчетам имел невысокие показатели, в меде нектара из его растений оказалось более 7%. Это



указывает на то, что при медосборе пчелы отдают предпочтение тем или иным растениям.

В европейских монофлорных синяковых медах пыльца синяка нормально представлена (д.б. не менее 45%), молочайных медах пыльца молочая не представлена (данные процентного содержания отсутствуют). Поэтому изученные образцы не могут быть однозначно идентифицированы ни как синяковые или молочайные. Таким образом, можно сделать вывод о том, что регион Башкирии имеет хорошую кормовую базу для разведения пчел с разнообразным травостоем. В основном производится цветочный мед с преобладанием синяка обыкновенного и молочая.

Подобные исследования меда, полученного в условиях Свердловской области, подтвердили полученные данные.

Результаты палинологического анализа меда, полученного в Свердловской области, представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты палинологического анализа меда

Вид растения	Доля пыльцы, %
сем. Крестоцветные (Brassicaceae): Свербига восточная (Buniasorientalis)	40,79
Малина обыкновенная (Rubusidaeus)	22,37
Липа сердцелистная (Tiliacordata)	11,84
Ива (Salixsp.)	6,58
Лабазник вязолистный (Filipendulaulmaria)	5,26
Одуванчик лекарственный (Taraxacumofficinale)	3,95
Клевер ползучий (Amoriarepens)	2,63
Береза повислая (Betulapendula)	2,63
сем. Злаки (Poaceae)	1,45
Полынь (Artemisiasp.)	1,45
Клевер гибридный (Trifoliumhybridum)	3,51
Подсолнечник однолетний (Helianthusannus)	1,32
Борщевик сибирский (Heracleumsuburicum)	1,32
Неопределенные виды	1,32
Разрушенные пыльцевые зерна	0

Из таблицы 5 видно, что в образце идентифицирована пыльца 10 таксонов. В пробе доминирует пыльца свербиги восточной, малины обыкновенной и липы сердцелистной. После исключения из расчетов пыльцы ветроопыляемых (береза) и перганосных видов (свербига) доля малины и липы возрастает до 40% и 21% соответственно. Изученный образец можно отнести к полифлорным медам. Согласно ГОСТ Р 52451-2005 «Меды монофлорные. Технические условия» содержание пыльцы липы в монофлорных липовых медах должно быть не менее 30%. Пыльца малины в европейских монофлорных медах нормально представлена (в монофлорном меде должно быть не менее 45%). Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что исследуемый мед представляет собой полифлорный цветочный мед с преимущественным содержанием нектара свербиги восточной, малины обыкновенной и липы сердцелистной.

**Вывод.** Таким образом, мед, получаемый в разных природно-климатических и эколого-кормовых условиях разведения пчел, относится к цветочному. Кормовая база для производства меда достаточная, но различается по цветочному. Качественный состав меда зависит от кормовой базы и определяется не только распространенными растениями, но и приоритетом пчел относительно тех или иных видов.

### Литература

1. **Аветисян Г.А., Черевко Ю.А.** Пчеловодство: учебник для начального профессионального образования. – М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2011. – 320 с.
2. **Белик Э.В.** Пчеловод. Словарь–справочник. – Ростов н/Д.: Феникс; Донецк: «Кредо», 2007. – 234с.
3. **Бородачев А.В., Мартынов А.Г., Харитонов Н.Н., Бородачев В.А.** Разведение пчел // Пчеловодство. – 2012. – № 2. – С. 15-17.
4. **Заикина В.С.** Экспертиза меда и способы обнаружения его фальсификации: учебное пособие. – М.: Дашков и К°, 2015. – 168 с.
5. **Курманов Р.Г.** Мелиссопалинологический анализ медовых ресурсов. – Уфа, 2010 – 187 с.
6. **Кныш И.В.** Нормативная база отрасли пчеловодства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. – Ч.1. – СПб.: СПбГАУ, 2016. – С. 206-210.
7. **Кныш И.В.** Развитие отрасли пчеловодства в России // Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы: матер. делов. прогр. XXVII междунар. агропром. выст. «АГРОРУСЬ-2018». – СПб.: СПбГАУ, 2018. – С. 180-183.
8. **Пристач Н.В., Хохрин С.Н., Рожков К.А., Кривенко Д.В.** Методы оптимизации кормления медоносных пчел (*Apis mellifera* L.) на современном этапе // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. – №24. – С. 134-139.
9. **Пристач Н.В., Пристач Л.Н.** Влияние сахара-молочной подкормки на продуктивность пчелиных семей // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2019. – №3. – С.160-163.
10. **Неверова О.П., Горелик О.В.** Влияние породы пчел на качество пчелиных семей после зимовки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №3(56). – С. 127-132.

### Literatura

1. **Avetisyan G.A., Cherevko YU.A.** Pchelovodstvo: ucheb. dlya nach. prof. obrazovaniya. – M.: IRPO; Izd. Centr «Akademiya», 2011. – 320 s.
2. **Belik E.V.** Pchelovod. Slovar'–spravochnik. – Rostov n/D.: Feniks; Doneck: «Kredo», 2007. – 234 s.
3. **Borodachev A.V., Martynov A.G., Haritonov N.N., Borodachev V.A.** Razvedenie pchel // Pchelovodstvo. – 2012. – № 2. – S. 15-17.
4. **Zaikina V.S.** Ekspertiza meda i sposoby obnaruzheniya ego fal'sifikacii. Ucheb. posob. – M.: Dashkov i K°, 2015. – 168 s.
5. **Kurmanov R.G.** MelissopalinoLOGicheskiy analiz medovykh resursov. – Ufa, 2010 – 187 s.
6. **Knysh I.V.** Normativnaya baza otrasli pchelovodstva / Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya: sb. nauch. tr. – CH.1. – SPb.: SPbGAU, 2016. – S. 206-210.
7. **Knysh I.V.** Razvitie otrasli pchelovodstva v Rossii / Kachestvennyj rost rossijskogo agropromyshlennogo kompleksa: vozmozhnosti, problemy i perspektivy: mater. delov. progr. HKHVII mezhdunar. agroprom. vyst. «AGRORUS'-2018». – SPb.: SPbGAU, 2018. – S. 180-183.
8. **Pristach N.V., Hohrin S.N., Rozhkov K.A., Krivenko D.V.** Metody optimizacii kormleniya medonosnykh pchel (*Apis mellifera* L.) na sovremennom etape // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – №24. – S. 134-139.
9. **Pristach N.V., Pristach L.N.** Vliyanie sahara-molochnoj podkormki na produktivnost' pchelinykh semej // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinariii. – 2019. – №3. – S.160-163.
10. **Neverova O.P., Gorelik O.V.** Vliyanie porody pchel na kachestvo pchelinykh semej posle zimovki // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – №3(56). – S. 127-132.

УДК 621.311 (07)

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11130

Канд. техн. наук **С.В. ГУЛИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, serg.gulin2010@yandex.ru)  
Канд. техн. наук **А.Г. ПИРКИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, pirkin.ag@mail.ru)

### ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС–РЕИНЖИНИРИНГА ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В общем случае бизнес-реинжиниринг представляет собой не что иное, как изменение бизнес-структуры (бизнес-архитектуры) коммерческой организации с целью повышения эффективности ее функционирования [1, 2].

Необходимость проведения бизнес-реинжиниринга наступает в случае нарушения совместимости бизнес-функций отдельных подразделений и организации в целом. С функциональной точки зрения бизнес-реинжиниринг следует рассматривать как совокупность инженерно-экономических и консультационных услуг, направленных на переосмысление и радикальное перепроектирование деловых процессов в бизнес-структурах. Реализация вышеперечисленных услуг, в конечном счете, позволяет достичь существенных, а в отдельных случаях и скачкообразных улучшений показателей деятельности компании, таких как стоимость и качество продукции, рентабельность, уровень сервиса и темп развития.

Эффективность бизнес-реинжиниринга в общем виде можно представить следующим образом:

$$\Delta \text{Эко} = \text{Эко}(\text{Сн}) - \text{Эко}(\text{Сс}), \quad (1)$$

где  $\Delta \text{Эко}$  – прирост эффективности коммерческой организации вследствие изменения ее бизнес-структуры;

$\text{Эко}(\text{Сн})$ ,  $\text{Эко}(\text{Сс})$  – эффективности коммерческой организации при новой и старой бизнес-структурах соответственно.

Реинжиниринг бизнес-процессов во всех сферах деятельности актуален с нескольких позиций [2]:

- кризисные явления как в отечественной, так и в мировой экономике;
- переход от сырьевой модели к инновационной модели развития;
- грядущие изменения в связи со сменой технологического уклада и возможной сменой энергоносителей.

**Цель исследования** – формирование методологии бизнес-реинжиниринга при решении задач проектирования, создания и эксплуатации электротехнологических систем, использующих современное энергосберегающее светотехническое оборудование. Процесс бизнес-реинжиниринга следует начинать с проведения достаточно серьезных маркетинговых исследований. Основные направления этих исследований нашли свое отражение в работе [3]:

- сбор и анализ информации о существующем и потенциальном спросе на выпускаемое светотехническое оборудование;
- оценка надежности поставщиков комплектующих изделий для производства электротехнологических систем;
- изучение конкурентной среды на рынке светотехнического оборудования;
- анализ производственных и финансовых возможностей фирмы, создающей и обслуживающей оборудование.

Проведение вышеуказанных исследований позволяет создать новую маркетинговую среду для реализации процесса бизнес-инжиниринга.

В нашем случае важнейшим сигналом к проведению бизнес-реинжиниринга является резкое изменение ситуации на рынке проектирования, создания и обслуживания светотехнического оборудования.

**Материалы, методы и объекты исследований.** При реализации процесса бизнес-реинжиниринга необходимо руководствоваться следующими основными принципами [4]:

- количество участников процесса должно быть сведено к минимуму;
- потребитель бизнес-процессов (процессов проектирования, создания и обслуживания электротехнологического оборудования) должен быть обязательно вовлечен в них;
- реинжиниринг сложных бизнес-процессов должен предполагать рассмотрение большого числа альтернативных вариантов.

Выбор метода изменения бизнес-процессов – оптимизация или реинжиниринг – определяется тем, насколько показатели деятельности компании (проектной, производственной или обслуживающей) отстают от намеченных (запланированных).

Выбор начнем с двух показателей деятельности компании:

1. Суммарные затраты, обеспечивающие функционирование компании:

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Z_i, \quad (2)$$

где  $n$  – число видов электротехнологического оборудования (проектируемого, производимого, обслуживаемого);

$i$  – номер вида оборудования;

$Z_i$  – затраты, связанные с  $i$ -тым видом оборудования.

2. Суммарное время, затрачиваемое компанией на обслуживание клиентов:

$$T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m T_j, \quad (3)$$

где  $m$  – общее число обслуживаемых клиентов;

$j$  – номер обслуживаемого клиента;

$T_j$  – время обслуживания  $j$ -того клиента.

Многолетний анализ работы предприятий, занимающихся выпуском электротехнологических систем, использующих светотехническое оборудование, показал целесообразность бизнес-реинжиниринга в случае превышения реальных показателей  $Z_{\Sigma}$  и  $T_{\Sigma}$  над запланированными на 25-30%.

Прокомментируем вышесказанное на конкретном примере.

*Пример.* Запланированные суммарные затраты, обеспечивающие функционирование компании  $Z_{\Sigma\text{пф}} = 120$  млн. руб., затраты компании на обслуживание клиентов  $Z_{\Sigma\text{по}} = 30$  млн. руб. Реальные затраты компании:  $Z'_{\Sigma\text{рф}} = 185$  млн. руб.,  $Z'_{\Sigma\text{ро}} = 41$  млн. руб.

Абсолютное превышение реальных показателей над запланированными определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{\Sigma\text{пф}} &= Z'_{\Sigma\text{рф}} - Z_{\Sigma\text{пф}}, \\ \Delta Z_{\Sigma\text{по}} &= Z'_{\Sigma\text{ро}} - Z_{\Sigma\text{по}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Относительное превышение показателей:

$$\begin{aligned}\Delta Z'_{\Sigma\text{Пф}} &= \frac{\Delta Z_{\Sigma\text{Пф}}}{Z_{\Sigma\text{Пф}}} \cdot 100\%, \Delta \\ \Delta Z'_{\Sigma\text{По}} &= \frac{\Delta Z_{\Sigma\text{По}}}{Z_{\Sigma\text{По}}} \cdot 100\%.\end{aligned}\quad (5)$$

Произведя соответствующие вычисления, получим:

$$\begin{aligned}\Delta Z'_{\Sigma\text{Пф}} &= \frac{65}{120} \cdot 100\% = 54,2\%, \\ \Delta Z'_{\Sigma\text{По}} &= \frac{11}{30} \cdot 100\% = 36,7\%.\end{aligned}$$

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в рассматриваемой компании необходимо осуществлять реинжиниринг бизнес-процессов.

Выбор тех или иных показателей для принятия решения о необходимости бизнес-реинжиниринга компании зависит от состояния ее внутренней среды и конкурентной рыночной ситуации.

В настоящей статье процессы бизнес-реинжиниринга рассмотрим на примере перепроектирования (создания и эксплуатации) облучательных установок для теплиц 5-го поколения [5].

Одна из ключевых тенденций этого поколения – разработка новых эксклюзивных регулируемых (подвергаемых воздействию из вне) и регулирующих (воздействующих на процесс или объект) систем, позволяющих кардинально сократить расходы на электроэнергию. Это направление особенно актуально, так как позволяет реализовать бизнес-проекты тепличных комплексов с интеллектуальной системой досвечивания, что дает возможность выращивать овощи круглый год.

Достаточное количество солнечного света – одно из основных условий успешного выращивания растений в теплице. В осенне-зимний период, когда его не хватает, необходимый объем жизненно важной для культур лучистой энергии восполняет система искусственного досвечивания.

Традиционно для дополнительного освещения использовали ртутные газоразрядные, металлогалогенные и натриевые лампы высокого давления. С недавнего времени этот список дополнили лампы светодиодные [6]. Светодиод (светоизлучающий диод) на английском языке – light-emitting diode (сокращенно – LED), поэтому светодиоды часто называют LED-лампы.

Светодиодные лампы способны не только снизить расход потребляемой электроэнергии, но и, что еще важнее, позволяют достичь большей эффективности при выращивании различных культур, создавая оптимальные условия для получения высококачественных плодов.

Таким образом, помимо оптимизации электропотребления, основное преимущество светодиодов заключается в создании и точечной настройке наиболее подходящего спектра для выращивания растения в конкретный период его вегетационного развития.

Спектр света, создаваемый натриевыми светильниками, не в состоянии максимально стимулировать фотосинтетические свойства растения. Тогда как спектр светодиода максимально направлен именно на фоторецепторы растения, отвечающие за процесс фотосинтеза.

По сравнению с газоразрядными лампами, светодиодные фитосветильники LED выдают свет в строго определенном диапазоне, что позволяет добиться максимального фотосинтеза. Пики излучения приходятся на длины волн 450 и 650 нм, что соответствует потребностям растений. Также светильник излучает мягкий ультрафиолет в диапазоне длин волн 320-380 нм,

что повышает холодостойкость растений. LED-светильники в сравнении с лампами ДНаТ и ДНаЗ обладают рядом преимуществ [7]: хорошие показатели световой мощности; подходящий для растений спектр излучения и возможность его регулирования; отсутствие нагрева и влияния на микроклимат в теплице; простое подключение к сети; малый расход электроэнергии; экологичность – не требуется специальная утилизация; ремонтпригодность – элементы можно заменить; длительный срок службы – до 100000 часов.

Сравнение спектральных характеристик натриевых и светодиодных источников приведено на рисунках 1 и 2.

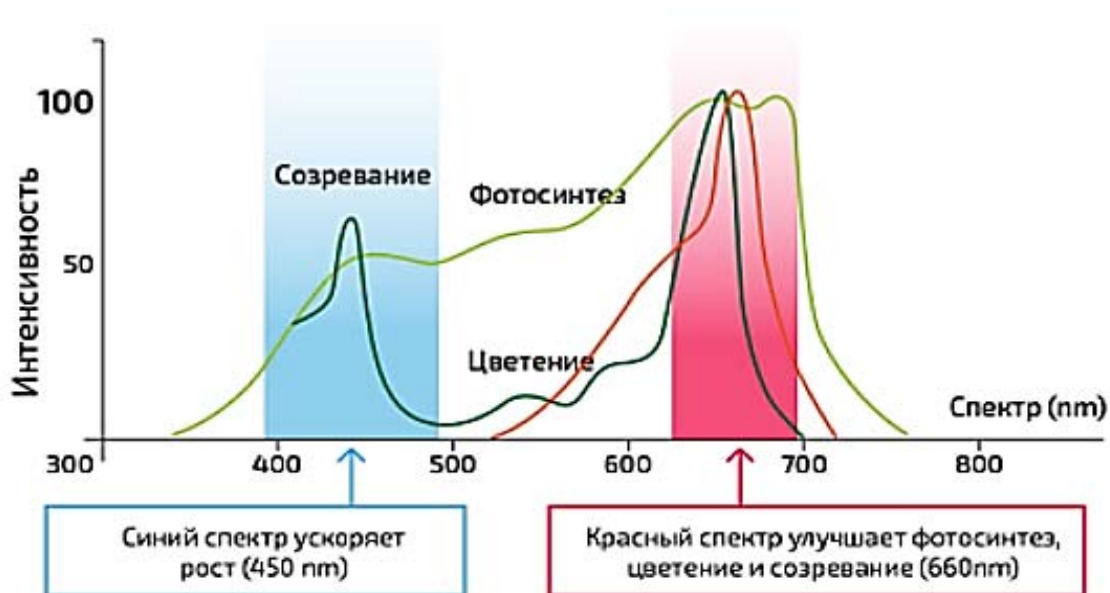


Рис.1. Спектральная чувствительность растений

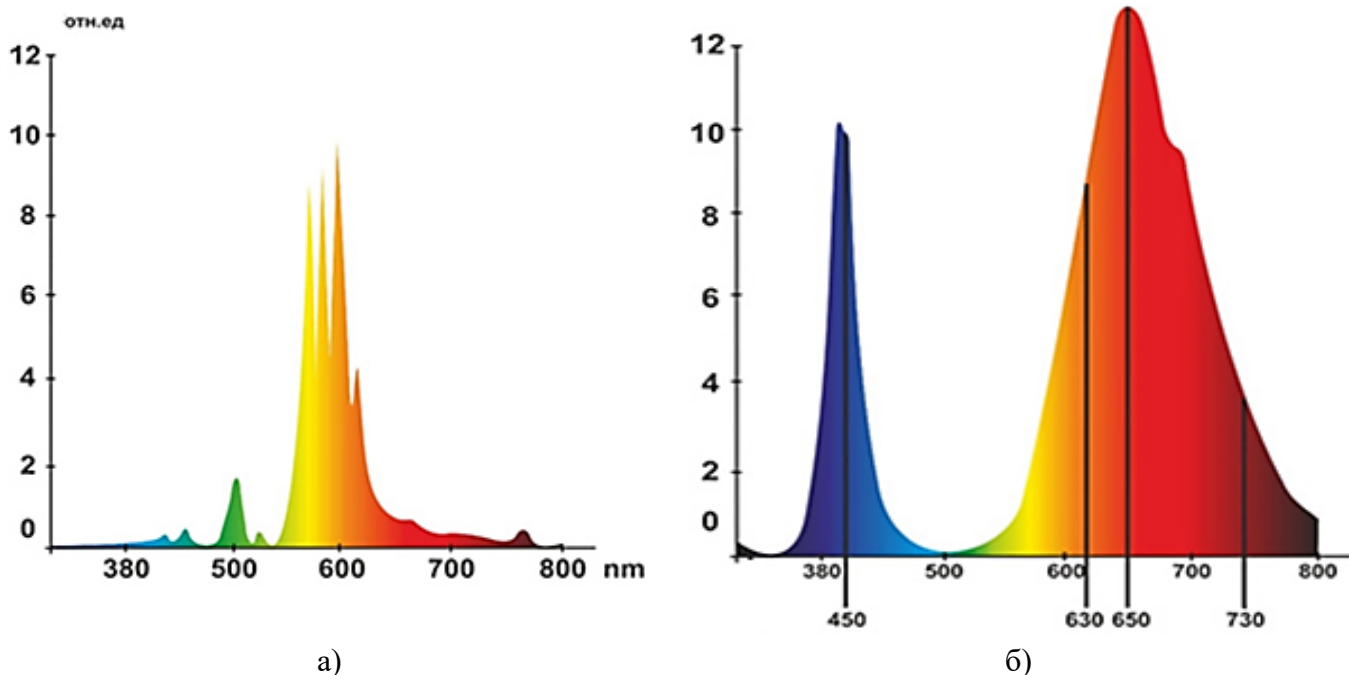


Рис.2. Спектры излучения: а) – натриевых источников; б) - светодиодных источников

Часть световой энергии, вырабатываемой натриевыми лампами, фактически не участвует в стимулировании развития растений, так как они не способны абсорбировать ее. Кроме всего вышесказанного, есть еще один негативный аспект натриевых ламп, который заключается в их излишнем нагреве, что вынуждает располагать светильники на определенной высоте от растительных лотков. В результате этого световой поток становится более рассеянным, что, в свою очередь, снижает фотосинтетические свойства растения.

При этом освещенность взрослых растений высоких светокультур (огурец, томат) снижается за счет затенения. Поэтому необходимо использовать межрядную досветку либо создавать большее количество светоточек для уменьшения неравномерности освещения рядов.

Таким образом, традиционные газоразрядные (ртутные натриевые, металлогалогенные) источники света обладают рядом недостатков, содержат опасные вещества, их спектр далеко не всегда оптимален, а светоотдача некоторых ламп недостаточно высока.

Светодиодные светильники для теплиц не имеют перечисленных недостатков, поэтому представляют собой идеального кандидата для замены традиционных тепличных светильников.

Сравнительные характеристики источников излучения приведены в таблице.

Таблица. Сравнительные характеристики ламп

Показатели	Люминесцентная	Ртутная	Металлогалогенная	Натриевая	Светодиодная
КПД ФАР	до 22%	до 12%	до 28%	до 30%	до 99%
Срок службы, тыс.ч.	до 15	до 15	до 10	до 24	до 100
Светоотдача, лм/Вт	до 80	до 55	до 100	до 150	до 104
Энергопотребление, Вт/ч.	до 65	до 400	до 400	до 600	1 на один диод
КПД	до 70%	до 70%	до 70%	до 70%	до 95%
Недостатки	Нецелесообразно использовать на больших площадях	Экономически нецелесообразно	Низкий уровень цветопередачи	Низкий уровень цветопередачи	Нет

Еще одним из важных и неоспоримых преимуществ светодиодных светильников перед традиционными газоразрядными является возможность управления световым потоком. Такое управление легко организовать как димминг в автоматическом или ручном режиме в зависимости от каких-либо условий [6]. Такими условиями могут быть, например, внешняя освещенность в зависимости от времени суток или меняющиеся погодные условия.

Плавная регулировка световым потоком позволяет более полно использовать внешнюю освещенность, снизить затраты на потребляемую энергию, повышая тем самым общую энергетическую эффективность применения подобных систем освещения.

Таким образом, на смену эволюционным улучшениям средств и способов светокультуры налицо кардинально иные внешние условия, позволяющие перейти к разработке новых эксклюзивных регулируемых и регулирующих систем, позволяющих реализовать проекты тепличных комплексов с интеллектуальной системой досвечивания. Объективно складываются условия перехода от инжиниринга к реинжинирингу систем досвечивания. В данной ситуации реинжиниринг является наиболее эффективным методом внедрения изменений технологий досвечивания для повышения эффективности тепличного производства [8].

На рисунке 3 приведена схема, иллюстрирующая процессы реинжиниринга облучательных установок (ОУ) досвечивания растений в защищенном грунте.

Новые внешние условия будут определяться назревшей необходимостью перевода процесса досвечивания на высокотехнологичные рельсы. Предпосылками для бизнес-реинжиниринга ОУ являются новые технологические и экономические условия.

К технологическим условиям следует отнести появление новых твердотельных источников излучения на базе эффективных силовых светодиодов, высокотехнологичных световых приборов перераспределения потока излучения, адаптивных систем управления режимами и параметрами технологических процессов досветки [9, 10].

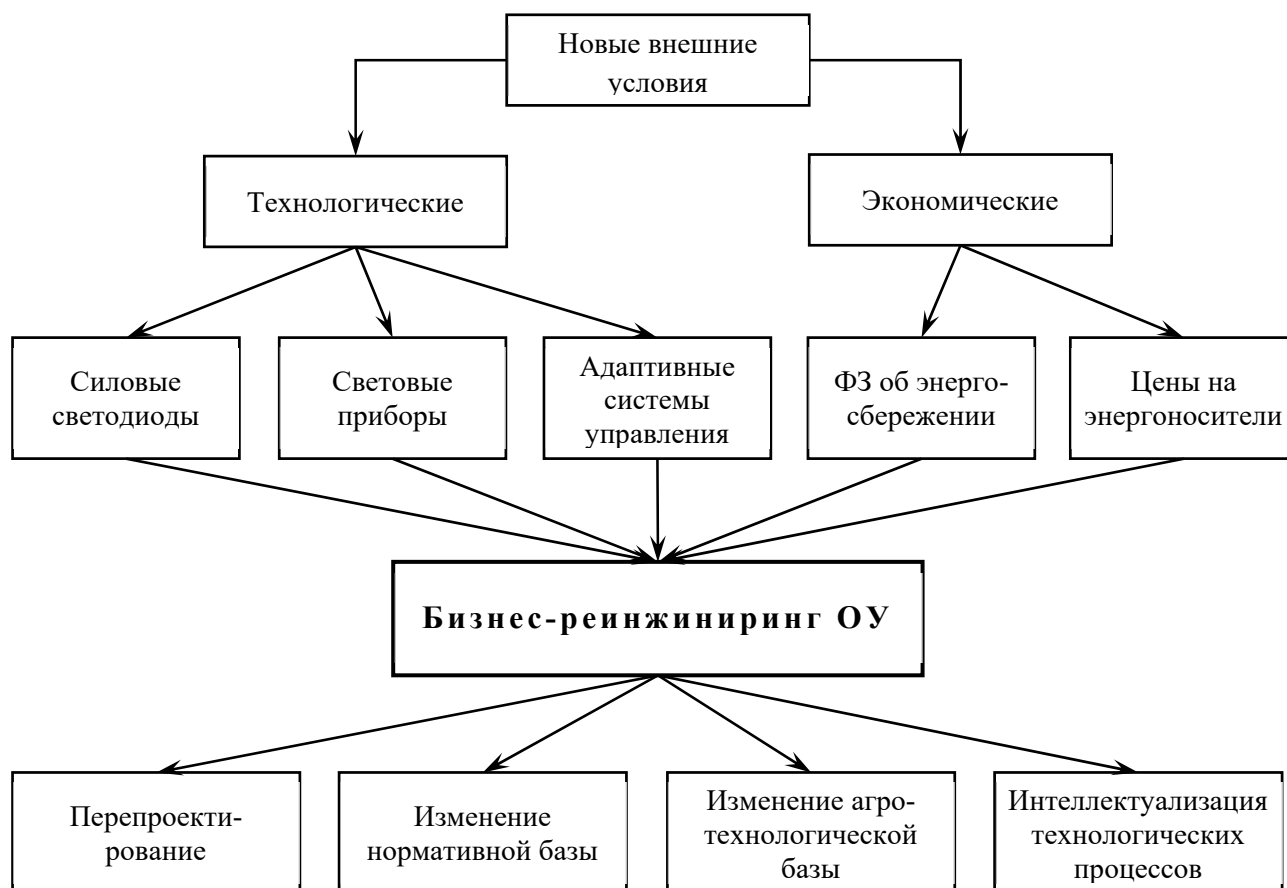


Рис.3. Функции бизнес-реинжиниринга облучательных систем

Экономические условия базируются на появлении Федерального закона (ФЗ) об энергосбережении и новой ценовой политики на энергоносители.

**Результаты исследований.** Основные результаты бизнес-инжиниринга, проведенного в данной статье, логично сформулировать следующим образом:

- предложено полное перепроектирование системы досветки растений по принципиально новым технологиям;
- обоснована необходимость корректировки нормативно-технической базы проектирования облучательных установок для растений с использованием твердотельных источников излучения;
- осуществлено внедрение новых технологий светокультуры и интеллектуальных систем контроля и регулирования режимов облучения растений.

**Выводы.** Бизнес-реинжиниринг является прогрессивным методом внедрения изменений в деятельность предпринимательских структур, т.к. обладает экономическими преимуществами по сравнению с эволюционными методами развития, в частности:



увеличивает скорость внедрения изменений, значительно повышает эффективность деятельности предприятия.

Использование реинжиниринга бизнес-процессов является эффективным механизмом внедрения передовых инноваций, повышающих эффективность оптических технологий в тепличном производстве.

Бизнес-реинжиниринг представляется капиталоемким направлением по внедрению новых наукоёмких технологий в деятельность тепличных комплексов.

### Литература

1. **Теланов Ю.Ф., Федоров И.Г.** Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. – М.: Юнити-Дана, 2015. – 207 с.
2. **Блинов А.О.** Реинжиниринг бизнес-процессов: учебное пособие. – М.: Юнити, 2016. – 335с.
3. **Гулин С.В., Пиркин А.Г.** Маркетинговые исследования основных этапов энергоинжиниринга // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №2(47). – С.309-314.
4. **Гулин С.В., Пиркин А.Г.** Методология бизнес-инжиниринга энергосистем сельскохозяйственного потребителя. – СПб.: СПбГАУ, 2019. – 94с.
5. **Загоровская В.В.** Тепличная эволюция: инновации на рынке оборудования для закрытого грунта // Агротехника и технологии. – 2017. – №2. – С.17-19.
6. **Вейнерт Д.** Светодиодное освещение. – Philips, 2010. – 156 с.
7. **Гужов С.И.** Оценка влияния источников питания светодиодных светильников на питающую сеть // Современная светотехника. – 2009. – №2. – С.130.
8. **Шарупич В.П.** Культивационные сооружения с многоярусной узкостеллажной гидропоникой // Palmarium Academic Publishing, 2014. – 664 с.
9. **Рождественский В.И., Клешнин А.Ф.** Управляемое культивирование растений в искусственной среде. – М.: Наука, 2000. – 199 с.
10. **Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М.** Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. – Новосибирск: Изд. Сиб. отд. РАН, 2000. – 213 с.

### Literatura

1. **Telanov YU.F., Fedorov I.G.** Inzhiniring predpriyatiya i upravlenie biznes-processami. – М.: YUniti-Dana, 2015. – 207 s.
2. **Blinov A.O.** Reinzhiniring biznes-processov: uchebnoe posobie. – М.: YUniti, 2016. – 335s.
3. **Gulin S.V., Pirkin A.G.** Marketingovye issledovaniya osnovnyh etapov energoinzhiniringa // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №2(47). – S. 309-314.
4. **Gulin S.V., Pirkin A.G.** Metodologiya biznes-inzhiniringa energosistem sel'skohozyajstvennogo potrebitelya. – SPb.: SPbGAU, 2019. – 94s.
5. **Zagorovskaya V.V.** Teplichnaya evolyuciya: innovacii na rynke oborudovaniya dlya zakrytogo grunta // Agrotekhnika i tekhnologii. – 2017. – №2. – S.17-19.
6. **Vejnert D.** Svetodiodnoe osveshchenie. – Philips, 2010. – 156 s.
7. **Guzhov S.I.** Ocenka vliyaniya istochnikov pitaniya svetodiodnyh svetil'nikov na pitayushchuyu set' // Sovremennaya svetotekhnika. – 2009. – №2. – S.130.
8. **SHarupich V.P.** Kul'tivacionnye sooruzheniya s mnogoyarusnoj uzkostellazhnoj gidroponikoj // Palmarium Academic Publishing, 2014. – 664 s.
9. **Rozhdestvenskij V.I., Kleshnin A.F.** Upravlyaemoe kul'tivirovanie rastenij v iskusstvennoj srede. – М.: Nauka, 2000. – 199 s.
10. **Tihomirov A.A., SHarupich V.P., Lisovskij G.M.** Svetokul'tura rastenij: biofizicheskie i biotekhnologicheskie osnovy. – Novosibirsk: Izd. Sib. отд. РАН, 2000. – 213 s.

УДК 663.91522

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11137

Доктор техн. наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, mysnegana@mail.ru)  
Канд. техн. наук **В.С. ВОЛКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, vol9795@yandex.ru)  
Аспирант **Х.А. АБДУРАХМАНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, hasanjon-93@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАГНИТООЖИЖЕННОМ СЛОЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРОВ

Важное место среди технологий, обеспечивающих тонкое диспергирование материалов, занимает процесс электромеханической активации, который позволяет создавать принципиально новые аппаратно-технологические системы в производствах АПК с обеспечением снижения энергоемкости готовой продукции [1]. Методами электромеханической активации можно получать уникальные свойства материала, которые другими методами обеспечить практически невозможно. Обычно получение порошков тонких фракций получают механическим диспергированием, что априори не позволяет обеспечить высокий показатель селективности процесса. При этом частицы продукции имеют широкий диапазон дисперсности, что требует внедрения в технологическую линию производства дополнительного оборудования – классификаторов. Как показала практика [2], получение однородного гранулометрического состава перерабатываемого материала в заданном технологией диапазоне размера частиц на одной стадии диспергирования и в одном аппарате возможно в магнитоожигенном слое феррочастиц размольных элементов при использовании двух потоков энергии – энергии электромагнитного поля и энергии от приводного электродвигателя. В этом случае обеспечивается принцип синергии энергетических потоков, способствующий значительному возрастанию силовых контактов в магнитоожигенном слое ферротел.

**Цель исследования** – установить механизм формирования магнитоожигенного слоя в рабочем объеме электромеханического диспергатора. Выявить зависимость изменения основных силовых параметров в магнитоожигенном слое ферротел сферической формы от индукции электромагнитного поля в рабочем объеме электромеханического диспергатора.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследование физико-механических процессов в магнитоожигенном слое ферротел электромеханических диспергаторов проведено с использованием теории подобия магнитных систем.

**Результаты исследований.** Силовое воздействие на ферротела магнитоожигенного слоя в электромеханических диспергаторах обеспечивает возникновение следующих эффектов: появление новых положений равновесия и видов движения; изменение собственных частот малых колебаний; превращения сухого трения в вязкое; разрыхление дисперсной среды; возникновение интенсивного механического взаимодействия между частицами и объемами многокомпонентных систем.

По ряду фундаментальных свойств и характеру взаимодействия с внешними электромагнитными полями гетерогенные дисперсные системы, в которых диспергированной фазой являются ферромагнитные частицы, можно разделить на два класса [3]. К первому относятся магнитные жидкости: ферроколлоиды и магнитореологические суспензии. Второй класс – тонкодисперсные системы, в которых образование магнитовибрирующего слоя обеспечивается действием электромагнитного поля. Влияние внешнего электромагнитного поля на поведение системы связано с его ориентирующим действием на отдельные частицы и структуры (цепочки, кластеры), образующиеся за счет поверхностных диполь – дипольных и лоренцевских взаимодействий.

Экспериментальные работы на моделях сферических шаров из магнитоожигенных материалов показывают, что в естественных кластерах образуется макровихревое

упорядочение магнитных моментов отдельных частиц и магнитный момент кластера оказывается меньше простой суммы магнитных моментов частиц в кластере из-за замыкания их магнитных потоков [4]. Образующиеся агрегаты (кластеры) можно рассматривать как пористые частицы, имеющие внешнюю (геометрическую) и развитую внутреннюю поверхность. Размер пор зависит от формы и размеров самих частиц и развитости их поверхности. Проблема зарождения и устойчивого существования пространственных образований – структур в начально не текстурированных средах, является одной из наиболее принципиальных и в то же время трудных проблем теории неравновесных сред. Эти особенности магнитных материалов (в рассматриваемом случае феррочастиц магнитоожигенного слоя) вызывают основные затруднения при измерении их физико-технологических характеристик и объясняют расхождения в результатах измерений, полученных различными методами.

С целью изучения физико-механических процессов поэтапного формирования диспергирующих нагрузок в магнитоожигенном слое ферротел под действием двух потоков энергии разработано устройство и проведены исследования по обоснованию параметров электромагнитных полей, влияющих на кластер формирования диспергирующих нагрузок в ферродинамической среде размольных органов шарообразной формы в рабочем объеме электромеханических диспергаторов.

Для исследований в условиях магнитовибрирующего слоя разработано опытно-экспериментальное электромагнитное устройство, схема которого представлена на рис. 1.

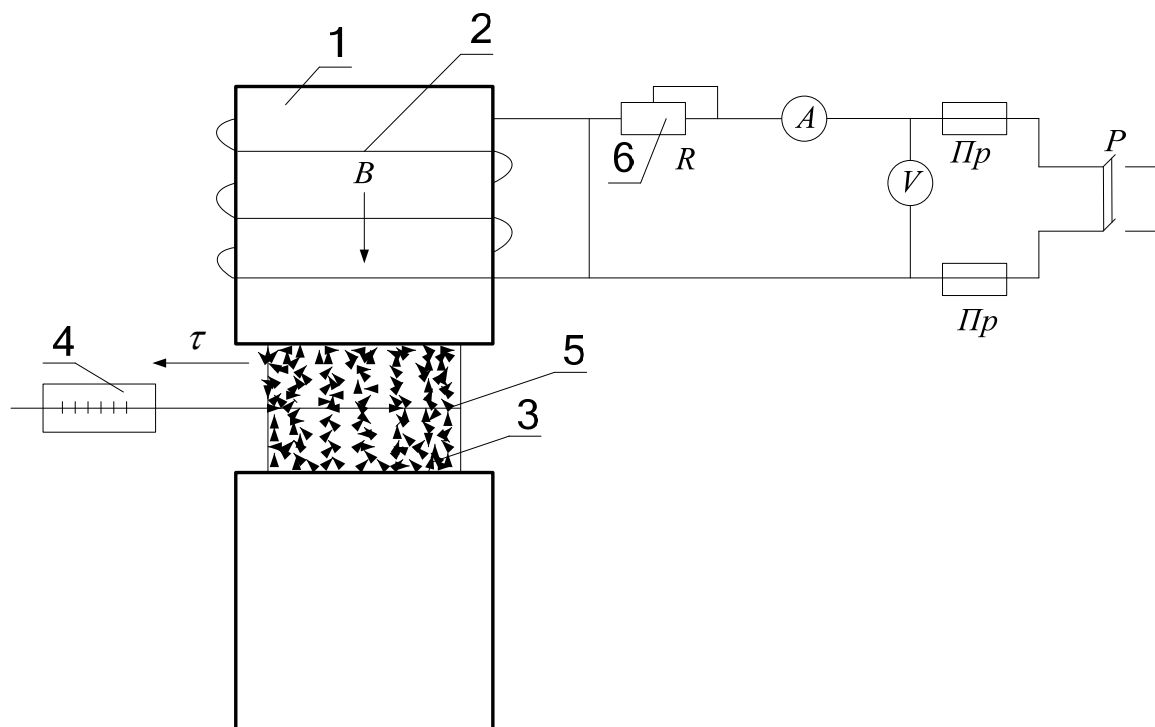


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для статических испытаний:

1 – сердечник с подвижными полюсами электромагнита; 2 – обмотка управления; 3 – кювета с исследуемым наполнителем; 4 – стальная лента с динамометром; 5 – виброкипящий слой; 6 – регулировочный реостат;

A и V – соответственно, амперметр и вольтметр в цепи обмотки управления

Для получения устойчивого режима магнитокипения включается постоянное поле, создаваемое электромагнитом 1. Ферромагнитные размольные элементы в рабочей кювете переходят в режим магнитокипения. Системы ферромагнитных частиц можно моделировать однодоменной структурой, в которой энергетически выгодно исчезновение энергии граничных слоев. В результате такая частица обладает внешним магнитным потоком, что и приводит к сильному межчастичному взаимодействию магнитоэстатической природы. Процесс образования кластеров может усиливаться за счет когезионного взаимодействия из-за сильно

развитой поверхности феррочастиц. В дисперсных гетерогенных системах ферромагнитных частиц с помощью электромагнитного поля образуется магнитовибрирующий слой [5, 6], т.е. взвешивание частиц в жидкостях (при диспергировании дисперсной фазы в суспензиях) и в газе (порошковое измельчение, криоизмельчение), и приведение их в состояние интенсивного движения.

Движение кластера в магнитном поле заданной топологии можно представить как суперпозицию поступательного и вращательного движений. Исследования динамики физико-механических процессов проведено на макете, моделирующем рабочий объем электромеханического диспергатора ЭМД (рис. 2). В качестве приведенного двигателя Д применялся асинхронный короткозамкнутый электродвигатель типа 4А80А6У3 (0,75 кВт). Трехфазный ток для распределительного типа и пускателя нереверсивного типа ПМЕ-212. Питание обмотки управления устройства осуществлялось от регулируемого источника постоянного тока. Осциллографирование процессов осуществлялось шлейфовым осциллографом типа Н-102. Измерение температуры проведено термопарой (ВК). Записывались следующие параметры: ток управления устройством; скорость вращения вала устройства; временные отметки.

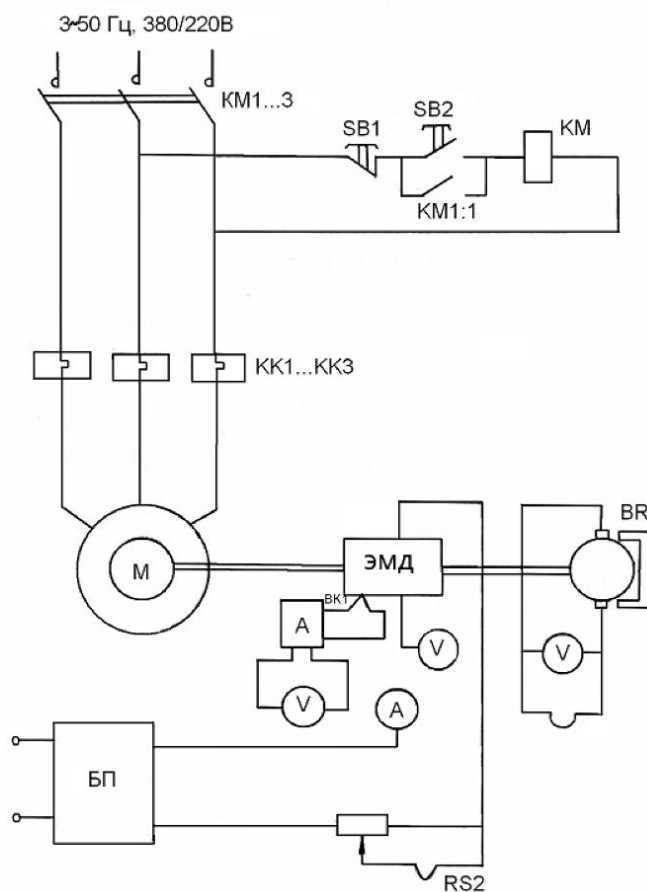


Рис. 2. Принципиальная схема установки для исследований динамики физико-механических процессов в магнитоожигенном слое ферротел

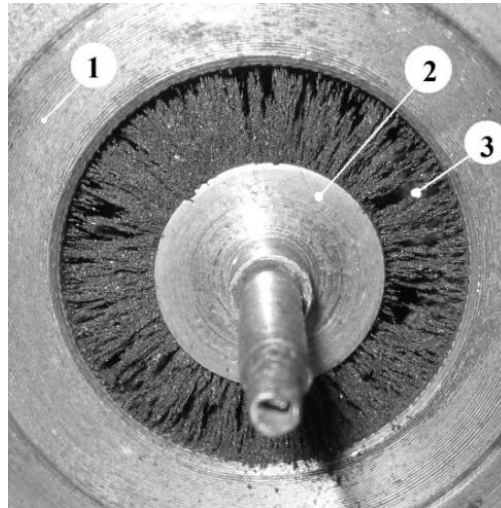


Рис. 3. Кластер формирования электромеханического способа диспергирования:  
1, 2 – поверхности, ограничивающие рабочую камеру электромеханического диспергатора;  
3 – магнитоожженный слой

На начальном этапе происходит разрушение кластеров до отдельных частиц, во-первых, за счет соударения кластеров друг с другом и, во-вторых, за счет относительного перемещения частиц в кластере под действием сил, обусловленных вращением электродвигателя. Отдельные частицы ферромагнитного материала совершают под действием сил магнитного поля колебательное движение, и при взаимодействии с частицами перерабатываемого материала воздействуют на него ударно-истирающими нагрузками.

Анализ работ [6, 7, 8] показал, что наиболее объективным критерием для описания закономерностей физико-механических процессов в магнитоожженном слое ферротел является вытекающее из теории подобия постоянство соотношения между такими характеристиками, как линейные размеры магнитопровода этих устройств и магнитные свойства всей рассматриваемой системы ферромагнетиков. Применение теории подобия позволяет параметр напряженности электромагнитного поля в рабочем объеме электромеханического диспергатора описать одной и той же функцией. При этом вводится такое понятие, как нормированная координата –  $r/L$  (здесь  $r$  – векторная координата точки рабочего объема диспергатора, а  $L$  – характерный размер, определяющий габариты магнитной системы рассматриваемого устройства).

При описании магнитного поля в магнитоожженном слое ферротел (размольных элементов) в электромеханических диспергаторах примем следующие критерии: критерий  $\chi = r/R_0$  (здесь  $R_0$  – радиус размольного элемента) и критерий  $\gamma = \Phi_n/S = B_{cp}$  [4, 7, 8]. Критерий  $\zeta$  определяет среднее  $B_{cp}$  по сечению  $S$  значение индукции магнитного поля  $B$  в рабочем объеме электромеханических диспергаторов с ферромагнитной средой, характеризующейся коэффициентом заполнения  $k_{зан}$ .

Для рассматриваемой системы (рабочий объем с магнитоожженным слоем ферротел) применима следующая функциональная зависимость:

$$B(\bar{r}, \zeta) = f(\bar{\chi}\zeta). \quad (1)$$

При этом функция  $f(\bar{\chi}\zeta)$  не зависит от радиуса ферромагнитного размольного элемента. Выражение для силового параметра  $\gamma$  в рассматриваемом магнитоожженном слое при индукции возбуждения  $\zeta$  имеет вид [4, 7, 9, 10]:

$$\gamma = \frac{1}{R_0} F(\chi, 0, \zeta) \frac{dF(\chi, 0, \zeta)}{d\chi}, \quad (2)$$

где  $\chi \in [0, 1]$ ;  $\zeta = \Phi_n/S = B_{cp}$  – индукция возбуждения в рабочем объеме, заполненном ферромагнитными размольными элементами.

На рисунке 4 представлена графическая зависимость  $F(\chi, 0, \zeta) = f(\chi)$  при различных параметрах электромагнитного поля в магнитоожигенном слое ферротел рабочего объема электромеханического диспергатора.

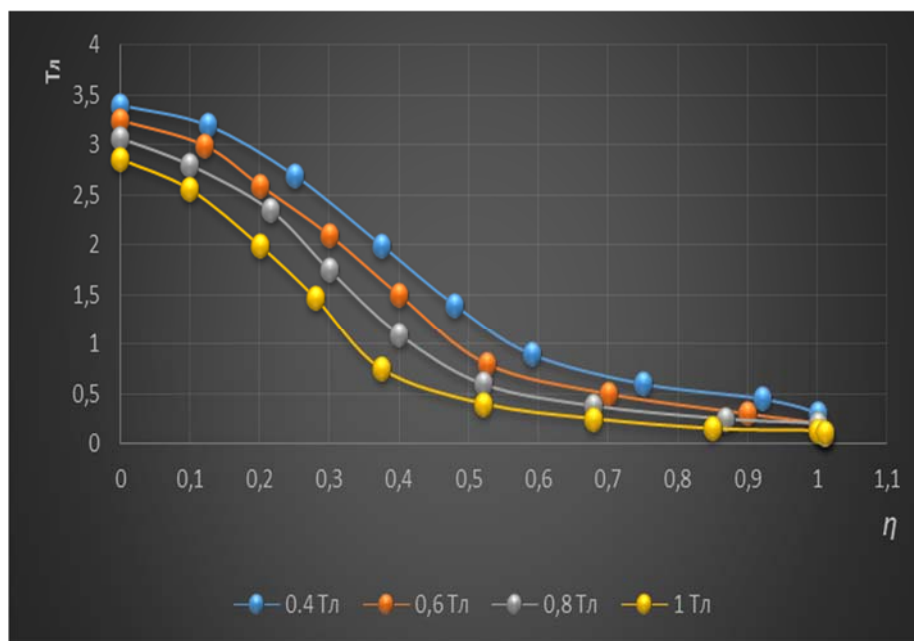


Рис. 4. Графики зависимости  $F(\chi, 0, \zeta) = f(\chi)$  при различных параметрах электромагнитного поля в магнитоожигенном слое ферротел (размольных элементов) электромеханического диспергатора

**Выводы.** Установлен механизм формирования магнитоожигенного слоя в рабочем объеме электромеханического диспергатора с использованием двух потоков энергии – энергии электромагнитного поля и энергии от приводного электродвигателя. В этом случае обеспечивается принцип синергии энергетических потоков, способствующий значительному возрастанию силовых контактов в магнитоожигенном слое ферротел. В результате исследований физико-механических процессов получена зависимость, характеризующая изменение основных силовых параметров в магнитоожигенном слое ферротел сферической формы от индукции электромагнитного поля в рабочем объеме электромеханического диспергатора. Полученные модели позволяют проектировать типовые ряды электромеханических диспергаторов на заданные технологией характеристики силовых и энергетических параметров.

### Литература

1. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения: монография. – СПб: СПбГАУ, 2014. – 162с.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. Научное обоснование внедрения импортозамещающего способа электромагнитной механоактивации в аппаратурно-технологические системы шоколадного производства: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2016. – 197 с.
3. Бабичев А.П., Вернигоров Ю.М., Фролова Н.Н. Режимы работы устройства тонкого помола порошка  $\text{SmCo}_5$  // Машиностроительные технологии и инструменты. – 2012. – № 6 (296). – С. 64-70.
4. Беззубцева М.М., Волков В.С. Прикладные исследования электромагнитных механоактиваторов // Saarbrucken Lambert academic publishing. – 2016. – 180 с.
5. Bezzubtseva M.M., Volkov V.S. The issue research reliable operation of the with magnetic liquefaction layer // International Journal Of Applied And Fundamental Research. – 2016. – № 1. – URL: [www.science-sd.com/463-24972](http://www.science-sd.com/463-24972) (дата обращения: 03.09.2016).

6. **Болога М.К.** Некоторые особенности магнитооживления дисперсных систем // Магнитная гидродинамика. – 1981. – № 4. – С.3-4.
7. **Vernigorov J.M.** Magnetic Wave Technology of Grinding Slime Separation Solid State Phenomena, September 2017, Trans Tech Publications/DOI: 10.4028/www.scientific.net/ ssp.265.1020 Solid State Phenomena, Vol. 270, pp. 120-125, 2017.
8. **Алабузев П.М., Геронимус В.Б., Минкевич Л.М., Шеховцев Б.А.** Теория подобия и размерностей. Моделирование. – М.: Высш. школа, 1968. – 208 с.
9. **Бул' Б.К.** Основы теории и расчета магнитных цепей. – М.: Энергия, 1964. – 464 с.
10. **Мясников Н.Ф.** Полиградиентные магнитные сепараторы. – М.: Недра, 1973. – 160с.

### Literatura

1. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Mekhanoaktivatory agropromyshlennogo kompleksa. Analiz, innovacii, izobreteniya: monografiya. – SPb: SPbGAU, 2014. – 162s.
2. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S., Kotov A.V., Obuhov K.N.** Nauchnoe obosnovanie vnedreniya importozameshchayushchego sposoba elektromagnitnoj mekhanoaktivacii v apparaturno-tehnologicheskie sistemy shokoladnogo proizvodstva: monografiya. – SPb.: SPbGAU, 2016. – 197 s.
3. **Babichev A.P., Vernigorov YU.M., Frolova N.N.** Rezhimy raboty ustrojstva tonkogo pomola poroshka SmCo5 // Mashinostroitel'nye tekhnologii i instrumenty. – 2012. – № 6 (296). – С. 64-70.
4. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Prikladnye issledovaniya elektromagnitnyh mekhanoaktivatorov // Saarbrucken Lambert academic publishing. – 2016. – 180 s.
5. **Bezzubtseva M.M., Volkov V.S.** The issue research reliable operation of the with magnetic liquefaction layer // International Journal Of Applied And Fundamental Research. – 2016. – № 1. – URL: www.science-sd.com/463-24972 (data obrasheniya: 03.09.2016).
6. **Bologa M.K.** Nekotorye osobennosti magnitoozhivleniya dispersnyh sistem // Magnitnaya gidrodinamika. – 1981. – № 4. – С.3-4.
7. **Vernigorov J.M.** Magnetic Wave Technology of Grinding Slime Separation Solid State Phenomena, September 2017, Trans Tech Publications / DOI: 10.4028/www.scientific.net/ ssp.265.1020 Solid State Phenomena, Vol. 270, pp. 120-125, 2017.
8. **Alabuzhev P.M., Geronimus V.B., Minkevich L.M., Shekhovcev B.A.** Teoriya podobiya i razmernostej. Modelirovanie. – М.: Vyssh. shkola, 1968. – 208 s.
9. **Bul' B.K.** Osnovy teorii i rascheta magnitnyh cepej. – М.: Energiya, 1964. – 464 s.
10. **Myasnikov N.F.** Poligradientnye magnitnye separatory. – М.: Nedra, 1973. – 160s.

УДК 535.24:577.34

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11142

Доктор техн. наук **С.А. РАКУТЬКО**  
(ИАЭП - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, elena.rakutko@mail.ru)  
Научный сотрудник **Е.Н. РАКУТЬКО**  
(ИАЭП - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, elena.rakutko@mail.ru)  
Аспирант **А.Н. ВАСЬКИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, vaskin32@mail.ru)

### СПОСОБ ОЦЕНКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ ПО СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ОБЛУЧАЕМЫХ РАСТЕНИЙ

Оптическое излучение (ОИ), поглощаемое зеленым листом, обеспечивает фотосинтез в растениях и получение полезной продукции в светокультуре. В целях обеспечения максимальной продуктивности выращиваемых растений при минимуме энергетических затрат применяют дополнительное облучение от искусственных источников света (ИС).

Использование искусственного ОИ, получаемого даже с помощью современных ИС (светодиодов), характеризуется весьма невысокой эффективностью, поскольку сопряжено с большими потерями энергии на всех этапах ее преобразования [1]. Поэтому на практике

важным вопросом является выявление отклика растений на световые условия их выращивания, т.е. оценка степени действия ОИ на растения.

В современной интенсивной светокультуре оценка действия ОИ необходима для обоснованного выбора ИС, обеспечивающих оптимальные световые условия, для достижения технологической и экономической эффективности производства при соблюдении требований к экологичности продукции [2].

Известен способ оценки действия ОИ на растения, заключающийся в том, что измеряют ту часть поглощаемой энергии потока ОИ, которая используется в процессе фотосинтеза и соответствует спектральной чувствительности среднего растения данного вида [3]. Недостатком такого способа является то, что в качестве критерия действия излучения на растения используют накопление ими органического вещества, без учета качества получаемой продукции, ее экологичности.

Известен способ оценки действия ОИ по продолжительности вегетации и урожаю растений, выращиваемых при заданной облученности и различном спектральном составе излучения, задаваемого соотношением энергии в отдельных спектральных диапазонах ФАР [4]. Недостатками известного способа является то, что используют хозяйственные признаки, а именно: продолжительность вегетации и величину урожая, без учета экологичности и качества получаемой продукции, а также длительность экспериментов, связанная с большим сроком выращивания растений до получения полезной продукции.

Наиболее близким к предлагаемому является способ, при котором растения выращивают в регулируемых условиях световой среды, определяют оценку действия по изменению морфофизиологического признака растений, в качестве признака используют величину объема семядолей проростка [5]. Недостатки известного способа – невысокая точность определения объема семядолей, связанная с необходимостью измерения их толщины, длительность и неудобство проведения измерений геометрических размеров семядолей.

Стабильность развития растений формируется во взаимодействии случайных событий в организме растения и их способности точно следовать программе, заложенной в генотипе, сопротивляясь воздействиям окружающей среды во время развития для формирования оптимального фенотипа. Недостаточное качество среды выращивания выражается в явлении нестабильности развития. Внешним проявлением нестабильности развития растений на макроуровне является явление флуктуирующей асимметрии (ФА) отдельных морфологических структур. Уровень ФА является минимальным лишь при оптимальных условиях среды и возрастает при любых стрессовых воздействиях. Это позволяет использовать ФА как индикатор стабильности развития организмов, характеризующий даже незначительные отклонения параметров среды от фонового состояния [6]. Используя эффект чувствительности стабильности развития растения к параметрам световой среды, появляется возможность принять уровень ФА за индикатор состояния растения, по которому можно оценивать действие ОИ на растения.

Вследствие прикрепленного образа жизни растения имеют высокий уровень пластичности в реакциях на световые условия [7]. Оптические свойства листьев зависят от многих факторов [8], поэтому могут выступать как индикаторы их комплексной физиологии в широком диапазоне условий окружающей среды.

Определение ФА по геометрическим размерам представляет определенные сложности и неудобства, связанные с низкой точностью таких измерений, длительностью и неудобством их проведения. Более удобным является применение бесконтактного метода измерения оптических свойств органов растений. В физиологических процессах, протекающих в растении под действием ФАР, участвует лишь та его часть, которая поглощается растительными тканями [9, 10]. Такие пигменты листа растения, как хлорофиллы, каротиноиды и антоцианы, поглощают излучение в определенных спектральных диапазонах и их содержание может быть оценено по оптическим свойствам листа, в частности, по его



оптической плотности (ОП) в отдельных физиологически значимых спектральных диапазонах, например, синем В (400–500 нм), зеленом G (500–600 нм) и красном R (600–700 нм). Содержание пигментов связано с другими физиологическими или структурными свойствами листа, поэтому в частном случае ФА спектральной ОП листа может выступать как индикатор комплексной физиологии листьев, формирующихся в конкретных условиях окружающей (в том числе световой) среды. Кроме того, оптическая плотность зависит не только от поглощающих свойств тканей листа, но и от его толщины, т.е. дополнительно учитывается и этот морфологический признак.

**Цель исследования** – разработка надежного, удобного, точного и быстрого способа оценки степени воздействия оптического излучения на растения, обеспечивающего повышение энергоэффективности светокультуры и экологичности получаемой продукции за счет выбора наиболее эффективного источника света.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объект исследования – растения, выращиваемые в условиях светокультуры. Предмет исследования – закономерности изменения стабильности их развития, оцениваемой по величине ФА БП.

Численную оценку действия ОИ на растения проводили в трех сериях экспериментов: 1) для петрушки в условных единицах шкалы стабильности развития при варьировании соотношения доли красного и синего излучения в общем потоке ОИ, а также для 2) ювенильных растений кабачка и 3) дайкона путем сравнения действия ОИ от источников с различными фиксированными спектрами. Эксперименты проводили в искусственных условиях в лаборатории энергоэкологии светокультуры института агроинженерных и экологических проблем (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Различный спектральный состав в облучательных установках задавали комбинациями светодиодов, излучающих в различных длинах волн.

Использовали выгоночные растения петрушки (*Petroselinum tuberosum*) сорта Урожайная. Растения выращивали при температуре воздуха +18°C и влажности 60%. Фотопериод составлял 8 ч в сутки, облученность 80 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Варьируемым фактором световой среды являлся спектральный состав излучения, который в различных вариантах опыта обеспечивали различным сочетанием синих и красных светодиодов и характеризовали коэффициентом отношения доли потока красного излучения  $k_R$  к доле синего потока  $k_B$ :

$$k = \frac{k_R}{k_B}. \quad (1)$$

В конце эксперимента фиксировали количество листьев в розетке и их длину, сырую массу листьев и содержание в них сухого вещества, БП (геометрические размеры) листьев петрушки.

Петрушка имеет сложные листья, состоящие из нескольких четко обособленных листовых пластинок (листочков), каждый из которых своим черешком прикреплен к общему черешку (рахису). Прикорневые и нижние стеблевые листья тройчато-рассеченные с перисто-рассеченными или дважды-перисто-рассеченными сегментами, их конечные сегменты продолговато-яйцевидные или почти ромбовидные в очертании. У листьев петрушки статистическому анализу были подвергнуты четыре БП: 1) длины первых от розетки ( $L_1, R_1$ ) и 2) вторых ( $L_2, R_2$ ) черешков первого порядка, отходящих от рахиса, а также длины черешков второго порядка, отходящих от первых черешков первого порядка; 3) наружу ( $L_3, R_3$ ) и 4) внутрь ( $L_4, R_4$ ) листа (рис. 1).

Растения кабачка (*Cucurbita pepo var. Giromontina*) выращивали при температуре воздуха +23°C и влажности 60%. Фотопериод составлял 14 ч. в сутки, облученность 72 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Использовали два типа источников света на светодиодах с фиксированным спектром. У источника №1 доля дальнекрасного излучения (700–780 нм) составляла 3%, у источника №2 – 27% от ФАР. Задачей являлось оценить действие ОИ с различной долей дальнекрасного излучения на растения.

Измерения биометрии производили у растений в ювенильном возрастном состоянии, т.е. с момента появления первого и до появления второго листа, на седьмые сутки после появления всходов.

В конце эксперимента в качестве показателей продуктивности фиксировали сырую массу растений и длину первого настоящего листа. В качестве БП фиксировали длину ( $L_L, R_L$ ) и ширину ( $L_W, R_W$ ), соответственно, левой и правой семядоли. У кабачка семядоли развиваются еще в семени, на не дифференцированном зародыше. По своей форме, анатомическому строению и функциям семядоли имеют эллиптическую форму и темно-зелёный цвет, отличаясь от настоящих листьев, образующихся на конусе нарастания побега. На рисунке 3 показана схема измеряемых БП семядолей растения кабачка.

Растения дайкона (*Raphanus sativus*) сорта Миноваси РС выращивали на микрозелень, при температуре воздуха +20°C и влажности 70%. Фотопериод составлял 16 ч. в сутки, облученность 100 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Использовали два типа источников света на светодиодах с фиксированным спектром. У источника №3 присутствовала большая доля зеленого излучения, у источника №4 она практически отсутствовала, однако увеличена доля излучения в красном и дальнекрасном диапазонах. Содержание синего излучения у источников было практически равным. В качестве биометрических показателей фиксировали массу растения и длину гипокотыля, в качестве БП фиксировали спектральные ОП семядолей в синем ( $L_{ОП_B}, R_{ОП_B}$ ), зеленом ( $L_{ОП_G}, R_{ОП_G}$ ) и красном ( $L_{ОП_R}, R_{ОП_R}$ ) диапазонах, соответственно, для левой и правой семядоли. ОП измеряли на денситометре ДП-1М, выделяя их соответствующими светофильтрами.

Семядоли дайкона имеют обратно-сердцевидную форму. На рисунке 5 показана схема измеряемых БП семядолей растения дайкона.

Определяли значение показателя ФА в сериях экспериментов  $\Phi A_j$  для выявленных БП по формуле:

$$\Phi A_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|L_j^i - R_j^i|}{L_j^i + R_j^i}, \quad (2)$$

где  $i$  – номер растения;  $N$  – общее количество растений в данной серии экспериментов;  $L_j^i, R_j^i$  – численное значение БП у  $i$ -го растения в  $j$ -й серии экспериментов, соответственно, слева и справа.

Отношение величины ФА при данном значении фактора световой среды к величине ФА при оптимальном значении этого фактора представляет собой оценку действия ОИ на растение и численно характеризует стабильность его развития. В сериях экспериментов находят значения коэффициента стабильности  $S$ , вычисляемого по формуле:

$$S_j = \frac{\Phi A_j}{\Phi A_{\min}}. \quad (3)$$

Величина коэффициента  $S$  (как и ФА) находится в определенной зависимости от варьируемого фактора световой среды (характеризуемого, например, величиной коэффициента  $k$ ), т.е.  $S=f(k)$ . При  $k=k_{\text{opt}}$  значения ФА имеют минимальное значение, а коэффициент стабильности равен единице. При увеличении или уменьшении величины коэффициента  $k$  значения коэффициента стабильности  $S$  превышают единичное значение, тем больше, чем интенсивней воздействие данного фактора на растения. Данное обстоятельство позволяет произвести оценку действия ОИ на растение.

Статистическая обработка результатов оценки ФА включала проверку данных на нормальность распределения величины разницы между БП; на присутствие направленной асимметрии и антисимметрии; на зависимость величины асимметрии признака от его размера;

на коррелированность признаков; сравнение уровня ФА у растений под излучением с различным спектром.

**Результаты исследований.** В первой серии опытов, с растениями петрушки, для анализа выбран БП длины первых от розетки черешков первого порядка. В таблице показаны результаты экспериментальных исследований.

На рисунке 2 показана зависимость коэффициента стабильности  $S$ , определенного для величины ФА по этому признаку, от коэффициента  $k$  как отношения энергий в красном и синем диапазоне ФАР. Полученная кривая  $S=f(k)$  аппроксимирована полиномом второй степени.

Таблица. Условия эксперимента с петрушкой и его результаты

№	$k_B, \%$	$k_R, \%$	$k, \text{отн.ед.}$	$\Phi A, \text{отн.ед.}$	$S_j, \text{отн.ед.}$
1	31,6	68,4	2,2	0,0556	2,7
2	28,6	71,4	2,5	0,0400	1,9
3	21,1	78,9	3,8	0,0240	1,1
4	17,4	82,6	4,8	0,0209	1,0
5	15,4	84,6	5,5	0,0350	1,7
6	14,5	85,5	5,9	0,0408	2,0

Найден экстремум – минимальное значение  $\Phi A_{\text{мин}}=0,0206$  отн.ед., которое наблюдается при оптимальном значении  $k_{\text{опт}}=4,2$  отн.ед., что соответствует спектральному составу излучения 19% синего излучения и 81% красного в общем потоке ФАР. При этом также наблюдался наибольший выход выгоночной зелени. Определяя величину ФА для излучения с произвольным спектром, можно оценить степень близости излучения к оптимальному для светокультуры петрушки.

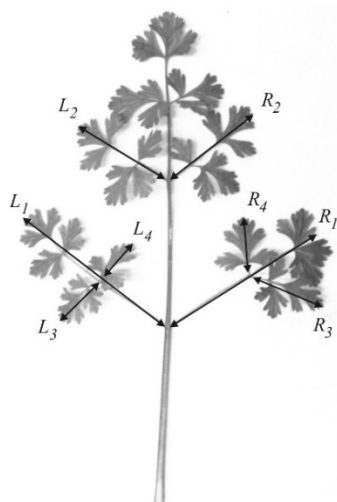


Рис. 1. Измеряемые геометрические БП листа петрушки

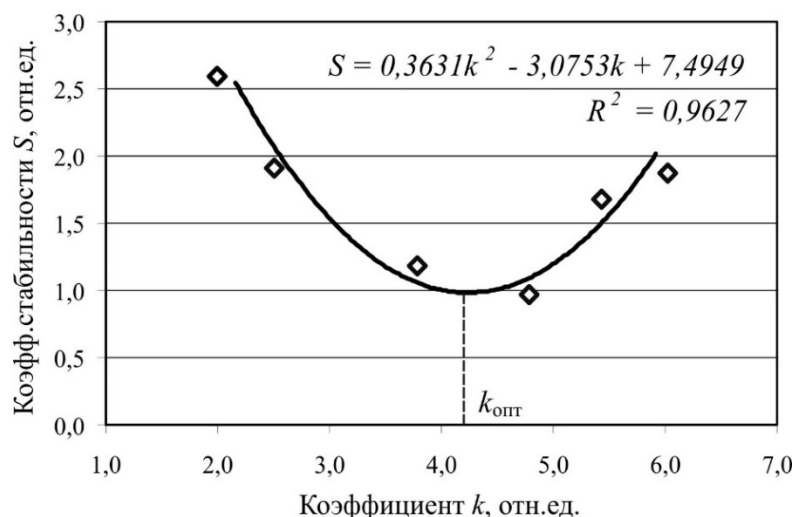


Рис. 2. График зависимости коэффициента стабильности от спектрального состава излучения

Во второй серии опытов, с растениями кабачка, статистический анализ показал, что флуктуирующий характер имеет асимметрия только длин семядолей кабачка, этот признак был принят за основу при вычислении индекса ФА. С помощью предлагаемого метода оценки действия ОИ выявлено, что спектру излучения, при котором наблюдаются меньшие значения ФА (большая стабильность развития растения), соответствует большая продуктивность (рис. 4).

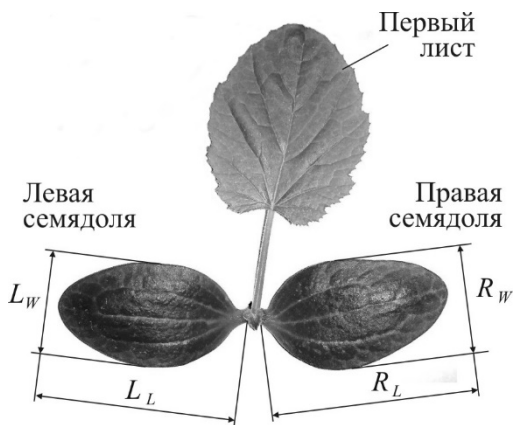


Рис. 3. Измеряемые геометрические БП семядолей кабачка

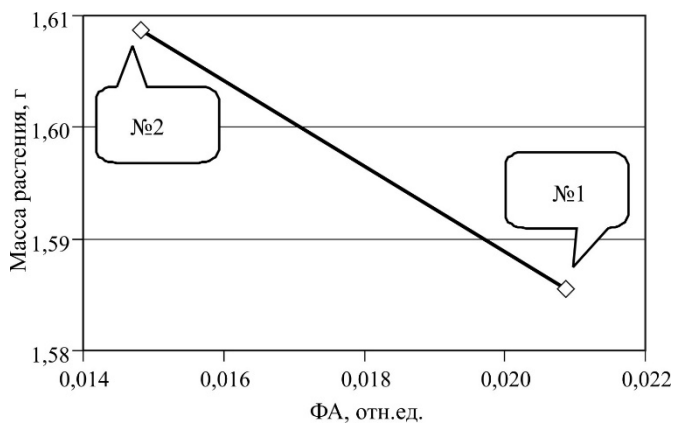


Рис. 4. Корреляция массы ювенильного растения кабачка и величины ФА

При увеличении доли дальнекрасного излучения с 3,0% до 27% от энергии ФАР величина ФА уменьшается на 29,3%. При этом наблюдается увеличение показателей продуктивности растений – массы растения на 1,3%, длины настоящего листа на 18,4%. Это свидетельствует о большей эффективности спектра источника света №2.

В третьей серии опытов с растениями дайкона выявлено, что ФА, определяемая по ОП семядолей в отдельных спектральных диапазонах, является информативным показателем стабильности развития. При этом большая стабильность развития проростков (меньшие значения ФА) наблюдалась под спектром, излучаемым источником №4, с повышенной долей красного и дальнекрасного потока, при котором и продуктивность растения (по сырой массе семядолей) также большая (рис. 6). Это свидетельствует о большей эффективности спектра источника света №4.



Рис.5. Измерение спектральных ОП семядолей дайкона

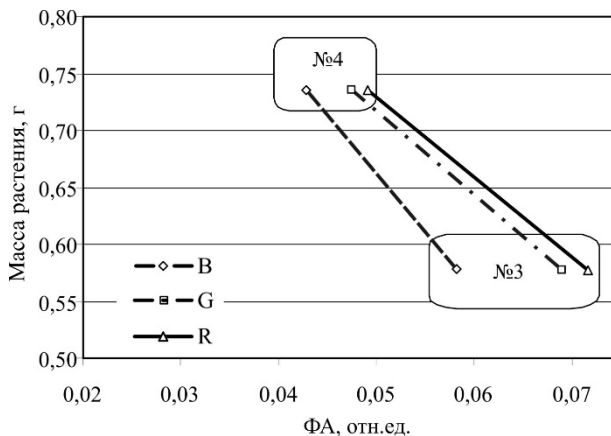


Рис. 6. Корреляция массы ювенильного растения дайкона и величины ФА

В экспериментах на различных культурах выявлена существенная асимметрия билатеральных структур, зависящая от спектрального состава излучения, под которым выращивались растения. Наиболее удобным для измерений билатеральным признаком является оптическая плотность билатеральных структур. Растения, выращенные под различным спектральным составом излучения, демонстрируют различные значения ФА, тем меньшие, чем более оптимален данный спектр для растения. Статистически достоверно меньшим значениям ФА (большей стабильности развития растений) соответствует большая интенсивность роста.

**Выводы.** Необходимость оценки состояния растения по стабильности развития в организации биомониторинга в последнее время становится все более актуальной. Показано, что, используя эффект чувствительности стабильности развития растения к параметрам

световой среды, появляется возможность принять уровень ФА за индикатор состояния растения, по которому можно оценивать действие ОИ на растения. Поддерживая прочие факторы окружающей среды постоянными, в качестве варьируемого принимают параметр световой среды, оценку действия которого на растения необходимо произвести: фотопериод, облученность либо спектральный состав. Применение данного способа к растениям, выращиваемым в условиях светокультуры, является перспективным для комплексной оценки качества световой среды, создаваемой источниками излучения, что позволяет выбрать наиболее оптимальные источники света для их применения в светокультуре по критерию минимального значения показателя ФА БП растений.

### Литература

1. **Ракутько С.А., Ракутько Е.Н.** Оценка энергоэффективности источников оптического излучения для растений с позиций прикладной теории энергосбережения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 359-366.
2. **Ракутько С.А., Маркова А.Е., Мишанов А.П., Ракутько Е.Н.** Энергоэкология светокультуры – новое междисциплинарное научное направление // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 90. – С. 14-28.
3. **А.с. №124669.** Способ оценки действия оптического излучения на растения. Свентицкий И.И. Заявл. 29.12.58, опублик. в БИ №23. 1959 г.
4. **А.с. №1754021.** Способ выращивания томатов. Тихомиров А.А. Заявл. 29.12.89, опублик. 15.08.92 в БИ №30.
5. **А.с. №784839.** Способ определения степени светотребовательности растений. Примак А.П. Заявл. 08.06.79, опублик. 07.12.80 в БИ №45.
6. **Методические** рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур)/ Утверждено Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р. М., 2003.
7. **Weiler E.W.** Sensory Principles of Higher Plants. Angew. Chem. 2003. 42: 392–411.
8. **Gamon J.A., Serrano L., Surfus J.S.** The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. Oecologia. 1997. 112: 492–501.
9. **Леман В.М.** Курс светокультуры растений. – М.: Высшая школа, 1976.
10. **Шульгин И.А.** Растение и солнце. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.

### Literatura

1. **Rakut'ko S.A., Rakut'ko E.N.** Ocenka energoeffektivnosti istochnikov opticheskogo izlucheniya dlya rastenij s pozicij prikladnoj teorii energosberezheniya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 39. S. 359-366.
2. **Rakut'ko S.A., Markova A.E., Mishanov A.P., Rakut'ko E.N.** Energoekologiya svetokul'tury - novoe mezhdisciplinarnoe nauchnoe napravlenie // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2016. № 90. S. 14-28.
3. **Sventickij I.I.** Sposob ocenki dejstviya opticheskogo izlucheniya na rasteniya. A.s. №124669. Zayavl. 29.12.58, opubl. v BI №23. 1959 g.
4. **Tihomirov A.A.** Sposob vyrashchivaniya tomatov. A.s. №1754021. Zayavl. 29.12.89, opubl. 15.08.92 v BI №30.
5. **Primak A.P.** Sposob opredeleniya stepeni svetotrebvatel'nosti rastenij. A.s. №784839. Zayavl. 08.06.79, opubl. 07.12.80 v BI №45
6. **Metodicheskie** rekomendacii po vypolneniyu ocenki kachestva sredy po sostoyaniyu zhivyh sushchestv (ocenka stabil'nosti razvitiya zhivyh organizmov po urovnyu asimmetrii morfologicheskikh struktur)/ Utverzhdeno Rasporyazheniem Rosekologii ot 16.10.2003 № 460-r. M., 2003.
7. **Weiler E.W.** Sensory Principles of Higher Plants. Angew. Chem. 2003. 42: 392–411.

8. **Gamon J.A., Serrano L., Surfus J.S.** The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia*. 1997. 112: 492–501.
9. **Leman V.M.** Kurs svetokul'tury rastenij. – М.: Vysshaya shkola, 1976.
10. **SHul'gin I.A.** Rastenie i solnce. – L.: Gidrometeoizdat, 1973.

УДК 631.561: 633/635

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11149

Аспирант **А.Р. РОМАНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, romanov-arsentiy@mail.ru)

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

Аналитический обзор технологических схем вторичной переработки молока на предприятиях АПК показал, что использование распылительной сушки в схеме с выпарным аппаратом повышает энергоэффективность производства. Распылительная сушка может работать с раствором, суспензией или пастой. Высушенный продукт состоит из отдельных частиц или агломератов (в зависимости от физических и химических свойств сырья, конструкции сушилки и рабочих условий). Использование современного оборудования позволяет получить продукт высокого качества, обладающего заданными свойствами с низкой энергоемкостью готовых изделий [1, 2].

Эффективность установок повышается за счет использования дополнительного оборудования (сепараторы, система распределения продукта, оборудование для пастеризации и выдержки, оборудование для устранения термофильных бактерий, оборудование для конденсации и вакуумирования, концентраторы, пневматические охладители, оборудование для водяного уплотнения, ультразвуковые форсунки) [1, 3, 4]. Как показала практика, внедрение этого оборудования в аппаратурно-технологические схемы переработки молока позволяет повысить качество получаемой продукции, а контрольно-измерительные приборы обеспечивают заданные технологией режимы работы на всех этапах производства, что исключает потери и повышает энергоэффективность предприятия [4, 5].

**Цель исследования** – выявление и обоснование методов энергосбережения в аппаратурно-технологической схеме переработки молока на стадии сушки.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Объектом исследования являются методы снижения энергоемкости производства сухого молока. Исследования проведены методами анализа и синтеза аппаратурных решений в структурной схеме переработки продукта с параметром оптимизации – повышение энергоэффективности процессов.

**Результаты исследований.** Тепло отработанного воздуха в аппаратурно-технологической системе переработки молока можно утилизировать различными способами, в том числе и с использованием скруббера. Если скруббер использует молоко или сыворотку в качестве абсорбента, то одновременно с промывкой происходит процесс испарения. Конечно, основное назначение скруббера — это удаление порошка из отработанного воздуха во избежание загрязнения атмосферы. При этом отработанный воздух охлаждается в скруббере до температуры смоченного термометра (45°C). Его тепло используют для предварительного выпаривания молока перед подачей в выпарной аппарат. Скруббер вносит существенный вклад в экономию тепла при производстве сухого молока. Эта экономия вместе с возвратом продукта оправдывает эксплуатационные расходы и увеличивает окупаемость капиталовложений [5]. Расчет технологических параметров в процессах выпаривания и сушки проводят по стандартным методикам на I-X диаграмме состояния воздуха (диаграмме Рамзина) [5, 6, 7]. Начальная точка процесса отражает состояние воздуха на входе в скруббер. Этот воздух содержит влагу, отчасти поступившую с наружным воздухом (его обычное

влажностное содержание – 7 г/кг сухого воздуха), отчасти – в результате испарения при сушке (42 г/кг сухого воздуха) для примера с двухступенчатой распылительной сушилкой, работающей при 230°C [6]. Суммарное влажностное содержание – 50 г/кг сухого воздуха (начальная точка входа в систему). Если температура на выходе сушилки и входе в скруббер равна 80°C, а на выходе из скруббера – 50°C, то влажностное содержание воздуха на выходе скруббера составит 65 г/кг сухого воздуха, поскольку процесс идет по адиабате. Следовательно, испарение составит  $65 - 50 = 15$  г влаги / кг сухого воздуха. Наиболее перспективными в настоящее время являются аппараты фирмы Vibro-Fluidizer [7]. Практика показала, что применение аппаратов фирмы Vibro-Fluidizer позволяет снизить температуру на выходе на 10-15°C. Это приводит к гораздо более мягкой сушке, особенно на критической стадии процесса (от 30 до 10% влажности), усыхание частиц не прерывается поверхностным твердением. Условия сушки близки к оптимальным показателям при переработке термолабильной продукции. Более низкая температура частиц отчасти обусловлена более низкой температурой окружающего воздуха, но также и более высоким содержанием влаги. Температура частиц оказывается близкой к температуре смоченного термометра [5, 8, 9]. Этот фактор положительно влияет и на такой важный технологический параметр, как растворимость готового порошка.

Уменьшение температуры на выходе означает более высокий КПД сушильной камеры в силу увеличения полезной разности температуры ( $\Delta t$ ). В отдельных технологических схемах сушку проводят при более высокой температуре и при более высоком содержании сухих веществ в сырье, что еще больше повышает КПД сушилки. При этом возрастает и температура на выходе, но повышенное содержание влаги снижает температуру частиц, так что перегрев и поверхностное твердение частиц не происходит. Опыт показывает, что температура сушки может достигать 250°C или даже 275°C при сушке обезжиренного молока, что поднимает КПД сушки до 0,75.

Поскольку расход воздуха, включая воздух из аппарата Vibro-Fluidizer, составляет 42000 кг/ч, то испарение в скруббере равно 630 кг/ч, т.е. 3,5% от общего испарения. Однако экономия тепла достигается только при условии, что абсорбентом служит продукт – обезжиренное молоко или сыворотка. При производстве сухого цельного молока абсорбентом служит вода. Температура в скруббере создает благоприятные условия для роста бактерий. Поэтому скруббер можно использовать лишь при условии, что это не мешает производству первосортного молока. Если установка эксплуатируется согласно инструкции, которая предусматривает промежуточную чистку через 10 часов работы, бактериальное обсеменение будет минимальным, т.к. это время значительно меньше времени развития бактерий. Как и подогрев воздуха конденсатом, использование скруббера дает комплекс преимуществ, поскольку скруббер не только утилизирует тепло, но и очищает воздух и обладает существенной производительностью по испарению. Однако часть этих преимуществ теряется, поскольку каждые 10 часов требуется выполнять чистку. Поэтому скрубберы с продуктом в качестве абсорбента не часто применяются в молочной промышленности. Рассматриваемая система энергосбережения, кроме двухступенчатой сушки, требует совместной работы выпарного аппарата и распылительной сушилки. Однако бывают ситуации, когда работает только распылительная сушилка. Поэтому были разработаны рекуператоры тепла, работающие только с распылительной сушилкой [10, 11, 12].

Рекуператор позволяет использовать тепло отработанного воздуха распылительной сушилки, имеющего температуру 80-95°C, например, для подогрева сушильного воздуха. Но ее можно применять и для нагрева моющей жидкости или для обогрева помещений. Существует две системы рекуперации тепла: «воздух-воздух», «воздух-жидкость-воздух».

Для повышения эффективности теплообмена можно установить также рукавный фильтр, поскольку даже при оптимальном подборе скорости воздуха сепаратор не позволяет полностью исключить отложения на теплообменной поверхности [7]. Рекуператор можно эксплуатировать несколько дней без чистки, но если чистка необходима, для этой цели в аппарат встраивается система безразборной мойки. Если рекуператор охлаждает

отработанный воздух ниже температуры конденсации (которая зависит от влагосодержания воздуха), то энтальпия конденсации тоже используется для подогрева. В этом случае рукавный фильтр перед рекуператором необходим для предотвращения отложений на границе влажной зоны.

В рекуператорах типа «воздух-воздух» (рис. 1) сушильный воздух подогревается отработанным воздухом, движущимся через теплообменник в противотоке.

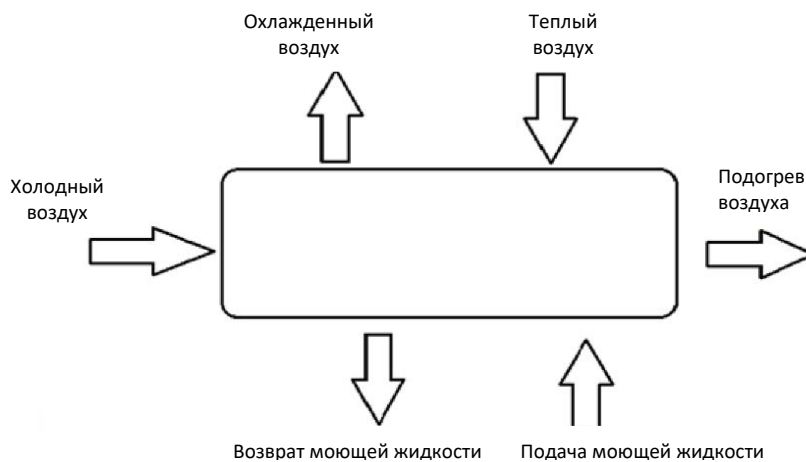


Рис. 1. Блок-схема рекуператора типа «воздух-воздух»

Теплообменник представляет собой пучок труб, внутри которых течет отработанный теплый воздух, а снаружи – приточный холодный воздух. Встраивание такого оборудования в уже действующую установку может оказаться трудным и дорогим делом, если для этого потребуются длинные воздуховоды большого диаметра, которые без теплоизоляции будут терять сбереженное тепло. Новые установки легче оснастить такими рекуператорами, так как их можно спроектировать с учетом минимизации длины воздуховодов. Температура, до которой можно подогреть воздух, зависит от температуры выходящего воздуха. Поэтому такой тип рекуператора больше всего подходит для одноступенчатой распылительной сушилки, где выходящий воздух имеет высокую температуру. Окружающий воздух подогревается от 10 до 52°C, выходящий воздух охлаждается от 93 до 51°C. Расчет, проведенный по методике [12], показал, что без рекуператора расход топлива составляет 175 кг/ч, расход электроэнергии — 120 кВт. С рекуператором расход топлива составляет 140 кг/ч, расход электроэнергии — 135 кВт.

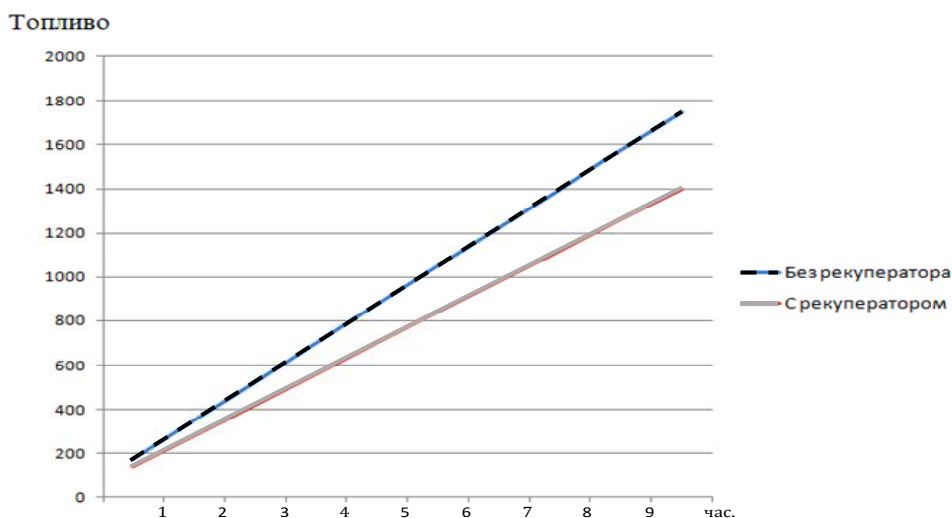


Рис. 2. Расход топлива в схемах сушки молока



Фактическая экономия составляет 18%.

Для упрощения монтажных работ целесообразно использовать рекуператор типа «воздух-жидкость-воздух» (рис. 3).

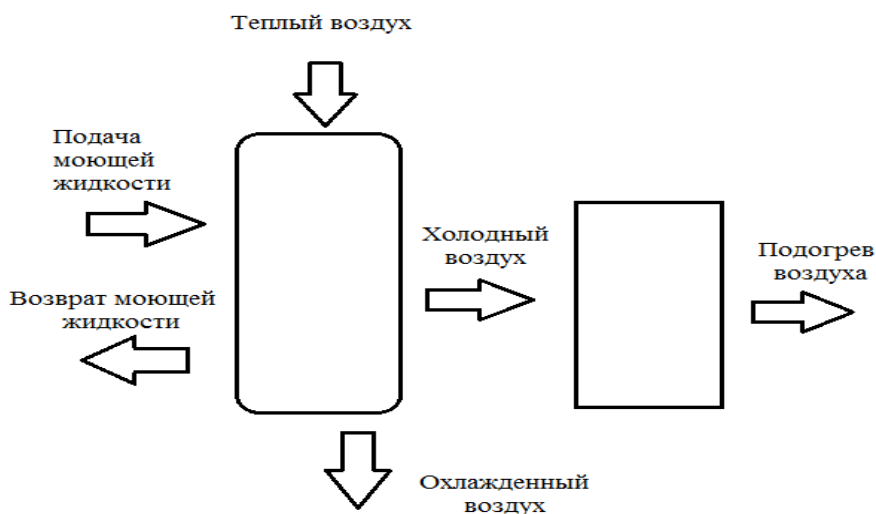


Рис. 3. Блок-схема рекуператора типа «воздух-жидкость-воздух»

Данная система представлена двумя теплообменниками, между которыми циркулирует промежуточный теплоноситель, например, вода. В условиях холодных зим, когда температура теплоносителя может опускаться ниже нуля градусов, в воду добавляют антифриз. Поскольку коэффициент теплообмена для пары сред «воздух-вода» выше, чем для пары «воздух-воздух», такая система эффективнее, чем рекуператор типа «воздух-воздух», несмотря на наличие двух теплообменников [7]. Теплообменник для выходящего воздуха представляет собой пучок труб, внутри которых движется запыленный воздух. По межтрубному пространству в противотоке движется вода. Приточный воздух нагревается в обычном теплообменнике из оребренных труб. Для циркуляции воды используется центробежный насос. Окружающий воздух подогревается от 10 до 60°C. Выходящий воздух охлаждается от 93 до 44°C.

Расчеты, проведенные по методике [12], показали, что без рекуператора расход топлива составляет 175 кг/ч, расход электроэнергии – 120 кВт. С рекуператором расход топлива – 130 кг/ч, расход электроэнергии – 142 кВт. Фактическая экономия составляет 23%.

**Вывод.** Скруббер вносит существенный вклад в экономию тепла при производстве сухого молока. Эта экономия вместе с возвратом продукта оправдывает эксплуатационные расходы и сокращает сроки окупаемости капиталовложений. Выявлено, что в системах без рекуператора расход топлива составляет 175 кг/ч, расход электроэнергии – 120 кВт. В системе с рекуператором расход топлива – 130 кг/ч, расход электроэнергии – 142 кВт. Фактическая экономия составляет 23%.

### Литература

1. Беззубцева М.М., Романов А.Р., Волков В.С. Интенсификация процесса распылительной сушки молока с использованием ультразвука // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (56). – С. 167-172.
2. Романов А.Р., Беззубцева М.М. К вопросу исследований процесса переработки молока с применением эффектов ультразвукового воздействия // Роль молодых учёных в решении актуальных задач АПК: сборник по материалам международной научно-практической конференции молодых учёных /СПбГАУ. – 2018. – С. 194-196.
3. Галимов М.М. Энергосбережение при распылительной сушке молока // Молочная промышленность. – 2006. – № 4. – С. 48-52.

4. **Бышова Н.Г., Туников Г.М., Морозова Н.И., Мусаев Ф.А., Иванова Л.В.** Инновационная технология производства молока // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11-1. – С. 101-102.
5. **Барышева Е.С., Суптеля В.С., Иванова А.В., Мликов Е.М.** Сравнительный анализ биоэнергетической ценности молока и молочных продуктов // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2019. – №5. – С. 27-30.
6. **Беззубцева М.М., Волков В.С.** Практикум по технологическим расчетам процессов переработки сельскохозяйственного сырья. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – 94 с.
7. **Беззубцева М.М., Волков В.С., Зубков В.В.** Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции. – СПб.: СПбГАУ, 2013. – 131 с.
8. **Горбатова К.К.** Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 320 с.
9. **Трухачев В.И., Капустин И.В., Злыднев Н.З., Капустина Е.И.** Молоко: состояние и проблемы производства: монография. – СПб.: Лань, 2018. – 300 с.
10. **Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В.** Энергоэффективные электротехнологии в агроинженерном сервисе и природопользовании: учебное пособие. – СПб.: СПбГАУ, 2012. – 240 с.

### Literatura

1. **Bezzubceva M.M., Romanov A.R., Volkov V.S.** Intensifikaciya processa raspylitel'noj sushki moloka s ispol'zovaniem ul'trazvuka // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 3 (56). – S. 167-172.
2. **Romanov A.R., Bezzubceva M.M.** K voprosu issledovaniy processa pererabotki moloka s primeneniem effektivnykh ul'trazvukovogo vozdeystviya // Rol' molodykh uchyonykh v reshenii aktual'nykh zadach APK: sbornik po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchyonykh /SPbGAU. – 2018. – S. 194-196.
3. **Galimov M.M.** Energoberezhenie pri raspylitel'noj sushke moloka // Molochnaya promyshlennost'. – 2006. – № 4. – S. 48-52.
4. **Byshova N.G., Tunikov G.M., Morozova N.I., Musaev F.A., Ivanova L.V.** Innovacionnaya tekhnologiya proizvodstva moloka // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. – 2013. – № 11-1. – S. 101-102.
5. **Barysheva E.S., Suptelya V.S., Ivanova A.V., Mlikov E.M.** Sravnitel'nyj analiz bioenergeticheskoy cennosti moloka i molochnykh produktov // Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki. – 2019. – №5. – S. 27-30.
6. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Praktikum po tekhnologicheskim raschetam processov pererabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya. – SPb.: SPbGAU, 2014. – 94 s.
7. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S., Zubkov V.V.** Prikladnaya teoriya teplovykh i massoobmennykh processov v sistemnom analize energoemkosti produkcii. – SPb.: SPbGAU, 2013. – 131 s.
8. **Gorbatova K.K.** Biohimiya moloka i molochnykh produktov. – SPb.: GIORД, 2001. – 320 s.
9. **Truhachev V.I., Kapustin I.V., Zlydnev N.Z., Kapustina E.I.** Moloko: sostoyanie i problemy proizvodstva: monografiya. – SPb.: Lan', 2018. – 300 s.
10. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S., Kotov A.V.** Energoeffektivnye elektrotekhnologii v agroinzhenerном сервисе и природопользовании: учебное пособие. – SPb.: SPbGAU, 2012. – 240 s.

Доктор техн. наук **Ф.Д. КОСОУХОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, 4762118@mail.ru)  
Канд. техн. наук **Н.Ю. КРИШТОПА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, krishnat@mail.ru)  
Инженер **А.Л. БОРОШНИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, 1979bal@gmail.com)

## ДВУХПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ТРАНСФОРМАТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧИСЛА ФАЗ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОТ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБЪЕКТОВ АПК

На кафедре Электроэнергетики и электрооборудования СПбГАУ была разработана схема двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз (ТПЧФ), в которых конденсаторные батареи включены на низкой стороне трансформаторов (рис. 1). Такое включение конденсаторов при изготовлении высоковольтных ТПЧФ позволяет применять низковольтные конденсаторы (до 600 В), широко применяемые в электрических сетях для компенсации реактивной мощности.

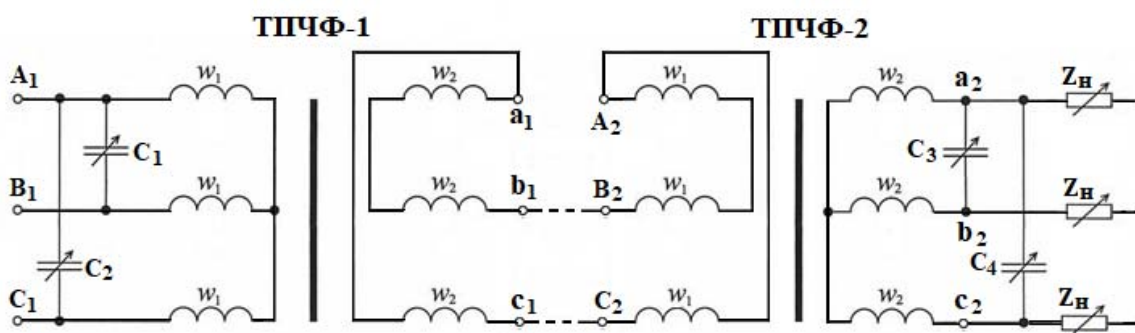


Рис. 1. Схема двухпроводной системы электропередачи с ТПЧФ с конденсаторами на низкой стороне трансформаторов

**Цель исследования** – анализ трансформаторного преобразователя числа фаз ТПЧФ-1 с конденсаторами на низкой стороне трансформатора.

**Метод анализа ТПЧФ** разработан профессором Ф.Д. Косоуховым в докторской диссертации [1] и опубликован в научной статье [2]. Метод анализа ТПЧФ-1 с конденсаторами на низкой стороне трансформатора разработан авторами статьи совместно с Ф.Д. Косоуховым.

**Целью анализа ТПЧФ-1** является установление принципиальной возможности преобразования трехфазного тока в однофазный с помощью повышающего трехфазного трансформатора и двух конденсаторных батарей на низкой стороне трансформатора, а также определение математических выражений для токов, напряжений и мощностей ТПЧФ-1.

*К задачам анализа ТПЧФ-1 относятся:*

1. Установление зависимостей изменения емкостей конденсаторных батарей ТПЧФ-1 от величины тока и коэффициента мощности однофазной нагрузки.
2. Определение зависимости токов и напряжений первичных и вторичных обмоток трансформатора и симметрирующих конденсаторов от тока нагрузки.
3. Определение зависимости мощностей трансформатора и симметрирующих конденсаторов от мощности однофазной нагрузки. Составление баланса мощностей.

Допущения, принятые при анализе ТПЧФ-1

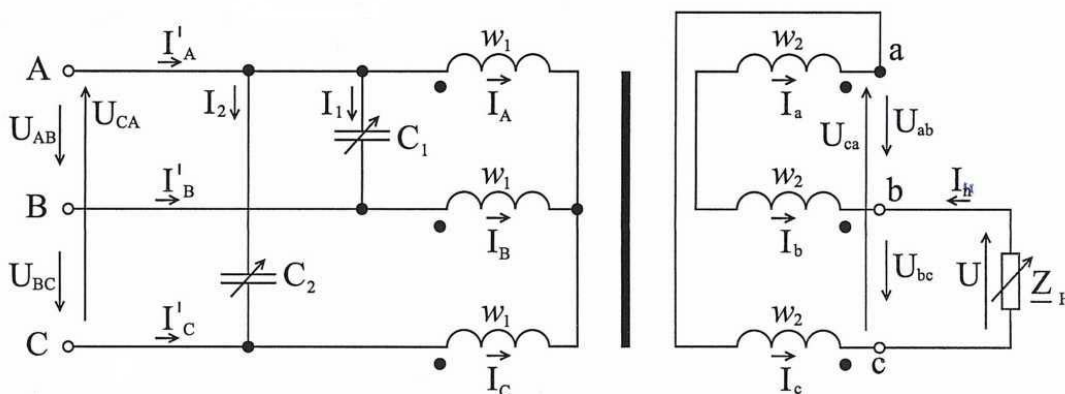


Рис. 2. Схема ТПЧФ-1

1. Трансформатор ТПЧФ-1 (рис. 2) принимаем совершенным [3, 4], поэтому при любой нагрузке его комплексный коэффициент трансформации по напряжению

$$\underline{n} = \frac{U_A}{U_a} = \frac{U_B}{U_b} = \frac{U_C}{U_c} = ne^{j180^\circ} = -n, \tag{1}$$

где  $n = \frac{w_1}{w_2}$ ;  $\underline{U}_A, \underline{U}_B, \underline{U}_C$  – комплексы фазных напряжений первичной обмотки трансформатора;  $\underline{U}_a, \underline{U}_b, \underline{U}_c$  – комплексы фазных напряжений вторичной обмотки трансформатора.

2. Потери в конденсаторных батареях пренебрегаем, т.е.

$$\underline{Z}_1 = -jx_1 = x_1 e^{-j90^\circ}; \quad \underline{Z}_2 = -jx_2 = x_2 e^{-j90^\circ}.$$

3. Однофазная нагрузка (линия электропередачи) имеет индуктивный характер, т.е.

$$\underline{Z}_H = R_H + jx_H = Z_H e^{j\varphi_H}.$$

4. Трехфазная система напряжений на входе трансформатора симметрична. Направив по вещественной оси вектор фазного напряжения  $\underline{U}_A = U_\phi$ , запишем комплексы фазных напряжений первичной обмотки трансформатора:

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_A &= U_\phi; \\ \underline{U}_B &= U_\phi e^{j\frac{4\pi}{3}} = \underline{a}^2 U_\phi; \\ \underline{U}_C &= U_\phi e^{j\frac{2\pi}{3}} = \underline{a} U_\phi \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

**Материалы, методы и объекты исследований.**

Уравнения для ТПЧФ-1:

Задаемся направлениями токов во всех ветвях схемы (рис. 2), приняв направления напряжений совпадающими с соответствующими токами, составляем уравнения в комплексной форме.

На основании закона равновесия МДС вдоль замкнутого контура трансформатора составляем два уравнения [3]:

$$\underline{I}_A w_1 + \underline{I}_a w_2 - \underline{I}_B w_2 - \underline{I}_B w_1 = 0; \tag{3}$$

$$\underline{I}_B w_1 + \underline{I}_B w_2 - \underline{I}_C w_2 - \underline{I}_C w_1 = 0; \tag{4}$$

Остальные уравнения составляем по законам Кирхгофа [5, 6]:

$$\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0; \quad (5)$$

$$\underline{I}'_A - \underline{I}_A - \underline{I}_1 - \underline{I}_2 = 0; \quad (6)$$

$$\underline{I}'_B - \underline{I}_B + \underline{I}_1 = 0; \quad (7)$$

$$\underline{I}'_C - \underline{I}_C + \underline{I}_2 = 0; \quad (8)$$

$$\underline{U}_C + \underline{U} - \underline{U}_B + \underline{U}_a = 0; \quad (9)$$

$$\underline{I}_a = \underline{I}_c = \underline{I}_H; \quad \underline{I}_a = -\underline{I}_B; \quad (10)$$

$$\underline{U} = \underline{I}_H \underline{Z}_H; \quad (11)$$

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_1 \underline{Z}_1 = \underline{U}_{AB}; \quad (12)$$

$$\underline{U}_2 = \underline{I}_2 \underline{Z}_2 = -\underline{U}_{CA}; \quad (13)$$

Решение уравнений ТПЧФ-1:

Делим (3), (4) на  $w_2$ :

$$\underline{I}_A n + \underline{I}_a - \underline{I}_B - \underline{I}_B n = 0; \quad (14)$$

$$\underline{I}_B n + \underline{I}_B - \underline{I}_c - \underline{I}_c n = 0; \quad (15)$$

Из уравнений (6) – (8):

$$\left. \begin{aligned} \underline{I}_A &= \underline{I}'_A - \underline{I}_1 - \underline{I}_2; \\ \underline{I}_B &= \underline{I}'_B + \underline{I}_1; \\ \underline{I}_C &= \underline{I}'_C + \underline{I}_2. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

На основании (5), (16) имеем:

$$\underline{I}'_A + \underline{I}'_B + \underline{I}'_C = 0. \quad (17)$$

Подставляем (16) в (14), (15):

$$\begin{aligned} (\underline{I}_A - \underline{I}_B)n &= \underline{I}_B - \underline{I}_a = -\underline{I}_a - \underline{I}_a = -2\underline{I}_a; \\ (\underline{I}'_A - \underline{I}_1 - \underline{I}_2 - \underline{I}'_B - \underline{I}_1)n &= -2\underline{I}_a; \\ (\underline{I}'_A - \underline{I}'_B - 2\underline{I}_1 - \underline{I}_2)n &= -2\underline{I}_a; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} (\underline{I}_B - \underline{I}_c)n &= \underline{I}_c - \underline{I}_B = \underline{I}_a + \underline{I}_a = 2\underline{I}_a; \\ (\underline{I}'_B + \underline{I}_1 - \underline{I}'_C - \underline{I}_2)n &= 2\underline{I}_a; \end{aligned} \quad (19)$$

Определим  $\underline{I}_a$  с учетом (1), (2), (9), (11):

$$\begin{aligned} \underline{I}_a = \underline{I}_H = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}_H} &= \frac{1}{\underline{Z}_H} (\underline{U}_B - \underline{U}_a - \underline{U}_C) = \frac{1}{\underline{Z}_H} \left( \frac{\underline{U}_B}{n} - \frac{\underline{U}_A}{n} - \frac{\underline{U}_C}{n} \right) = \frac{1}{\underline{Z}_H n} (U_\phi \underline{a}^2 - U_\phi - U_\phi \underline{a}) = \\ &= \frac{U_\phi}{\underline{Z}_H n} (\underline{a}^2 - \underline{a} - 1) = \frac{2\underline{a}^2 U_\phi}{\underline{Z}_H n} = -\frac{2\underline{a}^2 U_\phi}{n \underline{Z}_H} \quad (20) \end{aligned}$$

так как  $\underline{a}^2 - \underline{a} - 1 = 2\underline{a}^2$ ; Определим  $\underline{I}_1$  и  $\underline{I}_2$  с учетом (12), (13):

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_1} = \frac{\underline{U}_A - \underline{U}_B}{\underline{Z}_1} = \frac{U_\phi - \underline{a}^2 U_\phi}{\underline{Z}_1} = \frac{U_\phi (1 - \underline{a}^2)}{\underline{Z}_1}; \quad (21)$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_2} = \frac{-\underline{U}_{CA}}{\underline{Z}_2} = \frac{-\underline{U}_C + \underline{U}_A}{\underline{Z}_2} = \frac{U_\phi - \underline{a} U_\phi}{\underline{Z}_2} = \frac{U_\phi (1 - \underline{a})}{\underline{Z}_2}; \quad (22)$$

Подставляем (20) – (22) в (18), (19):

$$\left[ \underline{I}'_A - \underline{I}'_B - \frac{2U_\phi(1-a^2)}{\underline{Z}_1} - \frac{U_\phi(1-a)}{\underline{Z}_2} \right] n = \frac{4a^2 U_\phi}{n\underline{Z}_H};$$

$$n(\underline{I}'_A - \underline{I}'_B) = \frac{4a^2 U_\phi}{n\underline{Z}_H} + \frac{2U_\phi(1-a^2)n}{\underline{Z}_1} + \frac{U_\phi(1-a)n}{\underline{Z}_2};$$

$$\underline{I}'_A - \underline{I}'_B = U_\phi \left[ \frac{4a^2}{n^2\underline{Z}_H} + \frac{2(1-a^2)}{\underline{Z}_1} + \frac{1-a}{\underline{Z}_2} \right] \quad (23)$$

$$\left[ \underline{I}'_B - \underline{I}'_C + \frac{U_\phi(1-a^2)}{\underline{Z}_1} - \frac{U_\phi(1-a)}{\underline{Z}_2} \right] n = -\frac{4a^2 U_\phi}{n\underline{Z}_H};$$

$$n(\underline{I}'_B - \underline{I}'_C) = -\frac{4a^2 U_\phi}{n\underline{Z}_H} - \frac{U_\phi(1-a^2)n}{\underline{Z}_1} + \frac{U_\phi(1-a)n}{\underline{Z}_2};$$

$$\underline{I}'_B - \underline{I}'_C = U_\phi \left[ -\frac{4a^2}{n^2\underline{Z}_H} - \frac{1-a^2}{\underline{Z}_1} + \frac{1-a}{\underline{Z}_2} \right] \quad (24)$$

Запишем систему уравнений (17), (23), (24):

$$\left. \begin{aligned} \underline{I}'_A + \underline{I}'_B + \underline{I}'_C &= 0; \\ \underline{I}'_A - \underline{I}'_B + 0 &= U_\phi \left[ \frac{4a^2}{n^2\underline{Z}_H} + \frac{2(1-a^2)}{\underline{Z}_1} + \frac{1-a}{\underline{Z}_2} \right]; \\ 0 + \underline{I}'_B - \underline{I}'_C &= U_\phi \left[ -\frac{4a^2}{n^2\underline{Z}_H} - \frac{1-a^2}{\underline{Z}_1} + \frac{1-a}{\underline{Z}_2} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Решаем систему уравнений (25) матричным методом [7]:

В результате решения системы уравнений (25) получаем следующие математические выражения для комплексных токов на входе ТПЧФ-1 (рис. 2)  $\underline{I}'_A, \underline{I}'_B, \underline{I}'_C$ :

$$\left. \begin{aligned} \underline{I}'_A &= U_\phi \left[ \frac{4a^2}{3n^2\underline{Z}_H} + \frac{1-a^2}{\underline{Z}_1} + \frac{1-a}{\underline{Z}_2} \right]; \\ \underline{I}'_B &= U_\phi \left[ -\frac{8a^2}{3n^2\underline{Z}_H} - \frac{1-a^2}{\underline{Z}_1} \right]; \\ \underline{I}'_C &= U_\phi \left[ \frac{4a^2}{3n^2\underline{Z}_H} - \frac{1-a}{\underline{Z}_2} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

### Результаты исследований.

#### Определение параметров симметрирующих элементов ТПЧФ-1

Симметрирующие элементы ТПЧФ-1 (конденсаторные батареи с параметрами  $\underline{Z}_1 = -jx_1$  и  $\underline{Z}_2 = -jx_2$ ) предназначены для поддержания системы токов на входе преобразователя  $\underline{I}'_A, \underline{I}'_B, \underline{I}'_C$  симметричной, при изменении сопротивления однофазной нагрузки  $\underline{Z}_H = R_H + jx_H$  в диапазоне от холостого хода до номинального значения. Для определения  $x_1$  и  $x_2$ , соответствующих значениям  $R_H$  и  $x_H$ , разложим систему уравнений (26) на симметричные составляющие токов прямой последовательности  $\underline{I}'_{1c}$ , обратной последовательности  $\underline{I}'_{2c}$  и нулевой последовательности  $\underline{I}'_{0c}$ . По этим данным определим комплексный коэффициент обратной последовательности по току  $\underline{K}_{2i} = \frac{\underline{I}'_{2c}}{\underline{I}'_{1c}}$ .

Система уравнений (26) будет симметричной, если ток обратной последовательности  $\underline{I}'_{2c} = 0$ , так как ток нулевой последовательности  $\underline{I}'_{0c}$  в цепи (рис. 2) ТПЧФ-1 отсутствует.

Приравняв к нулю  $\underline{K}_{2c} = 0$ , находим сопротивления симметрирующих элементов:

$$x_1 = \frac{3\sqrt{3}n^2(R_H^2 + x_H^2)}{8R_H}; \quad (27)$$

$$x_2 = \frac{3\sqrt{3}n^2(R_H^2 + x_H^2)}{4(R_H + \sqrt{3}x_H)}. \quad (28)$$

В выражениях (27), (28) заменим:

$$Z_H = \sqrt{R_H^2 + x_H^2}; \quad R_H = Z_H \cos \varphi; \quad x_H = Z_H \sin \varphi; \quad Z_H^2 = R_H^2 + x_H^2; \\ x_1 = \frac{3\sqrt{3}n^2 Z_H}{8 \cos \varphi}; \quad (29)$$

$$x_2 = \frac{3\sqrt{3}n^2 Z_H}{8 \sin(30^\circ + \varphi)}. \quad (30)$$

Определим емкости конденсаторных батарей  $C_1$  и  $C_2$ .

Учитывая, что

$$x_1 = \frac{1}{\omega C_1}, \quad x_2 = \frac{1}{\omega C_2}, \quad Z_H = \frac{U}{I},$$

получим из (29), (30):

$$C_1 = \frac{1}{\omega x_1} = \frac{8 \cos \varphi}{\omega 3\sqrt{3}n^2 Z_H} = \frac{8 I_H \cos \varphi}{3\sqrt{3}n^2 \omega U}. \quad (31)$$

$$C_2 = \frac{1}{\omega x_2} = \frac{8 \sin(30^\circ + \varphi)}{\omega 3\sqrt{3}n^2 Z_H} = \frac{8 I_H \sin(30^\circ + \varphi)}{3\sqrt{3}n^2 \omega U}. \quad (32)$$

Из выражений (31), (32) следует, что при изменении угла  $\varphi$  нагрузки в диапазоне от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  ( $\cos \varphi = 1,0 \dots 0$ ), оба симметрирующих элемента ТПЧФ-1 имеют емкостной характер, т.е. преобразование трехфазного тока в однофазный осуществляется с помощью ТПЧФ-1 в широком диапазоне изменения нагрузки.

Выразим емкости  $C_1$  и  $C_2$  конденсаторных батарей в относительных единицах, приняв за базисную емкость

$$C_6 = \frac{I_{H(\text{НОМ})}}{\omega U n^2}.$$

Тогда выражения для емкостей в относительных единицах будут иметь следующий вид:

$$C_1^* = \frac{C_1}{C_6} = \frac{8 I_H \cos \varphi}{3\sqrt{3} I_{H(\text{НОМ})}}; \quad (33)$$

$$C_2^* = \frac{C_2}{C_6} = \frac{8 I_H \sin(30^\circ + \varphi)}{3\sqrt{3} I_{H(\text{НОМ})}}. \quad (34)$$

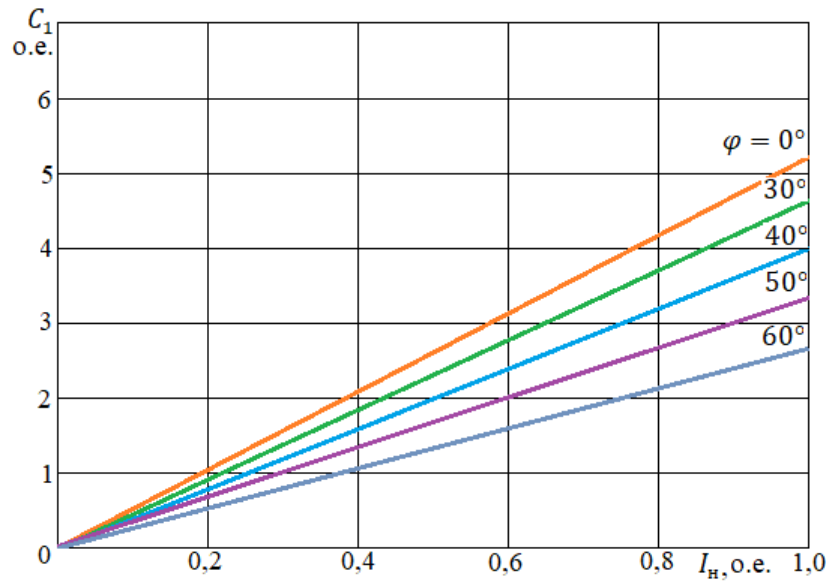


Рис. 3. Зависимости емкости ТПЧФ-1  $C_1$  от тока линии при  $n = 1,0$

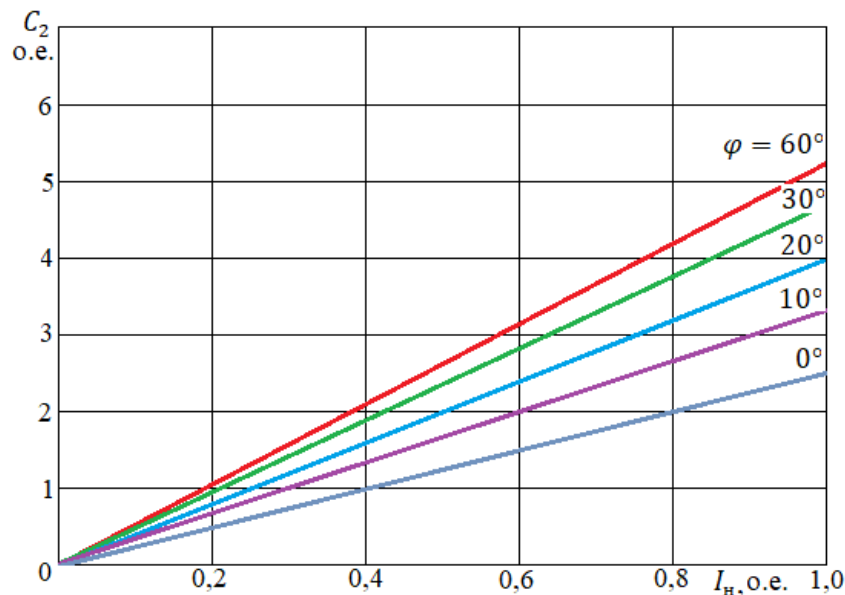


Рис. 4. Зависимости емкости ТПЧФ-1  $C_2$  от тока линии при  $n = 1,0$

На рисунке 3 – 4 построены по формулам (33) – (34) зависимости емкостей  $C_1$  и  $C_2$  ТПЧФ-1 от тока в линии  $I_n$  при коэффициенте трансформации  $n=1,0$  и различных значениях угла  $\varphi$  нагрузки.

Как видно из графиков (рис. 3 и рис. 4), емкости  $C_1$  и  $C_2$  конденсаторных батарей необходимо регулировать при изменении нагрузки в зависимости от тока нагрузки  $I_n$  и угла  $\varphi$  нагрузки. Бесконтактное регулирование мощности батарей статических конденсаторов в ТПЧФ-1 может быть достигнуто с помощью тиристорных преобразователей [8].

Определение токов ТПЧФ-1:

Определим токи на входе ТПЧФ-1  $I'_A, I'_B, I'_C$  (26) в зависимости от сопротивления нагрузки  $\underline{Z}_n = R_n + jx_n$  и от сопротивлений симметрирующих элементов  $\underline{Z}_1 = -jx_1, \underline{Z}_2 = -jx_2$ .



Подставим в выражения токов (26) сопротивления нагрузки:  $R_H = Z_H \cos \varphi$ ,  $x_H = Z_H \sin \varphi$ ,  $Z_H^2 = R_H^2 + x_H^2$ ,  $Z_H = \frac{2U_\phi}{nI_H}$ , где  $I_H$  – ток однофазной нагрузки (ток линии), а также реактивные сопротивления симметрирующих конденсаторов  $x_1$  (29) и  $x_2$  (30), получим выражение для входных токов ТПЧФ-1:

$$\underline{I}'_A = \frac{2I_H}{3n} \{-\cos \varphi + j[2 \cos(30^\circ - \varphi) + \sin \varphi]\}; \quad (35)$$

$$\underline{I}'_B = \frac{2I_H}{3n} [2 \cos \varphi + \sqrt{3} \sin \varphi - j \sin \varphi]; \quad (36)$$

$$\underline{I}'_C = -\frac{2I_H}{3n} 2[\sin(30^\circ + \varphi) + j \cos(30^\circ - \varphi)]. \quad (37)$$

Определим токи симметрирующих элементов  $\underline{I}_1$  и  $\underline{I}_2$  исходя из выражений (21), (22) и (29), (30):

$$\underline{I}_1 = \frac{4I_H \cos \varphi e^{j120^\circ}}{3n}; \quad (38)$$

$$\underline{I}_2 = \frac{4I_H \sin(30^\circ + \varphi)}{3n} e^{j60^\circ}. \quad (39)$$

Токи первичных обмоток трансформатора ТПЧФ-1  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$  определяем из уравнений (16):

$$\underline{I}_A = \underline{I}'_A - \underline{I}_1 - \underline{I}_2 = -\frac{2I_H}{3n} [\sin(30^\circ + \varphi) + j \cos(30^\circ + \varphi)]; \quad (40)$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}'_B + \underline{I}_1 = \frac{2I_H}{3n} 2[\sin(30^\circ + \varphi) - j \cos(30^\circ + \varphi)]; \quad (41)$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}'_C + \underline{I}_2 = -\frac{2I_H}{3n} [\sin(30^\circ + \varphi) + j \cos(30^\circ + \varphi)]. \quad (42)$$

Токи во вторичных обмотках трансформатора ТПЧФ-1  $\underline{I}_a$ ,  $\underline{I}_b$ ,  $\underline{I}_c$ :

$$\underline{I}_a = \underline{I}_c = \underline{I}_H = -\frac{2a^2 U_\phi}{nZ_H} = I_H [\sin(30^\circ + \varphi) + j \cos(30^\circ + \varphi)]; \quad (43)$$

$$\underline{I}_b = -\underline{I}_a = -I_H [\sin(30^\circ + \varphi) + j \cos(30^\circ + \varphi)]; \quad (44)$$

На рисунке 5 построены по полученным формулам (35) – (44) зависимости токов ТПЧФ-1 от угла  $\varphi$  нагрузки при  $n = 1,0$ ,  $I_H = I_{\text{НОМ}}$  и изменением  $\varphi$  от 0 до 60°. Из этого графика видно, что токи в первичных обмотках  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$  и во вторичных обмотках трансформатора  $\underline{I}_a$ ,  $\underline{I}_b$ ,  $\underline{I}_c$  не зависят от угла  $\varphi$  нагрузки. Токи трехфазного симметричного источника  $\underline{I}'_A$ ,  $\underline{I}'_B$ ,  $\underline{I}'_C$  и токи симметрирующих элементов (конденсаторных батарей)  $\underline{I}_1$  и  $\underline{I}_2$  зависят от угла  $\varphi$  нагрузки.

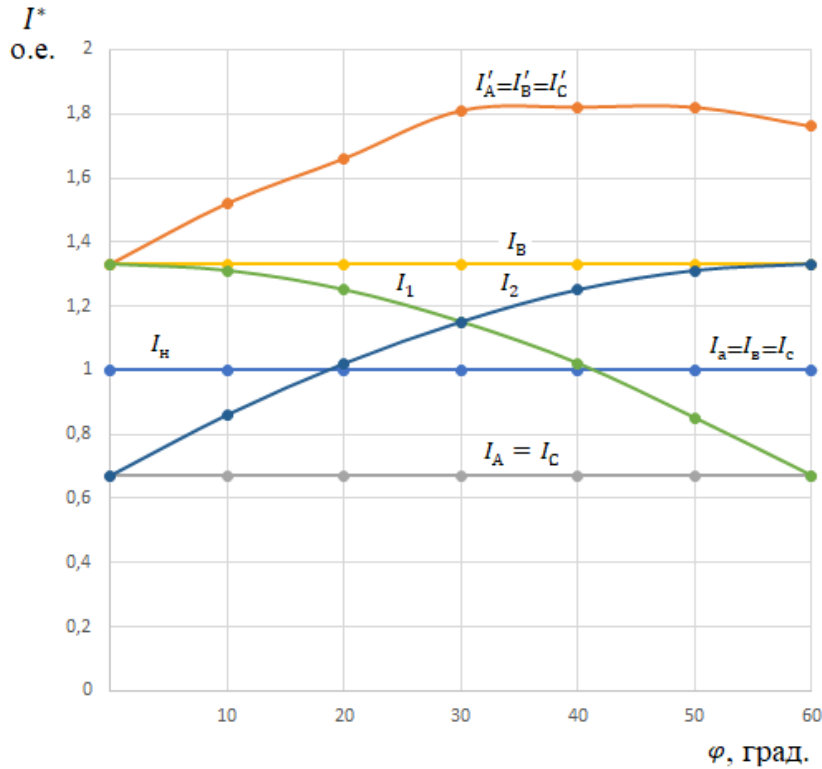


Рис. 5. Зависимости токов ТПЧФ-1 от угла  $\varphi$  нагрузки при  $n=1,0$ ,  $I_n = I_{ком}$  при изменении  $\varphi$  от 0 до  $60^\circ$

Определение напряжений ТПЧФ-1:

Напряжения на первичных обмотках трансформатора ТПЧФ-1 приведены в выражениях (2).

Напряжения на вторичных обмотках повышающего трансформатора:

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_a &= \frac{U_A}{n} = \frac{U_A}{-n} = -\frac{U_A}{n} = \frac{U_\Phi}{n} e^{-j180^\circ}; \\ \underline{U}_B &= \frac{U_B}{n} = \frac{U_\Phi}{n} e^{j\frac{4\pi}{3}} e^{-j180^\circ} = \frac{U_\Phi}{n} e^{j60^\circ}; \\ \underline{U}_C &= \frac{U_C}{n} = \frac{U_\Phi}{n} e^{j\frac{2\pi}{3}} e^{-j180^\circ} = \frac{U_\Phi}{n} e^{-j60^\circ}; \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

Напряжения на конденсаторных батареях:

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{U}_{AB} = \underline{U}_A - \underline{U}_B = U_\Phi(1 - \underline{a}^2) = U_\Phi \left( \frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{U_\Phi}{2} (3 + j\sqrt{3}) = \\ &= \frac{U_\Phi}{2} 3,464 e^{j30^\circ} = \sqrt{3} U_\Phi e^{j30^\circ}; \\ \underline{U}_1 &= \sqrt{3} U_\Phi e^{j30^\circ}. \end{aligned} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_2 &= -\underline{U}_{CA} = -(\underline{U}_C - \underline{U}_A) = -(aU_\Phi - U_\Phi) = U_\Phi(1 - a) = U_\Phi \left( \frac{3}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \\ &= \frac{U_\Phi}{2} (3 - j\sqrt{3}) = \frac{U_\Phi}{2} 3,464 e^{-j30^\circ} = \sqrt{3} U_\Phi e^{-j30^\circ}; \\ \underline{U}_2 &= \sqrt{3} U_\Phi e^{-j30^\circ}. \end{aligned} \quad (47)$$

Напряжение однофазной нагрузки определяем по формуле (9):

$$\begin{aligned}\underline{U} &= \underline{U}_B - \underline{U}_A - \underline{U}_C = \frac{U_\Phi}{n} [e^{j60^\circ} - e^{-j180^\circ} - e^{-j60^\circ}] = \\ &= \frac{U_\Phi}{n} [\cos 60^\circ + j \sin 60^\circ + 1 - \cos 60^\circ + j \sin 60^\circ] = \frac{U_\Phi}{n} [j2 \sin 60^\circ + 1] = \\ &= \frac{U_\Phi}{n} \left[ j2 \frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right] = \frac{U_\Phi}{n} (j\sqrt{3} + 1); \\ \underline{U} &= \frac{2U_\Phi}{n} e^{j60^\circ}.\end{aligned}\quad (48)$$

Построение векторной диаграммы напряжений и токов ТПЧФ-1 при  $\varphi = 0$ ,  $n = 1,0$ ,  $I_H = I_{H(\text{ном})}$ :

При построении векторной диаграммы для ТПЧФ-1 напряжения и токи выражаем в относительных единицах. С этой целью задаемся базисными значениями напряжений  $U_\phi = U_\Phi = 220$  В и токов  $I_\phi = I_{H(\text{ном})}$ . Для перевода напряжений и токов в относительные единицы делим все напряжения и токи на базисные величины  $U_\phi$ ,  $I_\phi$ . Векторную диаграмму для напряжений и токов ТПЧФ-1 (рис. 6) строим в масштабе для относительных напряжений и токов  $U^*$ ,  $I^*$ , в 1 см 0,2 о.е. напряжения и тока. Для определения длины вектора напряжения или тока в сантиметрах делим величину напряжения (тока) в о.е. на масштаб  $m_U (m_I) = 0,2$ .

*Построение векторной диаграммы напряжений ТПЧФ-1 (рис. 6)*

На векторной диаграмме в обозначении относительных величин знак (\*) для упрощения диаграммы опущен.

Комплексы фазных напряжений в о.е. первичной обмотки трансформатора (2):

$$\underline{U}_A^* = \frac{U_A}{U_\phi} = 1,0; \quad \underline{U}_B^* = \frac{U_B}{U_\phi} = 1 \cdot \underline{a}^2; \quad \underline{U}_C^* = \frac{U_C}{U_\phi} = 1 \cdot \underline{a}.$$

Длина векторов  $\underline{U}_A^*$ ,  $\underline{U}_B^*$ ,  $\underline{U}_C^* = \frac{1 \cdot \underline{a}}{m_U} = \frac{1 \cdot \underline{a}}{0,2} = 5 \cdot \underline{a}$  см.

Строим симметричную звезду фазных напряжений:  $\underline{U}_A^*$ ,  $\underline{U}_B^*$ ,  $\underline{U}_C^*$ .

Междуфазные напряжения в  $\sqrt{3}$  раз больше фазных и опережают их на  $30^\circ$ :

$$\underline{U}_{AB}^* = \frac{\sqrt{3} \underline{U}_A^* e^{j30^\circ}}{U_\phi} = 1,73 e^{j30^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow \frac{1,73}{0,2} e^{j30^\circ} = 8,65 e^{j30^\circ} \text{ см.}$$

Аналогично получаем:

$$\underline{U}_{BC}^* = 8,65 e^{-j90^\circ} \text{ см;} \quad \underline{U}_{CA}^* = 8,65 e^{j150^\circ} \text{ см.}$$

Соединяя концы векторов фазных напряжений  $\underline{U}_A^*$ ,  $\underline{U}_B^*$ ,  $\underline{U}_C^*$ , получаем равносторонний треугольник междуфазных напряжений  $\underline{U}_{AB}^*$ ,  $\underline{U}_{BC}^*$ ,  $\underline{U}_{CA}^*$ .

Напряжения на вторичных обмотках повышающего трансформатора ТПЧФ-1, как видно из формул (45), при  $n = 1,0$  по величине равны  $U_\Phi$  и находятся в противофазе к фазным напряжениям первичной обмотки, т.е.:

$\underline{U}_a^* = 1 \cdot e^{-j180^\circ}$ ,  $\underline{U}_b^* = 1 \cdot e^{j60^\circ}$ ,  $\underline{U}_c^* = 1 \cdot e^{-j60^\circ}$ , по длине векторы  $\underline{U}_a^*$ ,  $\underline{U}_b^*$ ,  $\underline{U}_c^*$  составляют  $\frac{1}{0,2} = 5$  см.

Строим в противофазе к векторам  $\underline{U}_A^*$ ,  $\underline{U}_B^*$ ,  $\underline{U}_C^*$  векторы  $\underline{U}_a^*$ ,  $\underline{U}_b^*$ ,  $\underline{U}_c^*$ .

Напряжения на конденсаторных батареях определяются формулами (46) и (47):

$$\underline{U}_1^* = \sqrt{3}e^{j30^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 8,65e^{j30^\circ} \text{ см};$$

$$\underline{U}_2^* = \sqrt{3}e^{-j30^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 8,65e^{-j30^\circ} \text{ см.}$$

Напряжение на диаграмме  $\underline{U}_1^* = \underline{U}_{AB}^*$ , а напряжение  $\underline{U}_2^* = -\underline{U}_{CA}^*$ .

Напряжение на двухпроводной линии определяется формулой (48); в относительных единицах:  $U^* = 2e^{j60^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 10e^{j60^\circ} \text{ см}$ , или по уравнению (9)  $U^* = \underline{U}_B^* - \underline{U}_A^* - \underline{U}_C^*$ ; на векторной диаграмме это уравнение выполняется.

*Построение векторной диаграммы токов ТПЧФ-1 (рис. 6)*

Комплексные токи на входе ТПЧФ-1  $\underline{I}'_A$ ,  $\underline{I}'_B$ ,  $\underline{I}'_C$  представлены математическими выражениями (35), (36) и (37). Выражения этих токов в относительных единицах имеют вид:

$$\underline{I}'_A = \frac{2}{3} \left[ -1 + j \frac{2\sqrt{3}}{2} \right] = \frac{2}{3} (-1 + j\sqrt{3}) = \frac{2}{3} \cdot 2e^{j120^\circ} = \frac{4}{3} e^{j120^\circ} = 1,33e^{j120^\circ} \text{ о. е.}$$

Разделив это выражение на масштаб тока  $m_I = 0,2$ , получим длину вектора  $\underline{I}'_A = 6,67e^{j120^\circ} \text{ см}$ .

$$\underline{I}'_B = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ о. е.}, \text{ или } 6,67 \text{ см.}$$

$$\underline{I}'_C = -\frac{2}{3} \left[ 2 \left( \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] = \frac{4}{3} \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{4}{3} e^{-j120^\circ} = 1,33e^{-j120^\circ} \text{ о. е.},$$

или  $6,67e^{-j120^\circ} \text{ см}$ .

На векторной диаграмме вектор  $\underline{I}'_A$  совпадает по направлению с вектором  $\underline{U}_C$ , вектор  $\underline{I}'_B$  совпадает с  $\underline{U}_A$  и вектор  $\underline{I}'_C$  совпадает с  $\underline{U}_B$ .

Токи первичных обмоток трансформатора ТПЧФ-1  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$  представлены выражениями (40), (41) и (42).

В относительных единицах эти токи имеют вид:

$$\underline{I}_A^* = \underline{I}_C^* = -\frac{2}{3} \left( \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{2}{3} \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{2}{3} e^{-j120^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 3,33e^{-j120^\circ} \text{ см.}$$

$$\underline{I}_B^* = \frac{2}{3} \cdot 2 \left( \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{4}{3} e^{j60^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 6,67e^{j60^\circ} \text{ см.}$$

Векторы токов  $\underline{I}_A^* = \underline{I}_C^*$  совпадают на векторной диаграмме с вектором напряжения  $\underline{U}_B^*$ , а вектор  $\underline{I}_B^*$  по длине в два раза больше вектора  $\underline{I}_A^*$  и находится с ним в противофазе.

Токи вторичных обмоток трансформатора  $\underline{I}_a$ ,  $\underline{I}_b$ ,  $\underline{I}_c$ , соединенных последовательно, и ток нагрузки  $\underline{I}_H$  представлены выражениями (43), (44). В относительных единицах эти токи имеют вид:

$$\underline{I}_a^* = \underline{I}_H^* = 1 \left( \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 1e^{j60^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 5e^{j60^\circ} \text{ см.}$$

$$\underline{I}_b^* = -\underline{I}_a^* = -1 \left( \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 1 \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 1e^{-j120^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 5e^{-j120^\circ} \text{ см.}$$

$$\underline{I}_c^* = \underline{I}_a^* = 1e^{j60^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 5e^{j60^\circ} \text{ см.}$$

На векторной диаграмме вектор  $\underline{I}_a^* = \underline{I}_c^*$  совпадает по фазе с вектором напряжения  $\underline{U}_B^*$ , а вектор тока  $\underline{I}_b^*$  находится в противофазе к вектору  $\underline{I}_a^*$ .

Комплексы токов конденсаторных батарей  $\underline{I}_1$  и  $\underline{I}_2$  представлены формулами (38), (39).

В относительных единицах эти токи имеют вид:

$$\underline{I}_1^* = \frac{4}{3} e^{j120^\circ} = 1,33e^{j120^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 6,65e^{j120^\circ} \text{ см.}$$

$$\underline{I}_2^* = \frac{2}{3} e^{j60^\circ} = 0,67e^{j60^\circ} \text{ о. е.} \rightarrow 3,33e^{j60^\circ} \text{ см.}$$

На векторной диаграмме вектор тока  $\underline{I}_1^*$  опережает напряжение конденсаторной батареи  $\underline{U}_1^*$  на  $90^\circ$ , а вектор тока  $\underline{I}_2^*$  опережает напряжение  $\underline{U}_2^*$  тоже на  $90^\circ$ , что соответствует физическим процессам в конденсаторах.

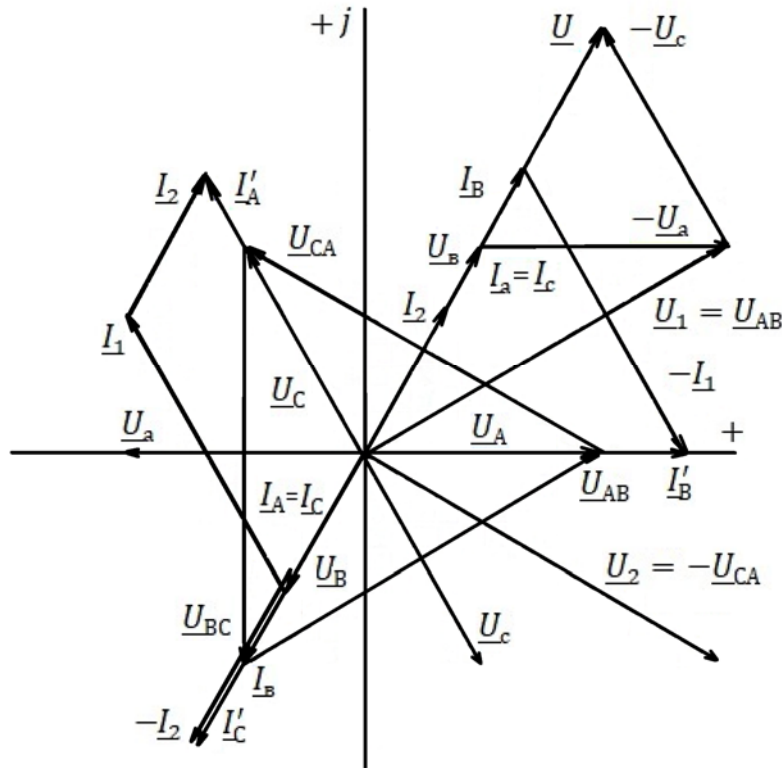


Рис. 6. Векторная диаграмма напряжений и токов для ТПЧФ-1 при  $\varphi = 0$ ,  $n = 1,0$ ,  $I_H = I_{H(\text{ном})}$

*Выводы из векторной диаграммы напряжений и токов ТПЧФ-1 (рис. 6)*

1. Трехфазная система токов  $\underline{I}'_A$ ,  $\underline{I}'_B$ ,  $\underline{I}'_C$  при симметричной системе напряжений симметрична, т.е. ТПЧФ-1 осуществляет фазопреобразование трехфазного тока в однофазный за счет специальной схемы соединения обмоток и симметрирующих конденсаторных батарей (рис. 2).

2. Трехфазная система токов  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$  первичных обмоток трансформатора несимметрична: токи  $\underline{I}_A = \underline{I}_C$  в два раза меньше тока  $\underline{I}_B$  и находятся к нему в противофазе.

За счет токов конденсаторных батарей  $\underline{I}_1$  и  $\underline{I}_2$  несимметричная система токов  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$  преобразуется в симметричную (по уравнениям (6), (7), (8)):  $\underline{I}'_A = \underline{I}_A + \underline{I}_1 + \underline{I}_2$ ,  $\underline{I}'_B = \underline{I}_B + \underline{I}_1$ ,  $\underline{I}'_C = \underline{I}_C + \underline{I}_2$  (векторная диаграмма, рис. 6).

3. Токи вторичных обмоток трансформатора, соединенных последовательно, равны по величине, но имеют разные направления:  $\underline{I}_a = \underline{I}_c$ , а  $\underline{I}_b$  находится в противофазе к ним (рис. 6). Эти токи создают на выходе ТПЧФ-1 однофазное напряжение  $\underline{U}$ , которое при  $n = 1,0$  в два раза больше напряжения  $U_\Phi$  (уравнение (9)):  $\underline{U} = \underline{U}_b - \underline{U}_a - \underline{U}_c = \frac{2U_\Phi}{n} e^{j60^\circ}$ .

4. Токи конденсаторных батарей  $\underline{I}_1$  и  $\underline{I}_2$  опережают напряжения  $\underline{U}_1 = \underline{U}_{AB}$  и  $\underline{U}_2 = -\underline{U}_{CA}$  на угол  $\pi/2$  (рис. 6).

5. Таким образом, с помощью векторной диаграммы для ТПЧФ-1 с симметрирующими устройствами на низкой стороне трансформатора при  $\varphi = 0$ ,  $n = 1,0$ ,  $I_H = I_{H(\text{ном})}$  (рис. 6) раскрыто фазопреобразование трехфазного симметричного тока в однофазный для двухпроводной системы электропередачи.

**Выводы:**

1. Для изготовления трансформаторного преобразователя числа фаз, преобразующего трехфазный ток в однофазный (ТПЧФ-1), рекомендуется использовать типовой повышающий трехфазный трансформатор со схемой соединения обмоток  $Y/Y_n$  в режиме трехфазно-однофазного трансформатора с двумя конденсаторными батареями на его низкой стороне.

2. В результате анализа трансформаторного преобразователя числа фаз ТПЧФ-1 решена система уравнений для схемы трехфазно-однофазного трансформатора с двумя конденсаторными батареями. При этом применены метод симметричных составляющих, комплексный метод и матричный метод.

3. Определены параметры симметрирующих элементов, зависимости емкостей конденсаторных батарей от величины однофазной нагрузки и ее коэффициента мощности ( $\cos \varphi$ ).

4. Определены зависимости напряжений и токов трехфазного источника питания, первичных и вторичных обмоток трансформатора, симметрирующих элементов от тока и коэффициента мощности однофазной нагрузки.

5. Построена векторная диаграмма напряжений и токов ТПЧФ-1, с помощью которой установлен принцип работы преобразователя трехфазного тока в однофазный.

**Литература**

1. **Косоухов Ф.Д.** Методы расчёта, способы и средства снижения потерь электрической энергии и повышения её качества в сельских распределительных сетях 0,38 кВ при несимметричной нагрузке: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.02. / ЛСХИ. – Л., 1989. – 501 с.
2. **Косоухов Ф.Д.** Анализ схем трансформаторного преобразователя числа фаз // Известия вузов. Электромеханика. – 1979. – №7. – С. 639-646.
3. **Костенко М.П.** Электрические машины. Часть общая: учебник. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1944. – 815 с.
4. **Епифанов А.П.** Электрические машины: учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 272 с.
5. **Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В.** Основы теории цепей: учебник. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
6. **Бессонов Л.А.** Теоретические основы электротехники: учебник. – М.: Издательство «Высшая школа», 1967. – 776 с.
7. **Мельников Н.А.** Матричный метод анализа электрических цепей: учебник. – М.: Энергия, 1975. – 464 с.
8. **Жуков Л.А., Карташов Н.И., Рыжов Ю.Т., Дорошенко А.И.** Дискретное быстродействующее регулирование мощности батарей статических конденсаторов с помощью тиристорных выключателей // Электричество. – 1977. – №7. – С. 68-71.
9. **Бутырин П.А., Гусев Г.Г., Кужман В.В., Михоев Д.В.** Математическое и физическое моделирование фильтрокомпенсирующего устройства на основе каткона // Электричество. – 2014. – №11. – С. 58-62.
10. **Довгун В.П., Сташков И.А., Николаев И.Ф.** Многофункциональные фильтрокомпенсирующие устройства для систем тягового электроснабжения переменного тока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2016. – № 3 (545). – С. 55-60.

**Literatura**

1. **Kosouhov F.D.** Metody raschyota, sposoby i sredstva snizheniya poter' elektricheskoy energii i povysheniya eyo kachestva v sel'skih raspredelitel'nyh setyah 0,38 kV pri nesimmetrichnoy nagruzke: dis. ... dokt. tekhn. nauk: 05.20.02. / LSKHI. – L., 1989. – 501. s.
2. **Kosouhov F.D.** Analiz skhem transformatornogo preobrazovatelya chisla faz // Izvestiya vuzov. Elektromekhanika. – 1979. – №7. – S. 639-646.
3. **Kostenko M.P.** Elektricheskie mashiny. CHast' obshchaya: uchebnik. – M.-L.: Gosenergoizdat, 1944. – 815 s.
4. **Epifanov A.P.** Elektricheskie mashiny: uchebnik. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2006. – 272 s.
5. **Zeveke G.V., Ionkin P.A., Netushil A.V., Strahov S.V.** Osnovy teorii cepej: uchebnik. – M.: Energoatomizdat, 1989. – 528 s.
6. **Bessonov L.A.** Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki: uchebnik. – M.: Izdatel'stvo «Vysshaya shkola», 1967. – 776 s.
7. **Mel'nikov N.A.** Matrichnyj metod analiza elektricheskikh cepej: uchebnik. – M.: Energiya, 1975. – 464 s.
8. **ZHukov L.A., Kartashov N.I., Ryzhov YU.T., Doroshenko A.I.** Diskretnoe bystrodejstvuyushchee regulirovanie moshchnosti batarej staticheskikh kondensatorov s pomoshch'yu tiristornyh vyklyuchatelej // Elektrichestvo. – 1977. – №7. – S. 68-71.
9. **Butyrin P.A., Gusev G.G., Kuzhman V.V., Mihoev D.V.** Matematicheskoe i fizicheskoe modelirovanie fil'trokompensiruyushchego ustrojstva na osnove katkona// Elektrichestvo. – 2014. – №11. – S. 58-62.
10. **Dovgun V.P., Stashkov I.A., Nikolaev I.F.** Mnogofunkcional'nye fil'trokompensiruyushchie ustrojstva dlya sistem tyagovogo elektrosnabzheniya peremennogo toka// Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Elektromekhanika. – 2016. – № 3 (545). – S. 55-60.

УДК 631.363.25

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11166

Доктор техн. наук, проф. **М.А. КЕРИМОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, martan-rs@yandex.ru)

### **ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ОТ МИКРОРАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ ДО НАНОЧАСТИЦ**

Известно, что содержащиеся в корме питательные вещества, белки, жиры, углеводы, витамины и минералы усваиваются организмом сельскохозяйственных животных не полностью. Степень их усвоения зависит от множества факторов, один из которых – доступность структуры продукта для «атакующих» ферментов, способствующих его перевариванию. Для увеличения питательности корма используют различные технологические приемы: регулирование уровня клетчатки и пектиновых веществ, выбор способа обработки, управление качеством конечного продукта. В некоторых случаях с изменением технологического процесса, например, при добавлении термической обработки, отдельные свойства корма теряются. Поэтому из доступных способов повышения усвояемости корма животными наиболее предпочтительным является измельчение продукта до мелкодисперсного состояния.

В настоящее время существует множество лечебных препаратов и биологических добавок, созданных на основе порошков различных органических компонентов. Например, порошок на основе хвойных пород деревьев является источником витаминов Е, К, F, провитамина А, каротиноидов, биофлавоноидов и витаминов группы В. Из хвои, побегов сосны или ели извлекают компоненты, используемые в ветеринарной медицине.

Получение субстрата с целевыми компонентами требуемого качества вызывает определенные затруднения в производстве. В основном это связано со спецификой органических продуктов: они имеют водянистую структуру, характеризуются недостаточной

твердостью для перемалывания и, как правило, не должны подвергаться воздействию чрезмерно высоких температур. Для первичной обработки компонентов применяются шаровые, вихревые, молотковые и другие установки. Измельчение может осуществляться дроблением, размолом, истиранием, резанием. При таких способах обработки сложно получить конечный продукт с размером компонентов менее 50 мкм.

**Цель исследования.** Процессы измельчения органического сырья в ряде случаев приблизились к естественному пределу скорости. Их дальнейшая интенсификация на существующей технологической платформе представляется трудноразрешимой задачей. Попытки решить проблему путем модернизации оборудования или улучшения его конструктивных параметров являются неэффективными. Для повышения качества функционирования технологического процесса необходимы новые схмотехнические решения, базирующиеся на информационных технологиях, компьютерная поддержка которых требует соответствующего инструментального обеспечения.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Возникает необходимость в организации исследований, сочетающих поисковый эксперимент с использованием методов биоинформатики.

В связи с этим разработка способа наноизмельчения различных видов органического сырья на основе использования энергоэффективного технологического оборудования и оперативного контроля качества выходных процессов является актуальной задачей.

Разнообразие видов дробления и большой ассортимент продуктов обуславливает многотипность дробильного оборудования. Процесс измельчения материала с использованием разнообразных дробильных машин еще не получил вполне завершеного теоретического обоснования [1, 2, 3, 4].

Академик П.А. Ребиндер предложил гипотезу, которая базируется на учете изменения объема поверхности деформируемого тела [5]. Согласно этой гипотезе работа измельчения может быть представлена суммой работы, затрачиваемой на упругую и пластическую деформацию, и работы на образование новой поверхности их частиц, т.е.

$$A = q \cdot \Delta V + \sigma \cdot \Delta S_1, \quad (1)$$

где  $q \cdot \Delta V$  – работа упругих и пластических деформаций в объеме тела  $\Delta V$ , пропорциональная этому деформируемому объему;

$\sigma \cdot \Delta S_1$  – работа, затрачиваемая на образование новой поверхности.

Взаимосвязь затрат энергии на измельчение сырья и получаемого в результате этой работы субстрата, состоящего из частиц определенной дисперсности, может быть представлена в формализованном виде:

$$A' = K + m_{\text{ц}} \frac{\sigma_p^2}{2 \cdot E} + K_R \cdot \Delta S \cdot b, \quad (2)$$

где  $K$  – энергия, затрачиваемая на процессы деформации и образования продуктов износа рабочих органов измельчающей машины;

$m_{\text{ц}}$  – число циклов деформации частиц измельчаемого продукта;

$\sigma_p$  – разрушающее напряжение измельчаемого продукта;

$E$  – модуль упругости измельчаемого продукта;

$K_R$  – энергия на образование единицы новой поверхности для данного продукта;

$\Delta S$  – вновь образованная поверхность;

$b$  – безразмерный коэффициент для машины данной конструкции при процессе образовавшейся новой поверхности.

КПД процесса измельчения определяется следующим соотношением:



$$\eta_i = \frac{K_R \cdot \Delta S \cdot b}{K + m_{ц.з.} \frac{\sigma_p^2}{E} + K_R \cdot \Delta S \cdot b}. \quad (3)$$

Можно сделать вывод, что для повышения эффективности функционирования технологического процесса измельчения органического сырья необходимо [6, 7, 8]:

- уменьшать упругие деформации;
- сокращать число циклов деформации частиц измельчаемого продукта;
- снижать разрушающие напряжения измельчаемого продукта.

**Результаты исследований.** Использование дезинтеграторов для формирования встречных потоков определенной части сырья позволяет достигать желаемых показателей. При этом одна и та же частица сырья в процессе соударений будет несколько раз подвергаться неоднократному воздействию повышенных температур, которое приведет к заданному изменению параметров продукта. Для каждого вида производимого продукта целесообразно заранее задавать объемы частей сырья и скорость встречных потоков, что обеспечит усиление указанного эффекта [9, 10].

Технологический процесс изготовления порошка на данном агрегате можно изобразить в виде блок-схемы (рис. 1):

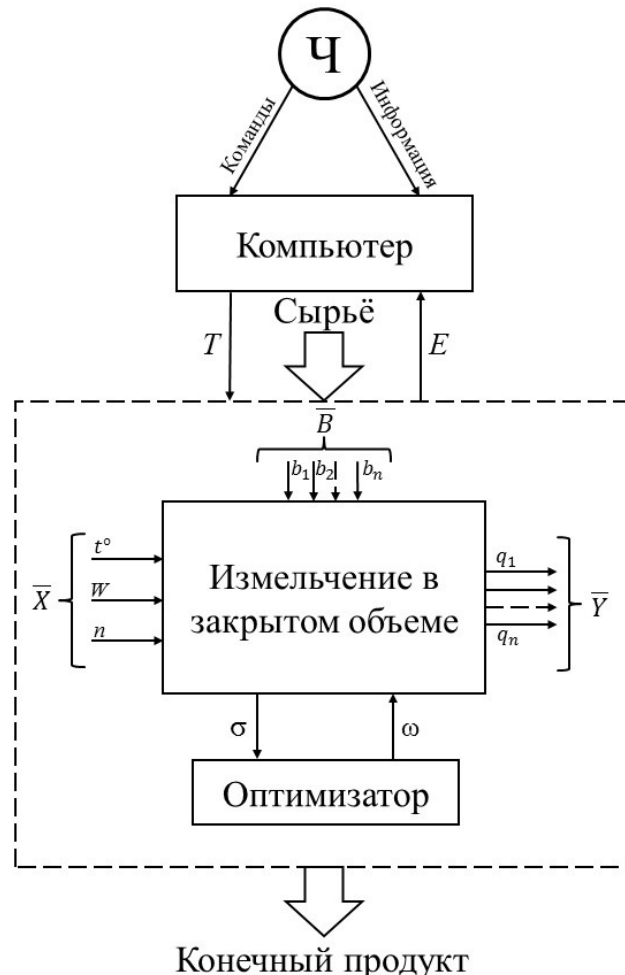


Рис. 1. Блок-схема технологического процесса изготовления порошка

Здесь приняты следующие условные обозначения:

Ч – человек (оператор); Т – технологические условия; Е – эффективность функционирования установки;  $\bar{X}$  – вектор-функция входных параметров;  $\bar{B}$  – вектор-функция неуправляемых параметров;  $\bar{Y}$  – вектор-функция выходных параметров.

Составляющими вектор – функции  $\bar{X}$  приняты  $t_{oc}^o$  – температура окружающей среды ( $^{\circ}\text{C}$ );  $W_{oc}$  – влажность воздуха (окружающей среды), %;  $n$  – частота вращения дисков,  $\text{мин}^{-1}$ .

Составляющими выходного процесса  $\bar{Y}$  являются качественные показатели получаемого продукта.

Оптимизатор анализирует качество функционирования дезинтегратора по степени дисперсности материала  $\sigma$  и подает управляющий сигнал на систему в виде  $\omega$  (скорости вращения дисков) при выходе значений  $\sigma$  за пределы установленного технологического допуска.

Мелкодисперсный продукт изготавливается разработанным способом с помощью установки, включающей барабан с ограниченной зоной столкновения частиц сырья. Материальные потоки формируются за счет вращения двух дисков, по концентрическим окружностям которых установлены пальцы-била. Пальцы одного диска расположены с зазором между двумя рядами пальцев второго диска. Разнонаправленное вращение дисков обеспечивается с помощью электромоторов. При этом достигаются заданная скорость встречных круговых потоков измельчаемого сырья, а также степень замкнутости зоны соударения частиц, достаточная для обеспечения соответствующего подъема температуры получаемого продукта.

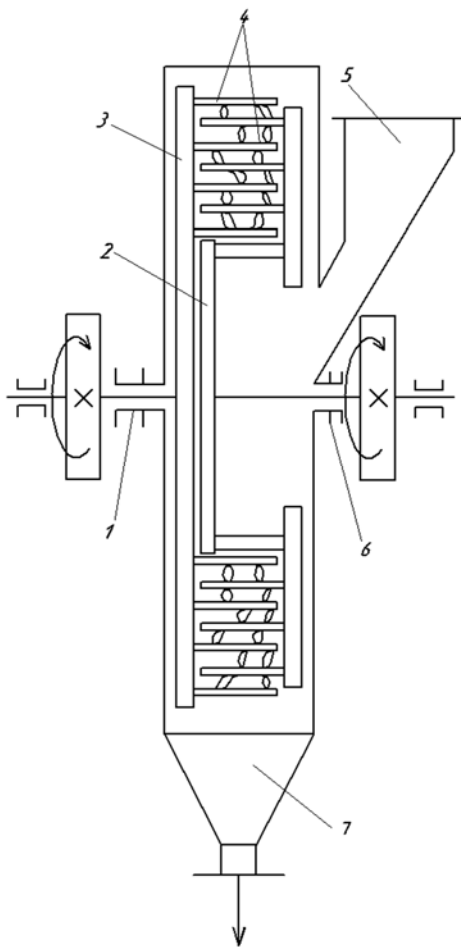


Рис. 2. Схема установки для мелкодисперсного измельчения сырья:

1, 6 – валы; 2, 3 – диски; 4 – пальцы била; 5 – загрузочная воронка; 7 – разгрузочная воронка

К конструктивным особенностям разработанной установки следует отнести:

- технологичность конструкции установки;
- низкое удельное энергопотребление;
- возможность дистанционного управления;
- разнообразие компоновочных решений.

**Выводы.** Разработан способ измельчения материалов растительного и животного происхождения для формирования оптимального состава субстрата (порошка) за счет управления интенсивностью реагирования компонентов сырья между собой. Способ направлен на сохранение в конечном продукте содержащихся в исходном материале полезных веществ.

Измельчение сырья производится в ограниченной зоне во встречных потоках частиц. Интервал возможных скоростей от 100 до 450 м/с обеспечивает заданную интенсивность столкновения (разрушения) частиц материала и превращения их в порошок. Поддержание температуры процесса не ниже температуры пастеризации продукта обеспечивает обеззараживание порошка. Это позволяет формировать состав результирующего порошка в соответствии с целями его дальнейшего использования.

Технологическое оборудование, предназначенное для реализации предложенного способа измельчения органического сырья, включает контейнер в форме барабана, в котором ограничивается зона столкновения потоков частиц исходного материала. Потоки формируются за счет разнонаправленного вращения торцевых элементов контейнера в форме барабана с помощью электродвигателя. При этом целесообразно для каждого вида производственного продукта заранее задавать объемы сырья и скорость встречных потоков, что усиливает указанный эффект.

Использование мелкодисперсных органических порошков в агротехнологических приложениях является перспективным направлением. Они обладают способностью структурировать продукт, выполнять роль разрыхлителей и поглотителей избыточной влаги. Мелкодисперсные порошки можно использовать в медицине, как ветеринарные средства или в качестве вещества для улучшения свойств строительных материалов. На данный момент главной проблемой использования предлагаемой технологии являются малые объемы производства и, соответственно, высокая стоимость конечного продукта.

### Литература

1. **Патент 2236154** Российская Федерация, МПК А23L 1/29, А23L 1/30(2004.09), А61К 8/19, А61К 8/24, А61К 8/27, А61К 8/64, А61К 8/67, А61К 8/73, А61К 8/92, А61К 8/97, А61К 8/98, А61Q 19/00. Профилактический продукт, биологически активная пищевая добавка, парфюмерно-косметический продукт на основе порошка скорлупы кедровых орехов и способ его получения/ Ветров И.В., Попов А.А.; заявитель и патентообладатель Ветров И.В., Попов А.А. – № 2002116115/13; заявл. 20.06.2002; опубл. 20.09.2004. – 18 с.
2. **Патент 2536886** Российская Федерация, МПК51 В02С 19/00, В02С 13/00. Способ измельчения материалов во вращающемся барабане ферромагнитными мелющими телами / Смотрицкий А.В., Смотрицкий А.А., Червяков С.А., Борисков Ф.Ф., Овчинник Д.А.; заявитель и патентообладатель ООО «Бюро современных технологий». – 2013131301/13, заявл. 08.07.2013; опубл. 27.12.2014, Бюл. №36. – 8 с.
3. **Патент 2693302** Российская Федерация: МПК А23К 10/30, А23К 40/107/00. Способ приготовления комбинированного корма для крупного рогатого скота / И.Е. Припоров, Т.Н. Бачу; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина». – № 2018138826; заявл. 02.11.2018; опубл. 02.07.2019. Бюл. № 19.
4. **Патент RUS 2656619 17.10.2016.** Устройство для измельчения сыпучих материалов / П.А. Савиных, В.Е. Сайтов, В.А. Сухляев, И.И. Иванов, А.В. Палицын, Н.Н. Кузнецов.

5. **Василенко П.М.** Механизация и автоматизация процессов приготовления и дозирования кормов/ соавт. И.И. Василенко; ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
6. **Дружинин Р.А.** Совершенствование рабочего процесса ударно-центробежного измельчителя: дис...канд. техн. наук. – Воронеж, 2014. – 169 с.
7. **Москвичев Ю.А., Фельдблюм В.Ш.** Химия в нашей жизни. Продукты органического синтеза и их применение: монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2007. – 411 с.
8. **Припоров И.Е., Бачу Т.Н.** Направления совершенствования технологий приготовления белковых кормов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2019. – №2 (76). – С. 104-106.
9. **Припоров И.Е.** Системные исследования приготовления белковых комбикормов // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – №1. – С. 75-81.
10. **Сергеев Н.С.** Центробежно-роторные измельчители зерна: дис... доктора техн. наук. – Челябинск, 2008. – 315 с.

### Literatura

1. **Patent 2236154** Rossijskaya Federaciya, МПК А23L 1/29, А23L 1/30(2004.09), А61К 8/19, А61К 8/24, А61К 8/27, А61К 8/64, А61К 8/67, А61К 8/73, А61К 8/92, А61К 8/97, А61К 8/98, А61Q 19/00. Profilakticheskiy produkt, biologicheski aktivnaya pishchevaya dobavka, parfyumernokosmeticheskiy produkt na osnove poroshka skorlupy kedrovyyh orekhov i sposob ego polucheniya/ Vetrov I.V., Popov A.A.; zayavitel' i patentoobladatel' Vetrov I.V., Popov A.A. - № 2002116115/13; zayavl. 20.06.2002; opubl. 20.09.2004. – 18 s.
2. **Patent 2536886** Rossiyskaya Federatsiya, МПК51 V02S 19/00, V02S 13/00. Sposob izmel'cheniya materialov vo vrashchayushchemsya barabane ferromagnitnymi melyushchimi telami / Smotritskiy A.V., Smotritskiy A.A., Chervyakov S.A., Boriskov F.F., Ovchinnik D.A.; zayavitel' i patentoobladatel' ООО «Byuro sovremennykh tekhnologiy». – 2013131301/13, zayavl. 08.07.2013; opubl. 27.12.2014, Byul. №36. – 8 s.
3. **Patent 2693302** Rossiyskaya Federatsiya: МПК А23К 10/30, А23К 40/107/00. Sposob prigotovleniya kombinirovannogo korma dlya krupnogo rogatogo skota / I.Y. Priporov, T.N. Bachu; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. I.T. Trubillina». – № 2018138826; zayavl. 02.11.2018; opubl. 02.07.2019. Byul. № 19.
4. **Patent RUS 2656619** 17.10.2016. Ustroystvo dlya izmel'cheniya sypuchikh materialov / P.A. Savinykh, V.Y. Saitov, V.A. Sukhlyayev, I.I. Ivanov, A.V. Palitsyn, N.N. Kuznetsov.
5. **Vasilenko P.M.** Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya processov prigotovleniya i dozirovaniya kormov/ soavt. I.I. Vasilenko; VASKHNIL. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
6. **Druzhinin R.A.** Sovershenstvovaniye rabocheho protsessa udarno-tsentrobezhnogo izmel'chitelya: dis...kand. tekhn. nauk. – Воронеж, 2014. – 169 с.
7. **Moskvichev Y.A., Fel'dblyum V.SH.** Himiya v nashej zhizni. Produkty organicheskogo sinteza i ih primeneniye: monografiya. – Yaroslavl': Izd-vo YAGTU. – 411 s.
8. **Priporov I.Y., Bachu T. N.** Napravleniya sovershenstvovaniya tekhnologiy prigotovleniya belkovykh koromov // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – 2019. – №2 (76). – S. 104-106.
9. **Priporov I.Y.** Sistemnyye issledovaniya prigotovleniya belkovykh kombikormov // Traktory i sel'khozmashiny. – 2019. – №1. – S. 75-81.
10. **Sergeyev N.S.** Tsentrobezno-rotornyye izmel'chiteli zerna: dis... doktora tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2008. – 315 s.

Доктор техн. наук **М.А. НОВИКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, mihanov25@rambler.ru)

Канд. техн. наук **С.Б. ПАВЛОВ**  
(НовГУ им. Ярослава Мудрого, sergeypavlov58@yandex.ru)

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОТРЫВА СТЕБЛЕЙ ОТ ПОЧВЫ ПРИ ВОРОШЕНИИ

Одной из основных операций технологического процесса приготовления льнотресты является ворошение стеблей в ленте. Процесс ворошения заключается в отрыве прибитых к почве дождями и проросших сорняками лент льна, подъёме их вверх до съёмной решётки и сбросе на землю во вспушенном состоянии. Качество выполнения технологического процесса ворошилки в основном зависит от конструктивных параметров ее рабочих органов и величины кинематического параметра, при правильном выборе которых обеспечивается отрыв стеблей от поверхности поля и придания им вспушенного состояния.

**Цель исследования** – определение предельного сцепления стеблей в ленте в зависимости от количества стеблей на одном метре ленты и проросшенности ленты сорняками, выбор кинематического параметра ворошилки, обеспечивающего высокое качество выполнения процесса ворошения лент льна.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Учитывая ранее проведённые исследования [1,2,3,4,5,6], в результате которых была определена оптимальная форма зуба ворошилки, его рабочий участок представляет собой комбинацию дуги окружности и прямой, выполненной от основания по радиальной прямой. Для упрощения анализа подъёма стеблей рассмотрим зуб в виде ломаной линии OAB, очерчивающей кривую (рис. 1).

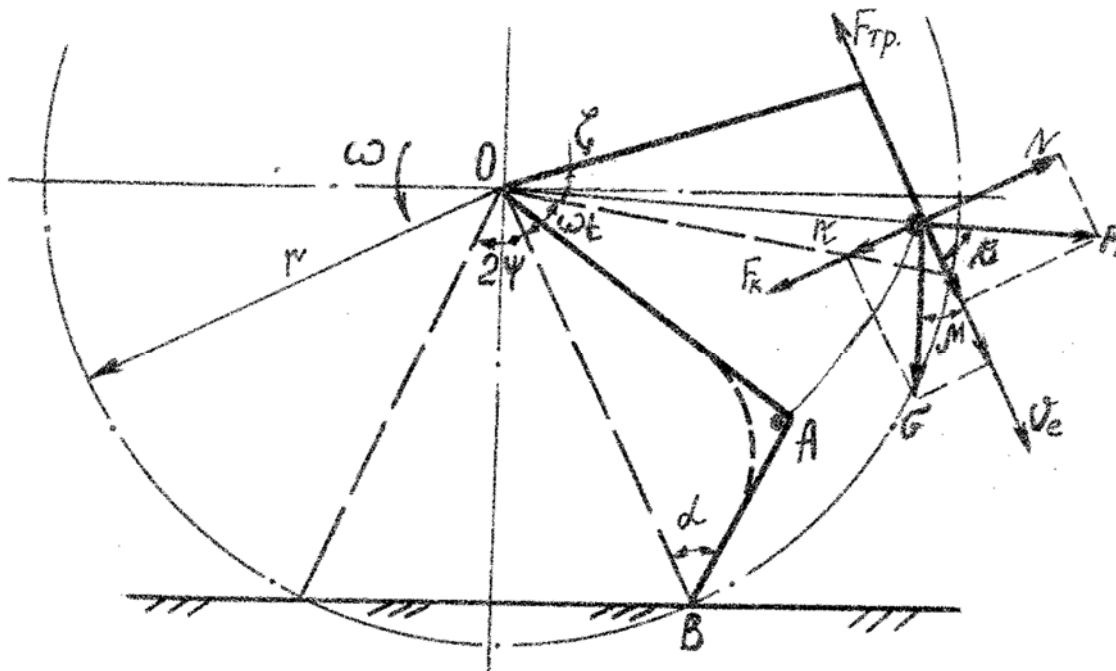


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу льна, находящуюся на зубе

Для анализа процесса подъёма стеблей льна составим дифференциальное уравнение движения частицы льна по зубу.

На частицу льна массой  $m$  действует сила тяжести  $G = mg$ , центробежная сила инерции  $F_{ц} = m\omega^2 r_i$ , Кориолисова сила  $F_{к} = 2m\omega^2 V_e$ , сила трения  $F_{тр}$ :

$$F_{mp} = f(m\omega^2 r_i \sin\beta - mg \sin\mu - 2m\omega^2 V_e), \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент трения частицы льна о зуб;

$\omega$  – угловая скорость вращения зуба;

$V_e$  – относительная скорость частицы льна вдоль зуба;

$r_i$  – расстояние от оси барабана до частицы.

Учитывая (согласно рис. 1), что угол  $\mu = \psi - \alpha + \omega t$  и обозначив  $\psi - \alpha = \gamma_0$ , имеем  $\mu = \gamma_0 + \omega t$ .

Также учитываем, что  $r_i \sin\alpha = r_i \sin\beta$  и  $r_i \cos\beta = S_e$ .

Условие движения частицы льна по зубу будет иметь вид:

$$m\omega^2 S_e + mg \cos(\gamma_0 + \omega t) \geq f(m\omega^2 r \sin\alpha - mg \sin(\gamma_0 + \omega t) - 2m\omega^2 V_e). \quad (2)$$

Из этого уравнения определяем относительное перемещение частицы льна  $S_e$  вдоль зуба в зависимости от угла поворота зуба  $\omega t$ , учитывая конструктивные и кинематические параметры ворошилки ( $\omega = 6 \text{ с}^{-1}$ ;  $r = 0,33 \text{ м}$  – радиус окружности, проведённой по концам зубьев;  $\alpha = 70^\circ$  – угол отклонения зуба от радиального положения;  $\psi = 18^\circ$  – половина угла между зубьями;  $f = 0,4$ ).

На рисунке 2 представлена зависимость перемещения стеблей льна по зубу  $S_e$  от угла поворота зуба  $\omega t$ . Здесь же представлена зависимость фактического подъёма стеблей льна по зубу  $S_\phi$  при подгребании от кинематического параметра ворошилки  $\lambda = \omega r / V_m$ . Сопоставляя эти две кривые, можно определить для любого кинематического параметра  $\lambda$ , где находятся на зубе стебли льна и при каком угле поворота зуба  $\omega t$  они упадут на землю.

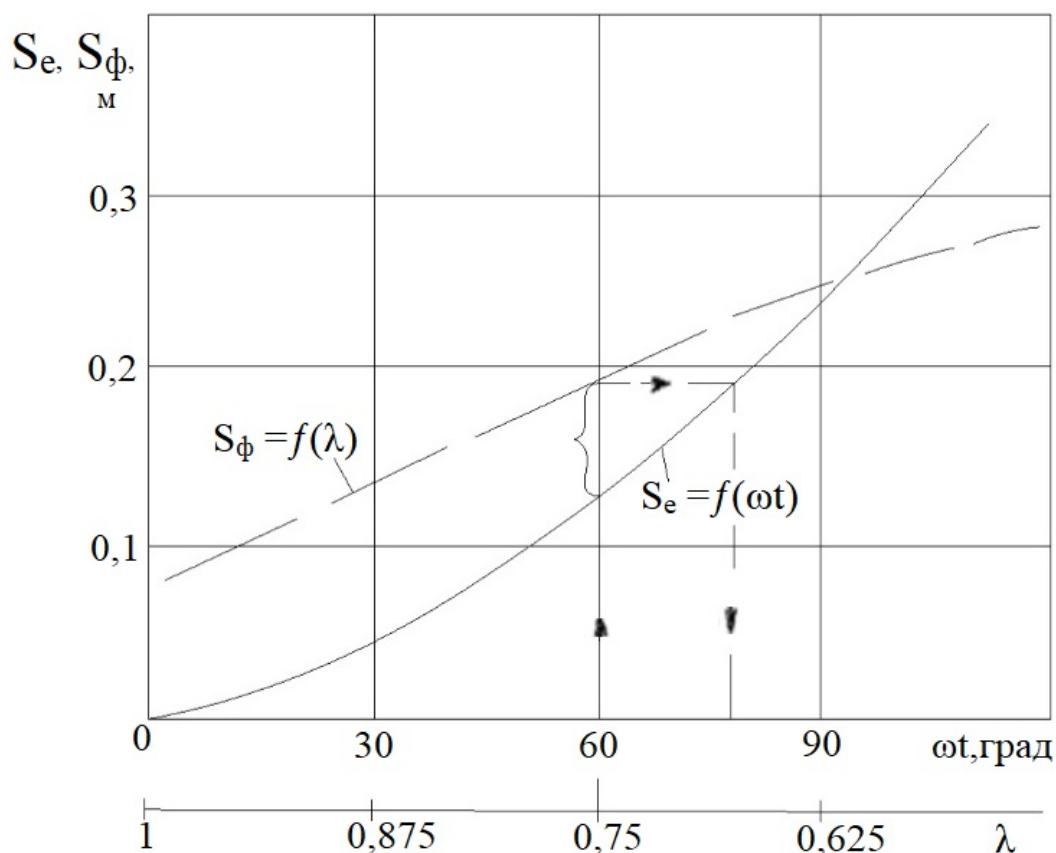


Рис. 2. Сравнение относительного перемещения стеблей льна по зубу  $S_e$  с их фактическим подъёмом при подгребании  $S_\phi$

Например,  $\lambda = 0,75$ , стебли льна находятся от края зуба на расстоянии 0,06 м и упадут на землю при угле поворота зуба  $\omega t = 78^\circ$ .

Произведённый выше анализ процесса подъёма стеблей льна не учитывает внутреннюю силу сцепления стеблей льна в ленте и силу сцепления стеблей льна со стлещем. Эти силы оказывают существенное влияние на показатели технологического процесса ворошения: неравномерность расстила стеблей в ленте и разрывы в ленте.

Методика определения связности стеблей в ленте основана на принципе продольного деформирования ленты льна путём механического воздействия на неё в плоскости, перпендикулярной оси ленты. Используемый в исследованиях прибор обеспечивает постепенное приподнимание ленты вверх, что приводит к образованию свода. По параметрам последнего представляется возможным оценить внутреннюю силу сцепления стеблей в ленте льна (рис. 3).

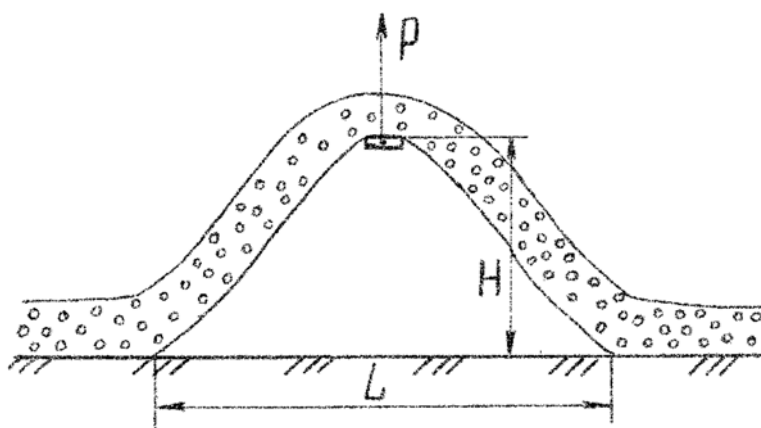


Рис. 3. Схема определения параметров свода ленты и связности стеблей в ленте

Усилие подъёма  $P$  затрачивается на преодоление веса поднимаемых стеблей вместе с пластиной и силы сцепления стеблей льна со стлещем. При подъёме ленты льна на определённую высоту она начинает вытягиваться с одной из сторон и длина свода не увеличивается. Момент начала растягивания ленты фиксировали, а также записывали показания ( $P$ ,  $H$  и  $L$ ). Усилие подъёма  $P$ , за вычетом веса стеблей, находящихся выше разрыва, принимали за результирующую силу связности стеблей в ленте.

**Результаты исследований.** Исследования проводились в сентябре в течение 20 дней. Предварительно на поле вручную были разложены ленты льна с разным количеством стеблей на одном метре ленты. Большие сроки проведения исследований позволили провести опыты на лентах с разной степенью пророщенности их сорняками.

По параметрам свода определяли предельное смещение стеблей льна в ленте относительно друг друга:

$$\delta_{np} = \frac{H}{\sin \arctg \frac{H}{L}} - 0,5L. \quad (3)$$

Для того чтобы не было разрывов в ленте после ворошения, необходимо, чтобы расстояние перемещения одного зуба ворошилки не превышало предельного смещения стеблей льна в ленте:

$$\frac{2\pi r}{\lambda m} (1-\lambda) \leq \delta_{пр.}, \tag{4}$$

где  $m$  – количество зубьев на диске.

Решив неравенство (4), определим минимальное значение кинематического параметра ворошилки  $\lambda$  [7,8], при котором не будет наблюдаться разрывов в ленте

$$\lambda \geq \frac{1}{1 + \frac{\delta_{пр.} m}{2\pi r}}. \tag{5}$$

На рисунке 4 при известных параметрах ворошилки ( $r = 0,33$ ,  $m = 10$ ) представлена зависимость кинематического параметра ворошилки (его минимальные значения, ниже которых будет происходить разрыв ленты) от предельного смещения стеблей льна в ленте.

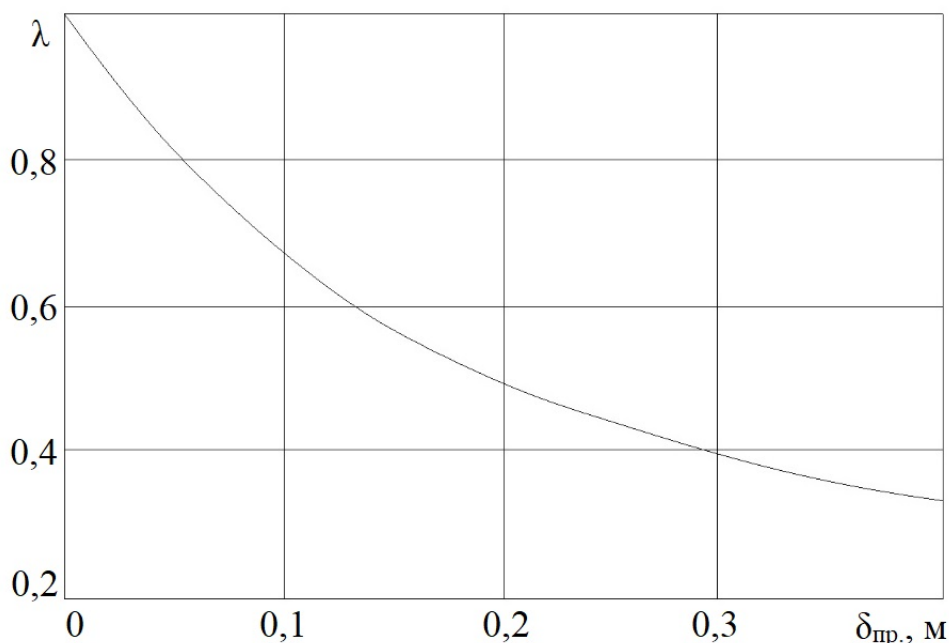


Рис. 4. Зависимость минимального значения кинематического параметра ворошилки от предельного смещения стеблей в ленте

Обработку результатов экспериментальных исследований факторов, влияющих на предельное смещение стеблей в ленте, проводили с помощью метода множественной корреляции [9, 10]. Математическая связь предельного смещения стеблей в ленте  $\delta_{пр.}$  с количеством стеблей на одном погонном метре ленты  $n$  и пророщенностью ленты сорняками  $m_T$  представлена в виде:

$$\delta_{пр.} = k f_1(n) f_2(m_T), \tag{6}$$

где  $f_1(n)$  и  $f_2(m_T)$  – функции количества стеблей и плотности травостоя;  
 $k$  – постоянный коэффициент.

На рисунке 5 представлено корреляционное поле зависимости смещения стеблей в ленте от их количества.

Уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$f_1(n) = 0,00024 n - 0,0205. \tag{7}$$



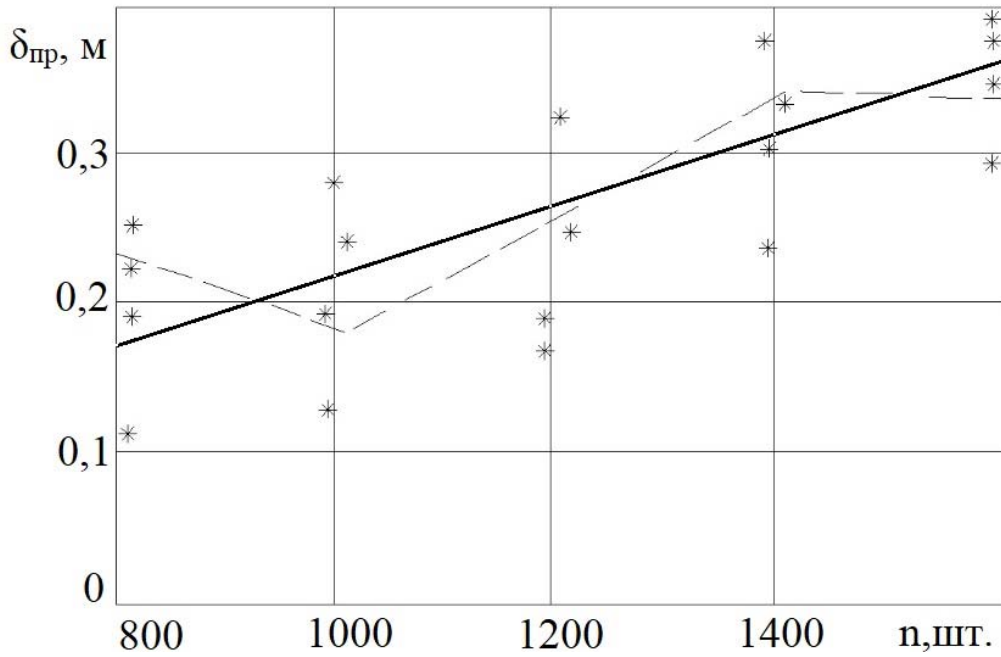


Рис. 5. Корреляционное поле зависимости предельного смещения стеблей в ленте от количества стеблей на одном метре ленты

Корреляционное поле зависимости  $\delta_{пр.1}$  от пророщенности ленты сорняками (количество сорняков на  $1 \text{ м}^2$  поля) представлено на рисунке 6.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$f_2(m_T) = 0,514 - 1,286 m_T, \tag{8}$$

где  $m_T$  – количество (масса) сорняков на  $1 \text{ м}^2$ , кг.

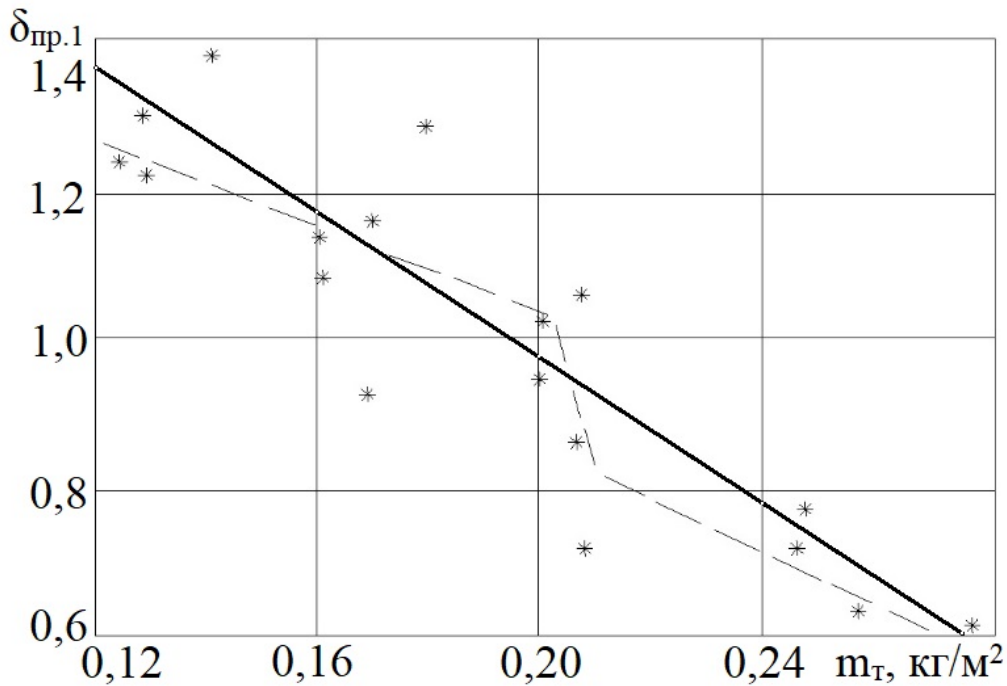


Рис. 6. Корреляционное поле зависимости  $\delta_{пр.1} = \frac{\delta_{пр}}{f_1(n)}$  от количества сорняков на  $1 \text{ м}^2$  поля

С учётом коэффициента регрессии общее выражение имеет вид:

$$\delta_{np.} = 3,73(0,00024n - 0,0205)(0,514 - 1,286 m_l) \quad (9)$$

**Выводы.** Полученные в результате исследований выражения 5 и 9 позволяют рассчитать предельное сцепление стеблей в ленте в зависимости от количества стеблей на одном метре ленты и пророщенности ленты сорняками (количество сорняков на 1 м<sup>2</sup> поля), выбрать кинематический параметр ворошилки, обеспечивающий высокое качество выполнения процесса ворошения лент льна.

### Литература

1. **Новиков М.А., Павлов С.Б.** Анализ взаимодействия зуба ворошилки с лентой льна // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – №41. – С. 79-284.
2. **Новиков М.А., Павлов С.Б.** Обоснование показателя кинематического режима работы ворошилки лент льна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №4 (60). – С. 88-90.
3. **Хайлис Г.А.** Теория льноуборочных машин. – М., 2011. – 322 с.
4. **Новиков М.А., Павлов С.Б.** Обоснование основных параметров ворошилки-порциеобразователя стеблей льна // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – №43. – С.313-317.
5. **А.С. 1613037 СССР, МКИ 5 АО 1Д45/06.** Ворошилка лент льна /С.Б. Павлов, В. В. Чупряев – №4626389/30-15; заявл.27.12.88; опубл.15.12.90, Бюл.№46.-6с.
6. **Ковалев М.М., Грищенко В.А.** Разработка и внедрение инновационных технологий и технических средств нового поколения для производства и глубокой переработки лубяных культур // Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе: сб. науч. тр. / ВНИИМЛ. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. – С. 6-10.
7. **Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет:** учебное пособие / А. В. Клочков, В. Г. Ковалев, П. М. Новицкий. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 436 с.
8. **Бердышев В.Е.** и др. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах: учебное пособие. 2-е изд. / под. ред. М.А. Новикова. – СПб.: Проспект Науки, 2018. – 208 с.
9. **Хайлис Г.А., Ковалёв М.М.** Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
10. **Ковалёв Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалёв М.М.** Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства). – М.: ИК «Родник», 1998. – 208 с.

### Literatura

1. **Novikov M.A., Pavlov S.B.** Analiz vzaimodejstviya zuba voroshilki s lentoj l'na //Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – №41. – S. 279-284.
2. **Novikov M.A., Pavlov S.B.** Obosnovanie pokazatelya kinematicheskogo rezhima raboty voroshilki lent l'na// Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – №4 (60). – S. 88-90.
3. **Hajlis G.A.** Teoriya l'nouborochnyh mashin. – M., 2011. – 322 s.
4. **Novikov M.A., Pavlov S.B.** Obosnovanie osnovnyh parametrov voroshilki-porcieobrazovatelya steblej l'na //Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – №43. – S.313-317.
5. **A.S. 1613037 SSSR, MKI 5 AO 1D45/06.** Voroshilka lent l'na /S.B. Pavlov, V. V. CHupryaev – №4626389/30-15; zayavl.27.12.88; opubl.15.12.90, Byul.№46. – 6s.

6. **Kovalev M.M., Grishchenkova V.A.** Razrabotka i vnedrenie innovacionnyh tekhnologij i tekhnicheskikh sredstv novogo pokoleniya dlya proizvodstva i glubokoj pererabotki lubyanyh kul'tur // Mashinno-tekhnologicheskaya modernizaciya l'nyanogo agropromyshlennogo kompleksa na innovacionnoj osnove: sb. nauch. tr. / VNIIML. – Tver': Tver. gos. un-t, 2014. – S. 6-10.
7. **Sel'skohozyajstvennye mashiny. Teoriya i raschet: uchebnoe posobie** / A. V. Klochkov, V. G. Kovalev, P. M. Novickij. – Minsk: IVC Minfina, 2019. – 436 s.
8. **Berdyshev V.E. i dr.** Sel'skohozyajstvennye mashiny. Tekhnologicheskie raschety v primerah i zadachah: uchebnoe posobie. 2-e izd. / pod. red. M.A. Novikova. – SPb.: Prospekt Nauki, 2018. – 208 s.
9. **Hajlis G.A., Kovalyov M.M.** Issledovaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki i obrabotka opytnyh dannyh. – M.: Kolos, 1994. – 169 s.
10. **Kovalyov N.G., Hajlis G.A., Kovalyov M.M.** Sel'skohozyajstvennye materialy (vidy, sostav, svoystva). – M.: IK «Rodnik», 1998. – 208 s.

УДК 631.345.3

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11178

Доктор техн. наук **Н.В. АЛДОШИН**  
 (ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева»,  
 naldoshin@yandex.ru)  
 Канд. техн. наук **Н.А. ЛЫЛИН**  
 (ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева»)  
 Канд. техн. наук **А.В. СИБИРЁВ**  
 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)  
 Канд. техн. наук **М.А. МОСЯКОВ**  
 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Maks.Mosyakov@yandex.ru)

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ ДЛЯ УБОРКИ БЕЛОГО ЛЮПИНА**

Основным источником растительного белка в России является соя, но производимого ее количества недостаточно, поэтому данную культуру ежегодно ввозят в огромном количестве из-за рубежа. Растущие цены на сою удорожают себестоимость производства кормов, что подталкивает производителей рассматривать другие культуры в качестве источника растительного белка [1, 2, 3].

В 2016 году зернобобовая культура белый люпин была включена в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ.

Для возделывания и уборки белого люпина используют аналогичную зерновым культурам систему машин. Вегетационный период этой культуры составляет в среднем 94-140 дней. Уборка приходится на середину августа – конец сентября, когда в зонах возделывания возможны осадки. Культура отличается высокой потенциальной продуктивностью с урожайностью семян до 40–50 ц/га.

Одним из недостатков рассматриваемой культуры, влияющим на потери при уборке, является неодновременность созревания семян, влекущая за собой повреждение семенного материала рабочими органами уборочных машин.

Для решения данной проблемы необходимо постоянно совершенствовать процесс уборочных работ, применяя передовые технологии, способы и технические решения, повышать техническую и технологическую надежность уборочной техники [4, 5].

Одной из передовых технологий является индустриально-поточная со способом отделения семенной части растений на поле. В него входит приставка или жатка к зерноуборочному комбайну, позволяющая производить отрыв или очес бобов зернобобовых культур с помощью гребенок. Образующаяся масса, состоящая на 80% из свободных семян, поступает в наклонную камеру комбайна.

Способ уборки отделением семенной части растений на поле имеет ряд достоинств: вследствие изменившегося объема обрабатываемой растительной массы уменьшаются загрузки транспортирующих и молотильных органов, а также снижаются нагрузки на сепарирующие рабочие органы комбайна; повышается его производительность, снижаются потери и повреждения семян и, как следствие, сокращаются сроки уборки урожая [6, 7].

Известно, что качество выполнения технологического процесса работы сельскохозяйственной машины с очесывающей жаткой для уборки семян белого люпина, в первую очередь, определяется работой очесывающего ротора с закрепленными на нем съемными гребенками. От типа этих рабочих органов и их технических характеристик зависят конструктивно-технологические параметры очесывающего устройства в целом [8]. В жатках данного типа ротор с гребенками выполняет функцию очесывающего и транспортирующего устройства [9, 10].

Взаимосвязи между параметрами конструкции рабочих органов и технологическими режимами работы очесывающего устройства с морфологическими признаками убираемой культуры белого люпина являются основополагающими.

**Цель исследования** – обеспечить полноту сбора семян белого люпина за счет использования очесывающей жатки с гребенками для крупносемянных культур с обоснованными конструктивно-технологическими параметрами и режимами работы.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Анализ конструкций различных типов очесывающих устройств для уборки растений на корню и патентно-технической литературы, представленный ниже, позволил выявить недостатки в конструкции рабочих органах устройств, которые не позволяют обеспечить качественное выполнение технологического процесса уборки белого люпина способом очеса растений на корню. Известна однороторная очесывающая жатка «ОЗОН» со съемными гребенками очесывающего барабана, состоящая из ротора 1 и гребенок 2 (рис. 1).



Рис. 1. Очесывающая жатка «ОЗОН»: 1 – ротор очесывающей жатки; 2 – съемная гребенка барабана очесывающего оборудования

Основной отличительной особенностью представленного выше устройства является рабочий орган, выполненный из пластины с изогнутым поперечным профилем, который образован из касательных к радиусугиба профиля пластины – основания и боковины.

Недостатком конструкции гребенки являются ребра жесткости на плоскости, непосредственно взаимодействующие с растением, из-за чего происходит травмирование и дробление семян. При работе возникают потери продукта очеса из-за заклинивания стеблей растений между зубьями, приводящие к выдергиванию растения с корневой системой из почвы и забиванию очесывающего рабочего органа.

Очесывающая двухроторная жатка «Славянка УАС» содержит ротор 1 и гребенки 2 (рис. 2), рабочие органы жатки имеют гребневидную форму. Благодаря этому гребенки 2 не только очесывают прямостоящий стеблестой, но и выполняют функцию стеблеподъемников при очесывании полегших и спутанных стеблестоев.

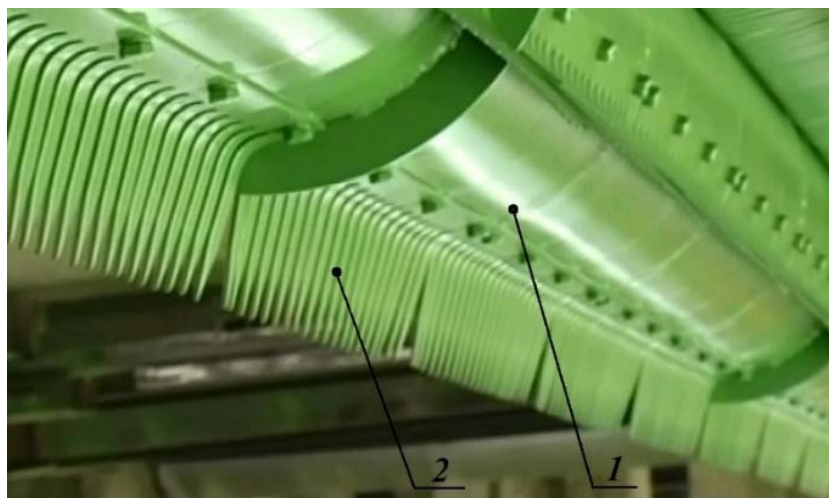


Рис. 2. Общий вид очесывающего устройства «Славянка УАС»: 1 – ротор очесывающей жатки; 2 – гребенки

Недостатком применяемых гребенок в очесывающем устройстве является потеря семян из-за плоской рабочей поверхности и ударного воздействия по стручкам. Также при работе устройства происходит заклинивание стеблей растений в растворе зубьев и выдергивание растений из почвы вместе с корневой системой.

Жатка транспортерного типа может быть как ленточного, так и цепного исполнения (рис. 3). Конструктивная схема устройства была реализована в Белорусском НПО «Белсельхозмеханизация», жатка устанавливалась на зерноуборочный комбайн СК-5М «Нива» и испытывалась на государственной испытательной станции.

В основном жатки данной конструктивной схемы исполнения эффективно проявили себя на уборке полеглых и разноярусных растений.

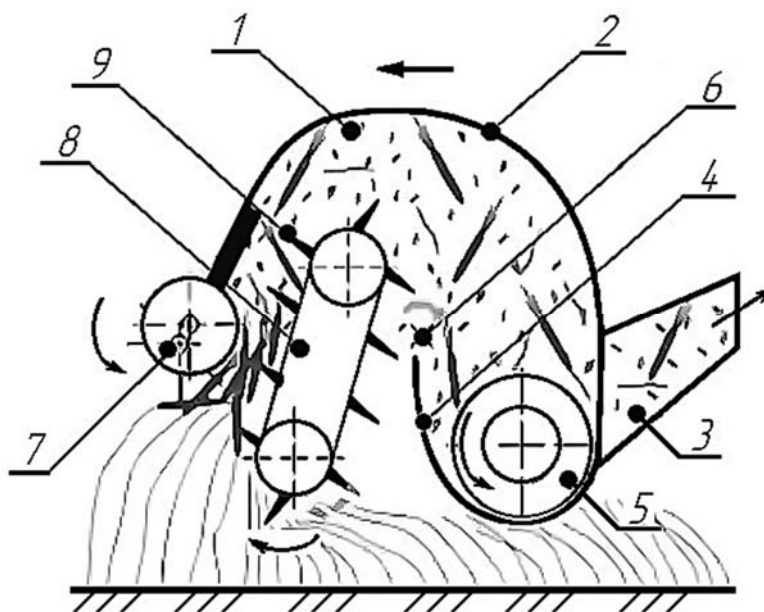


Рис. 3. Схема очесывающей жатки транспортерного типа: 1 – корпус; 2 – крыша; 3 – наклонная камера; 4 – сборная камера; 5 – шнек; 6 – битер; 7 – питатель; 8 – очесыватель; 9 – зубья

При движении комбайна с очесывающей жаткой по полю, вращающийся питатель 7 сдвигает и уплотняет стебли растений, захватывает их упругими пальцами и перемещает к очесывателю 8. Зубья очесывателя 8 прочесывают растения снизу-вверх обрывая их.

Недостатком очесывателя являются зубья, выполненные из упругого материала, которые при встрече с растением способны отклониться, высвобождая стебли из замочной скважины, образованной у их основания. Также при встрече зубьев со стручками они отбрасывают их, тем самым увеличивая потери недоочесом растений.

Анализ очесывающих устройств различных типов позволяет сделать вывод о том, что применяемые рабочие органы не способны обеспечить при уборке белого люпина качественный показатель полноты сбора семян.

**Результаты исследований.** На основе анализа конструкций и технологических схем за основу исследований была принята схема жатки, наиболее подходящая с точки зрения выполнения технологического процесса и надежности конструкции. Данная схема реализована в конструкции навесной очесывающей жатки типа «ОЗОН» производства ПАО «Пензмаш».

Для обеспечения на уборке белого люпина полноты сбора семян разработан рабочий орган для очесывающей жатки, гребенка для крупносемянных культур (патент РФ на полезную модель № 172995 [11]), изображенный на рисунке 4.

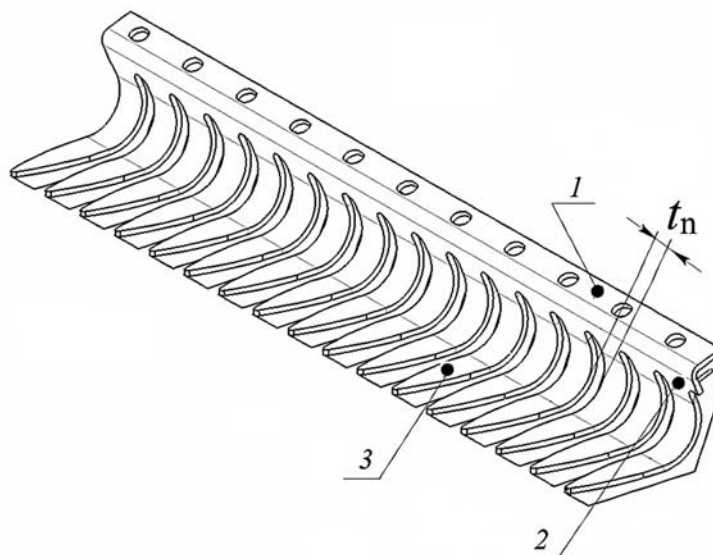


Рис. 4. Гребенка для крупносемянных культур: 1 – изогнутая пластина; 2 – рабочая поверхность; 3 – зуб;  $t_n$  – расстояние между зубьями

Съемные гребенки содержат пластину 1 с изогнутым профилем, по длине рабочей поверхности которой 2 выполнены прорези, образующие зубья 3.

Очесывающее устройство для крупносемянных культур работает следующим образом. При перемещении ротора снизу-вверх с зафиксированными на нем гребенками происходит захват очесываемой массы, которая перемещается к ее боковым поверхностям зубьев 3 по криволинейной рабочей кромке, тем самым выполняя процесс очеса.

Рабочая криволинейная кромка от вершины зуба имеет переменный радиус, благодаря которому растение с наименьшим трением целенаправленно поступает к боковым поверхностям зубьев 3, что способствует обеспечению режима работы очесывающего устройства.

При создании опытного комплекта рабочих органов были обоснованы их параметры, такие как: расстояние между боковыми поверхностями зубьев  $t_n$ , радиус его закругления  $r_c$ , длина  $l_3$ , ширина  $b_3$  зубьев.

При определении параметров учитывались основные морфологические признаки и физико-механические свойства растительной массы, материал отбирали на протяжении 2015-2017 гг. в ООО «Экспериментальное хозяйство по селекции и семеноводству белого люпина» Тамбовской области.

Исследования морфологических признаков растений белого люпина сорта «Дега» позволили определить средние значения: длины растений 926 мм; диаметра стеблей 8,70 мм; массу 1000 семян 382,70 г; длину 9,90 мм, ширину 9,02 мм и толщину 4,38 мм семян; длину 70,71 мм, ширину 11,73 мм и толщину 8,35 мм бобов; густоту стеблестоя растений 132 шт/м<sup>2</sup>.

Экспериментальные исследования физико-механических свойств позволили определить разрушающее напряжение на разрыв стеблей растений белого люпина  $\sigma=0,87-1,16$  кг/мм<sup>2</sup>. Коэффициент трения по стали для семян составил  $k_{тр}=0,44$ , а для частей стеблей  $k_{тр}=0,36$ . Прочностные связи бобов с растением на отрыв составили  $P = 3-25$  Н. Скорость витания семян белого люпина сорта «Дега» составила  $v_v = 13,8$  м/с при влажности  $W_c = 20,6\%$ .

Исходя из изученных морфологических признаков растений, было определено расстояние между боковыми поверхностями зубьев гребенки  $t_n$  и радиус его закругления  $r_c$  [10].

Данные параметры были выбраны исходя из условия предотвращения заклинивания стеблей у основания зубьев.

$$t_n \geq D_{\max}, \quad (1)$$

где  $t_n$  – расстояние между боковыми поверхностями зубьев гребенки, м;  $D_{\max}$  – максимальный диаметр стебля, м.

Длину гребенки  $l_{гр}$  определили по формуле:

$$l_{гр} = l_3 + l_n, \quad (2)$$

где  $l_3$  – длина зуба гребенки, м;  $l_n$  – длина нерабочей части гребенки, м.

От значения длины зуба гребенки  $l_3$ , зависит качественный процесс очесывания растений, что влияет на потери и повреждения семян за жаткой в целом.

Длина зуба гребенки  $l_3$  (рис. 5) определяется:

$$l_3 = l_{вх} + l_p, \quad (3)$$

где  $l_{вх}$  – длина части зуба, входящей в стеблестой, м;  $l_p$  – длина рабочей части зуба, м.

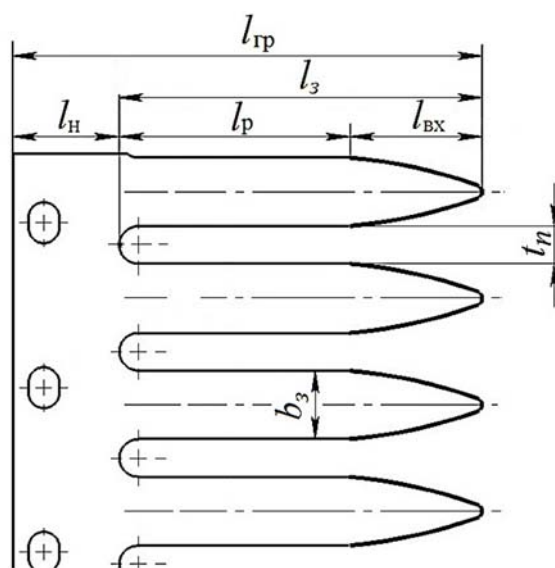


Рис. 5. Схема очесывающей гребенки

Длина зуба  $l_3$  определяется по формуле:

$$l_3 = R_0 + \frac{V_m \cdot t - R_0 \cdot \sin \alpha_y}{\sin(\omega \cdot t + \alpha_y)}, \quad (4)$$

где  $\alpha_y$  – угол установки гребенок относительно горизонтальной оси ротора, град;  $t$  – время, равное моменту движения зуба гребенки от вхождения в зону расположения бобов до его выхода из этой зоны, м [14, 15].

Для определения ширины зуба  $b_3$  предложено выражение:

$$b_3 = \frac{n_c \cdot \omega \cdot z}{2\pi \cdot V_m \cdot W} - t_n, \quad (5)$$

где  $n_c$  – количество стеблей, очесываемых за рабочий ход одним зубом гребёнки, шт;  $W$  – густота стеблестоя, шт/м<sup>2</sup>;  $z$  – количество рядов гребёнок очёсывающего ротора, шт;  $t_n$  – расстояние между боковыми поверхностями зубьев, м [14].

Теоретически были определены основные параметры конструкции гребенки для уборки крупносемянных культур: значение угла наклона зубьев гребенки относительно горизонтальной поверхности  $\eta=24^\circ$ , длина зуба  $l_3=0,072$  м, ширина зуба  $b_3=0,021$  м и межзубовое расстояние 0,032 м.

Производственные испытания рабочих органов на уборке белого люпина сорта «Дега» проводились в Тамбовской области и состояли из двух этапов, в которых использовали очесывающую жатку «ОЗОН» производства ПАО «Пензмаш», агрегируемую с комбайнов КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12» [11, 12]. На первом этапе при уборке белого люпина использовали серийные рабочие органы; на втором – экспериментальные рабочие органы, изготовленные по патенту РФ №172995 [1, 6, 11].



Рис. 5. Очесывающие гребенки жатки «ОЗОН»: слева – серийные; справа – экспериментальные рабочие органы

При испытаниях определялась рациональная величина расстояния от поверхности поля до гребенок в нижнем положении жатки и расстояние от точки контакта обтекателя с растением до поверхности поля. Для исследования влияния кинематического режима работы очесывающей жатки в определенных интервалах варьирования, изменяли скорость движения комбайна и частоту вращения ротора.



После прохода комбайна определяли потери семян за очесывающей жаткой  $q_{ж}$ , для этого использовали полевую линейку агронома, которую накладывали 10 раз в пределах одного загона за жаткой. Собранные семена взвешивали на весах и определяли их процент от общей массы семян по формуле [14, 15]:

$$q_{ж} = \frac{q}{U_6} \cdot 100 - \sum q_e, \quad (6)$$

где  $q$  – потери семенами и бобами в рамке, г.;  $\sum q_e$  – естественные суммарные потери, %.

Далее повторяли весь технологический процесс, но уже с экспериментальными гребенками. Полученные результаты экспериментов по определению потерь и повреждений семян различными рабочими органами и режимами работы очесывающей жатки сравнивались (рис. 7).



а)



б)

Рис. 7. Потери за очесывающей жаткой с различными гребенками:  
а) серийные, б) экспериментальные

#### Выводы:

1. Основные параметры конструкции гребенки для уборки крупносемянных культур составляют: угол наклона зубьев гребенки относительно горизонтальной поверхности  $\eta=24^\circ$ , длина зуба  $l_з=0,072$  м, ширина зуба  $b_з=0,021$  м и межзубовое расстояние 0,032 м.

2. Применение очесывающей жатки с гребенками для крупносемянных культур в сравнении с рабочими органами, применяемыми ведущими производителями очесывающих устройств, позволяет снизить потери семян в 5 раз, тем самым повысить полноту сбора семян на уборке белого люпина до 99,0%.

### Литература

1. **Алдошин Н.В., Лылин Н.А., Мосяков М.А.** Уборка зернобобовых культур методом очеса // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – №1(41). – С.67-73.
2. **Бурьянов А.И., Бурьянов М.А.** Моделирование процесса очёса зерновых культур однобарabanной жаткой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – №4. – С. 2-5
3. **Планирование, экономика и организация производства** на предприятиях АПК (нормативно-справочные материалы) / М.М. Максимов, П.И. Дугин, А.И. Голубева, М.П. Шаталов, В.А. Смелик и др. / под ред. М.М. Максимова. – Ярославль, 2004. – 468 с.
4. **Жалнин Э.В.** Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. – 2013. – № 8. – С. 10-12.
5. **Смелик В.А., Киприянов Ф.А., Водолазко А.Н.** Оценки технологической и технической надежности зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018 – Вып. № 41, Том 1. – С. 49-55.
6. **Алдошин Н.В., Кравченко И.Н., Лылин Н.А., Мосяков М.А.** Проектирование очесывающих устройств для уборки сельскохозяйственных культур // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2019. – №9. – С.33-36.
7. **Бурьянов М.А.** Параметры и режимы процесса очёса зерновых культур навесной на комбайн жаткой: дис... канд. техн. наук. – зерноград, 2011. – 155 с.
8. **Adisa A.F., Ndirika V.I.O., Yilje Y.D.** Determination of Optimum Operational Conditions of a Grain Stripper Header for Rice Harvesting in Nigeria // International Journal of Engineering and Technology. 2012. №. 2(7). С. 1-11.
9. **Бердышев В.Е., Ерошенко Л.И., Новиков М.А., Ружьев В.А., Смелик В.А., Теплинский И.З.** Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах: учебное пособие. – 2-ое издание / под ред. М.А. Новикова. – СПб.: Проспект Науки, 2018. – 208 с.
10. **Amin Goli, Abdoljalal Khojamli, Javad Khazaei, Shahriar Kouravand, Gholamreza Chegini.** The Study of the Effect of the Rotational Speed and the Horizontal Distance Fingertips to Nose on the Head Losses of Wheat Stripping // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2017. №. 6(5). С. 1-11.
11. **Патент на полезную модель №172995 Россия, МПК А01D41/08.** Очесывающее устройство для крупносемянных культур / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, Н.А. Лылин, А.И. Панов, А.А. Манохина, М.А. Мосяков, Д.Н. Алдошин, А.М. Воронов. №2017116419; Оpubл. 03.08.2017.

### Literatura

1. **Aldoshin N.V., Lylin N.A., Mosyakov M.A.** Uboroka zernobobovyh kul'tur metodom ochesa // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – 2017. – №1(41). – S.67-73.
2. **Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A.** Modelirovanie processa ochyosa zernovyh kul'tur odnobarabannoj zhatkoj // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2012. – №4. – S. 2-5
3. **Planirovanie, ekonomika i organizaciya proizvodstva** na predpriyatiyah APK (normativno-spravochnye materialy) / M.M. Maksimov, P.I. Dugin, A.I. Golubeva, M.P. SHatalov, V.A. Smelik i dr. / pod red. M.M. Maksimova. – Y Aroslavl', 2004. – 468 s.
4. **ZHalnin E.V.** Uboroka s ochesom na kornyu: za i protiv // Sel'skij mekhanizator. – 2013. – № 8. – S. 10-12.
5. **Smelik V.A., Kipriyanov F.A., Vodolazko A.N.** Ocenki tekhnologicheskoy i tekhnicheskoy nadezhnosti zernouborochnyh i kormouborochnyh kombajnov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2018 – Vyp. № 41, Tom 1. – S. 49-55.

6. **Aldoshin N.V., Kravchenko I.N., Lylin N.A., Mosyakov M.A.** Proektirovanie ochesyvayushchih ustrojstv dlya uborki sel'skohozyajstvennyh kul'tur // *Remont, vosstanovlenie, modernizaciya.* – 2019. – №9. – S.33-36.
7. **Bur'yanov M.A.** Parametry i rezhimy processa ochyosa zernovyh kul'tur navesnoj na kombajn zhatkoj: dis... kand. tekhn. nauk. – Zernograd, 2011. – 155 s.
8. **Adisa A.F., Ndirika V.I.O., Yiljep Y.D.** Determination of Optimum Operational Conditions of a Grain Stripper Header for Rice Harvesting in Nigeria // *International Journal of Engineering and Technology.* 2012. №. 2(7). S. 1-11.
9. **Berdyshev V.E., Eroshenko L.I., Novikov M.A., Ruzh'ev V.A., Smelik V.A., Teplinskij I.Z.** Sel'skohozyajstvennye mashiny. Tekhnologicheskie raschety v primerah i zadachah: uchebnoe posobie. – 2-oe izdanie / pod red. M.A. Novikova. – SPb.: Prospekt Nauki, 2018. – 208 s.
10. **Amin Goli, Abdoljalal Khojamli, Javad Khazaei, Shahriar Kouravand, Gholamreza Chegini.** The Study of the Effect of the Rotational Speed and the Horizontal Distance Fingertips to Nose on the Head Losses of Wheat Stripping // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.* 2017. №. 6(5). S. 1-11.
11. **Patent na poleznuyu model' №172995 Rossiya, MPK A01D41/08.** Ochyosyvayushchee ustrojstvo dlya krupnosemyannyh kul'tur / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov, N.A. Lylin, A.I. Panov, A.A. Manohina, M.A. Mosyakov, D.N. Aldoshin, A.M. Voronov. №2017116419; Opubl. 03.08.2017.

УДК 638.342

DOI 10.24411/2078-1318-2020-11186

Доктор техн. наук **В.С. ШКРАБАК**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, v.shkrabak@mail.ru)  
Доктор техн. наук **П.С.ОРЛОВ**  
(ФГБОУ ВО ЯГСХА, ps2009yasam@mail.ru)  
Канд. техн. наук **Р.В. ШКРАБАК**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, v.shkrabak@mail.ru)  
Аспирант **А.В. ШКРАБАК**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Как свидетельствует практика, подземные трубопроводы принадлежат к числу инженерных сооружений, наиболее подверженных авариям. Число подобных аварий в России на сегодняшний день исчисляется десятками тысяч. Причины их многообразны, однако не менее трети из них объясняются электрохимической коррозией. Последствия аварии можно разделить на две группы:

- экономический ущерб, обусловленный потерей транспортируемого продукта и приостановкой выпуска продукции;
- вред, наносимый экологии и инфраструктуре населенных пунктов и предприятий.

Среди различных типов коррозии видное место занимает межкристаллитная, а одним из средств сбережения подземных трубопроводов является катодная защита, которая может снизить скорость коррозии с 0,3 – 1 мм в год до 0,01 – 0,001 мм в год [1, 2, 3, 4], то есть на несколько порядков.

### **Цели исследований:**

- изучить причины и обстоятельства низкой эксплуатационной надёжности подземных трубопроводов различных систем АПК и других видов экономической деятельности;
- рассмотреть теоретические положения проблемы и на этой основе предложить методы и средства ее решения.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Стресс–коррозионное разрушение металла (водородное растрескивание под напряжением) обуславливает до 50% аварий магистральных газопроводов. Область распространения стресс-коррозионных трещин длиной 5–10 мм пролегает вдоль оси по нижней образующей трубы, формируя магистральные продольные трещины. Они приводят к разрыву газопровода, что, в свою очередь, влечет взрывы газа и возгорания. Отказы магистральных газопроводов по упомянутой причине сейчас в России отнюдь не редкость, и, соответственно, повышается вероятность травм обслуживающего персонала и сельского населения, проживающего в непосредственной близости от газопроводов. В целом последствия аварийных ситуаций довольно сильно различаются. При этом наблюдается значительное различие последствий аварийных ситуаций в зависимости от того, что именно перекачивается по трубе, а также от диаметров труб, марок сталей. Жидкость (например, нефть) вследствие своей несжимаемости просто разрывает металл трубы, после чего давление в ней резко падает, и размеры пораженного участка ограничиваются. Газ же при разрыве трубы еще и разворачивает стальной лист в плоскость, выкидывая его на поверхность грунта на бровку траншеи [2, 4, 5]. Эффективная борьба с упомянутыми явлениями должна подразумевать применение внутритрубной дефектоскопии, что позволяет определять вероятность отказов и оценивать риск их эксплуатации [6]. Таким образом, объектом наших исследований являются подземные трубопроводы и происходящие с ними процессы в период эксплуатации.

**Результаты исследований.** Система газораспределения является взрыво- пожаро- и травмоопасной. Основные ее опасные факторы следующие:

- наличие сжатых горючих газов;
- износ металла;
- подвижки газопроводов вследствие сезонных изменений уровня грунтовых вод и изменяющегося геологического строения грунтов по длине трубопровода;
- нарушения сплошности гидроизоляционного покрытия;
- коррозионные и механические повреждения металла;
- несовершенство системы электрохимической защиты;
- пересечение газопроводами водных преград и искусственных сооружений [2, 7].

Считается, что катодная защита особенно эффективна при отсутствии блуждающих токов, при этом ни свойства грунтов, ни климат не могут уменьшить эффективность действия катодной защиты, если только натекающий на сооружение ток достаточен для снижения потенциала защищаемого трубопровода на 0,3 В. Однако опыт показывает, что после 8–15 лет эксплуатации трубопроводы с пленочной гидроизоляцией начинают периодически разрываться. Разрыв трубопровода происходит в разных местах, однако чаще всего по нижней образующей трубы между четырьмя и восемью часами. Если в эту зону попадает продольный сварной шов или зоны технологическогогиба и догиба, то разрыв происходит на расстоянии 10–20 см от шва – в зоне догиба кромок стального листа или в вершине зоны технологическогогиба. Линия излома трубопровода в эпицентре разрушения является ступенчатой, без заметного уменьшения толщины стенок труб. Коррозионные повреждения, которые вызывают концентрацию напряжений и способствуют потере прочности стенки стальной трубы, обычно отсутствуют в эпицентре разрыва. Поэтому было высказано предположение о хрупком характере разрушения. В пользу этой гипотезы говорит и то, что твердость металла кромок в месте разрыва действительно всегда несколько выше твердости основного металла. Металл трубы по кромкам разрыва становился магнитотвердым. Данный вид разрушения получил название стресс-коррозионного. Было высказано предположение, что причиной такого поведения металла является проникновение водорода в стенку стальной трубы. Стресс-коррозию (коррозионное растрескивание металла труб под напряжением) стали наблюдать с конца 70-х годов XX в. в южных районах СССР на трубопроводах диаметром 720–1220 мм. С середины 80-х годов прошлого века коррозионное растрескивание под напряжением было отмечено в центральных и северных районах СССР [2]. Указанное явление не обнаруживалось

при исследовании труб малого диаметра, что можно объяснить иным материалом данных труб (более пластичные стали) и более низкими удельными нагрузками. Только в управлении Севергазпром с 1993 по 1995 год, при общей протяженности газопроводов 8610 км в одну нитку, произошло 7 аварий трубопроводов со сроком эксплуатации от 15 до 26 лет, идентифицированных как коррозионное растрескивание под напряжением. Из этих аварий 5 произошли на южном крыле в 1993 году, три в Республике Коми, причем две из них произошли на одном километре с интервалом в 2,5 года. На трубопроводах со сроками эксплуатации от 12 до 19 лет за тот же период произошло 6 аварий на нижнем плече и 3 аварии в Республике Коми. На всех аварийных участках трубы были выполнены с пленочной гидроизоляцией, имеющей следующий недостаток: под нее рано или поздно поступает влага даже при высоком качестве выполнения гидроизоляционных работ. При длительной эксплуатации в водонасыщенных грунтах с изменяющимся уровнем грунтовых вод (хотя бы временно в течение года) труба газопровода периодически «всплывает» (при повышении уровня грунтовых вод) и «притапливается» (при понижении уровня грунтовых вод). В итоге заземленная на боковых поверхностях трубы газопровода грунтом эластичная пленочная гидроизоляция вытягивается и сползает. Поэтому по нижней части образующей трубы появляются гофры, постепенно заполняемые грунтовыми водами. Установлено, что пик аварий по причине коррозионного растрескивания под напряжением приходится на 7–8 годы работы трубопровода при проектном сроке службы в 33 года. Таким образом, пленочная гидроизоляция не выдерживает даже половины гарантийного срока эксплуатации газопровода. К 12–13 году эксплуатации на газопровode выявляются все трещиноопасные участки и интенсивность отказов несколько снижается. Общая коррозия начинает беспокоить только после 13–15 года эксплуатации, но уже на 8–9 году выявляются очаги и участки, подверженные язвенной коррозии и биокоррозионным повреждениям [2].

В настоящее время существуют различные модели проникновения водорода в сталь. Однако строения реальных металлов, которые состоят из отдельных кристаллов, притом отличающихся друг от друга как размерами, так и ориентировкой, они не учитывают. Также внутри кристаллов нарушается строгая упорядоченность строения. Каждый кристалл состоит из разноориентированных фрагментов, состоящих, в свою очередь, из блоков с линейными размерами менее 10 мкм. В результате в металле появляются межкристаллитные, межфрагментарные и межблочные пустоты (пространства), объемы которых на 4–8 порядков меньше объемов, окружающих их кристаллов. Пустоты представляют собой в общем случае тонкий клин, утопленный острием в металл. Наибольшие кристаллы значительно меньше, нежели протяженность пустот, а входное поперечное сечение элементарного объема (основание клина) имеет очертания прямоугольника ( $b \times d$ ) нм<sup>2</sup>, расположенного на поверхности трубы. Его размеры соизмеримы с диаметром атома водорода, равного (0,05–0,09) нм. Границы между отдельными зернами (кристаллами) в металле большеугловые, достигающие десятков градусов, а между субзернами (фрагментами и блоками) малоугловые, составляющие менее одного углового градуса. Поскольку входные сечения в микрообъемы соизмеримы с параметрами кристаллической решетки, в межкристаллитных, межблочных и межфрагментарных полостях сохраняется глубокий вакуум. Из-за градиента концентраций и давлений газовой фазы вблизи поверхности металла и в межкристаллитных объемах атомы водорода буквально «заколачиваются» атмосферным давлением в межкристаллитные, межблочные и межфрагментарные пространства. Атомы других газов проникнуть в межэлементные полости структуры не могут по причине значительных собственных размеров (сечений), превышающих входные сечения микрообъемов. Атомы водорода под действием внешнего давления перемещаются в межэлементные полости до достижения одинаковой концентрации газовой фазы атомарного водорода во всех доступных объемах [2].

Уточненная математическая модель массопереноса имеет вид:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -D \cdot \left( \frac{\partial c}{\partial x} + A \frac{\partial P}{\partial x} + B \frac{\partial T}{\partial x} + C \frac{\partial \varphi}{\partial x} + C \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \cdot \partial t} \right) \cdot S \cdot M.$$

Атомы внедрившегося в твердое тело газа перемещаются в металле под действием градиентов концентрации ( $\partial c/\partial x$ ), моль/ $\text{м}^3 \times \text{м}$ , описывающего собственно диффузионный процесс или массоперенос, протекающий в соответствии с первым законом Фика;  $\partial m/\partial t$  – количество вещества  $\partial m$  г, прошедшее через площадку  $S$   $\text{м}^2$  за время  $\partial t$ , с (массоперенос), а также градиентов потенциала ( $\partial \varphi/\partial x$ ), В/м (электроперенос по Фику – Нернсту) и температуры ( $\partial T/\partial x$ ), К/м (телоперенос или энергоперенос по Фромму и Гебхарту);

где  $M$  – вес грамм – молекулы диффундирующего вещества, г/моль;

$A = (cv / RT)$ , моль / Дж;  $B = (c \cdot Q^*/RT^2)$ , моль ·  $\text{м}^3/\text{К}$ ;  $C = (c \cdot F \cdot Z^*)/(R \cdot T)$ , моль · Кл/Н ·  $\text{м}^4$  – интегральные коэффициенты;

$R = 8,3143$ , Дж/моль × К – универсальная газовая постоянная;

$F = 96487$ , Кл/моль – постоянная Фарадея;

$D$  – коэффициент диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$Z^*$  – эффективный заряд – безразмерная величина, показывающая степень «ионизации» металлоида в металле в соответствии с контактной разностью потенциалов;

$Q^*$ , Дж/моль – удельная энергия теплопереноса;

$v$  – удельный объем межкристаллитных, межфрагментарных и межблочных пространств на 1 моль водорода в металле,  $\text{м}^3/\text{моль}$ .

Предложенная математическая модель учитывает и вклад в транспорт металлоида внедрения из внешней среды в сталь градиента давления, описывающего барический перенос или перенос импульса – ( $\partial P/\partial x$ ), Па/м по Орлову, и возможность удаления водорода из стали электромагнитной обработкой:  $(\partial^2 \Phi)/(\partial x \partial t)$ , Вб/м × с [2].

Положение усугубляется применением импульсных тиристорных защитных катодных станций. Дело в том, что амплитуда защитного импульса больше чем на порядок превышает защитный потенциал подземного стального сооружения и потенциал разложения воды. Поэтому катодная защита работает всегда в режиме перезащиты (при подаче защитных импульсов), что приводит к разложению электролита (просочившейся в гофр грунтовой воды) с выделением атомарного водорода. Электрическое поле ориентирует ионизированные атомы водорода (протоны), как и Архимедова сила, по нормали к нижней образующей стенки трубы. Протоны, которые образуются при диссоциации воды, разряжаются на оголенной наружной нижней поверхности трубы, и атомарный водород проникает в металл, значительно снижая прочность стали [2].

При разрушении металла в результате наводороживания всегда четко виден свежий участок долома, а рядом – чуть потемневшая поверхность металла бывшей транскристаллитной трещины, возникшей в результате наводороживания. Долом конструкции происходит по исчерпанию запаса прочности трубопровода, когда глубина транскристаллитной трещины составит более половины толщины стенки трубы. С 1996 года на магистральных подземных газопроводах мало что изменилось. Разрыв трубы газопровода Уренгой – Центр 1 в 2016 г. произошел точно так же, как и 20 лет тому назад: на 1118 км разрушилась третья нитка газопровода «Сияние Севера». Поэтому эффективная работа системы магистральных газопроводов России возможна лишь при использовании данных внутритрубной диагностики для оценки вероятностей отказов [5, 8].

Визуальное обследование извлеченных из грунта в точках дренажа станций катодной защиты плетей газопроводов позволило выявить значительные множественные отслоения пленочного гидроизоляционного покрытия по нижней образующей трубе в зоне нахлестов гидроизоляционной ленты на предыдущий виток. Стрела провиса пленочной гидроизоляции достигает 50–75 мм. Образовавшиеся пазухи между гидроизоляцией и стенкой трубы забиты грунтом. На боковых поверхностях труб в большинстве случаев наблюдаются многочисленные локальные отслоения пленочного покрытия, не заполненные грунтом (при

отсутствии механических повреждений ленты и при не нарушенной герметичности нахлестов). Под снятым пленочным покрытием в подобных изолированных от грунта карманах чаще всего обнаруживаются локальные коррозионные повреждения стенки трубы на глубину от 3-х до 6 мм. Отслоения гидроизоляционного покрытия по верхней образующей трубопровода практически отсутствуют. Адгезия праймера в этих местах с поверхностью стали настолько высока, что при снятии пленочной гидроизоляции праймер легче отделяется от защитной пленки, чем от поверхности трубы. Такие значительные коррозионные повреждения газопровода непосредственно вблизи точки дренажа СКЗ достаточно уникальное на первый взгляд явление, поскольку после наложения защитного потенциала станцией катодной защиты (в случае повреждения гидроизоляции) происходит поляризация поверхности стальной трубы, контактирующей с увлажненным грунтом или проникшей под защитное гидроизоляционное покрытие влагой. Высокий защитный потенциал ( $-1,5 \dots -2$  В м.с.э. на расстоянии до полутора километров от точки дренажа) приводит к созданию высокого по абсолютной величине защитного поляризационного потенциала (до  $E_p = -1,2$  В), а вблизи точек дренажа станций катодной защиты и в тяжелых влажных (не сырых) грунтах значительно ниже. Поляризация поверхности трубы сдвигает равновесную электрохимическую реакцию  $Fe \leftarrow Fe^{2+} + e$  влево, а полное освобождение поверхности стали от окислов железа способствует протеканию реакции  $H^{1+} + e = H$ , что приводит к проникновению атомарного водорода в сталь с разблагороживанием электродного потенциала железа и увеличением защитного потенциала. Анализ результатов натуральных измерений потенциалов труб, проведенных на системе газопроводов, позволил выявить воронки провалов на кривых поляризационных потенциалов амплитудой от 0,2 до 0,4 В в непосредственной близости от станций катодной защиты, на расстояниях, не превышающих 100 ~ 150 метров от точек дренажа, где трубопроводы по теории уверенно защищены станцией катодной защиты. Катодная поляризация «защелачивает» прикатодный слой электролита. На поверхностях с мощным локальным повреждением гидроизоляционного покрытия из-за открытости системы рН прикатодного слоя достаточно быстро снижается до значений  $pH \approx 7$ . В местах местного незначительного отслоения гидроизоляции, где сообщение с окружающей средой затруднено, рН достаточно длительно сохраняет высокие значения:  $pH = (9-12)$ . В этом случае на поверхности металла появляются два участка с разной концентрацией протонов в электролите. Под гидроизоляцией начинает функционировать концентрационный гальванический элемент, ЭДС  $E$  которого определяет уравнение Нернста:

$$E = - 0,0592 \Delta pH,$$

и на поверхности металла трубы появляются зоны с разными потенциалами, между которыми начинает течь ток, уносящий ионы металла. Эффективно аэрируемые зоны «работают» в качестве положительных электродов источников тока, а на слабо аэрируемых поверхностях протекают электрохимические коррозионные процессы, связанные с уносом и потерей ионов железа. При поступлении на трубу отрицательных защитных импульсов от станции катодной защиты происходит частичное выравнивание потенциалов этих участков вследствие интенсивного разложения воды с выделением водорода по всей смоченной поверхности трубы. В результате коррозионные процессы замедляются, однако возбуждаются вновь в периоды пауз между отрицательными защитными импульсами [2].

Отсюда ясно, что высокоэнергоэкономичные тиристорные катодные станции не обеспечивают надлежащую защиту трубопроводов, причем как от стресс – коррозии, так и от коррозии обыкновенной. Следует отметить, что в результате стресс – коррозии происходит чисто механическое разрушение металла наводороженной трубы, вызванной подвижками тела трубы как в плане, так и по высоте вследствие приложения к трубопроводу внешних нагрузок в результате сезонных изменений уровня грунтовых вод. Поэтому этот вид разрушения фактически является водородным растрескиванием. Для обеспечения эффективности катодной защиты подземных трубопроводов авторы предлагают осуществлять управление защитным потенциалом и защитным током катодной станции с помощью магнитных

усилителей, что позволит значительно замедлить коррозионные процессы, уменьшив амплитуду пульсаций выходного напряжения и тока СКЗ [2].

В соответствии с теорией катодной защиты плотность защитного тока должна быть от 10 до 20 мА/м<sup>2</sup> [1]. Так как ширина образовавшегося гофра по нижней образующей подземного трубопровода составляет от 5 до 10 см, то на участке трубопровода от одной катодной станции до другой катодной станции протяженностью 10 км через 7 – 8 лет эксплуатации может быть оголена площадь трубопровода  $0,1 \times 10 \times 10^3 = 1000 \text{ м}^2$ . Отсюда следует, что катодная станция для защиты подземного трубопровода от коррозии должна обеспечить защитный ток  $0,02 \times 100 = 20 \text{ А}$ .

В подтверждение изложенного проводились исследования трех ниток трубопровода диаметром 1220 мм, введенных в эксплуатацию в 1968, 1972 и в 1982 годах, и одного газопровода 1420 мм, введенного в эксплуатацию в 1978 г. (первая нитка имеет битумную гидроизоляцию, а остальные – полимерное гидроизоляционное покрытие). Параметры работы катодных станций приведены в таблице (защитный ток, выходное напряжение и сопротивление анод – труба) [2].

Таблица 1. Параметры работы СКЗ

Труба	I, А	U, В	R А–Т, Ом
1-1220б	8,0	11,0	1,38
2-1220	6,0	5,9	1,18
3-1220	17,5	12,0	0,68
4-1420	2,5	3,4	1,36

Результаты измерений параметров катодной защиты на трубопроводе 1420 мм, прослужившего всего 10 лет, подтверждают расчеты тока катодной станции: защитный ток трубопровода всего на 25% выше расчетного тока.

Полностью устранить образование гофра по нижней образующей трубы не представляется возможным при существующей полимерной гидроизоляции. Однако реально исключить перезащиту трубопровода, что практически устранит стресс-коррозию и отслоение гидроизоляции (кроме образования гофра по нижней образующей трубы), а также все коррозионные процессы под гидроизоляционным ковром. Поэтому выходное напряжение станции катодной защиты должно быть не более 12–15 В, а мощность трансформатора катодной защиты в нормальных условиях эксплуатации – не более 40–100 Вт (большие значения мощности трансформатора катодной станции предусмотрены на случай аварийного отключения питания соседней станции катодной защиты), и только в аварийных режимах ток вырастает до 50 А, а потребляемая мощность – до 750 Вт – 1 кВт.

Регулирование величины защитного тока и выбор режима работы станции катодной защиты должно осуществляться так же как и ранее, но только при помощи магнитного усилителя. Управление ими возможно с диспетчерского пульта (как и ранее управлялась тиристорная катодная станция), а мостовой двухполупериодный выпрямитель позволит получать защитный ток необходимой полярности, в то же время лишенный недостатков тиристорной схемы управления.

На рисунке представлена принципиальная схема катодной станции с управляющим магнитным усилителем МУ, где Т – понижающий трансформатор с первичной I и вторичными II и III обмотками, двухполупериодного силового (на диодах VD5 – VD8) выпрямителя, питающего линию катодной защиты трубопровода. От обмотки III трансформатора запитана линия управления МУ постоянного тока, выполненная на диодах VD1 – VD4, питающая обмотку II цепи управления магнитного усилителя. При ручном управлении изменением переменным сопротивлением R величины малого постоянного управляющего тока можно управлять силовыми токами нагрузки МУ. Для контроля работы системы катодной защиты предусмотрены вольтметр PV и амперметр PA.



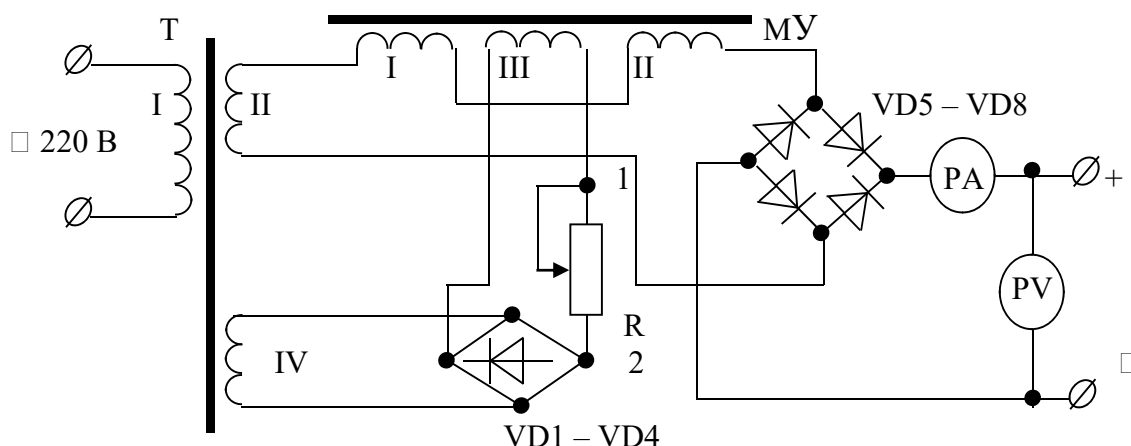


Рис. Управление режимом работы катодной станции магнитным усилителем

При малом токе управления насыщение сердечника мало, магнитная проницаемость велика и сопротивление рабочих обмоток значительно, поэтому через рабочие обмотки и нагрузку (систему катодной защиты) течет малый защитный ток. Если постоянный ток управления растет, наступает насыщение сердечника. Вследствие этого магнитная проницаемость ферромагнитного материала сердечника магнитного усилителя снижается, равно как и сопротивление его рабочих обмоток. В результате уменьшается падение напряжения на рабочих обмотках МУ и переменный ток через рабочие обмотки I и II МУ и нагрузку (защищаемый трубопровод) растет.

Для автоматизации процесса поддержания оптимальных параметров катодной защиты вместо сопротивления R необходимо установить между точками 1 и 2 схемы блока автоматического дистанционного управления.

**Выводы.** Изложенные в статье теоретические и практические положения по анализируемой проблеме при их использовании позволят практически вдвое увеличить срок эксплуатации подземных трубопроводов. Благодаря этому резко снижается вероятность аварий на трубопроводах и повышается эффективность работ за счёт сокращения расходов на ликвидацию последствий и приостановку работы трубопроводной сети в зоне аварий и катастроф.

#### Литература

1. Бэкман В., Швенк В. Катодная защита от коррозии. – М.: Металлургия, 1984. – 496 с.
2. Голдобина Л.А., Шкрабак В.С., Орлов П.С. Предупреждение аварий и катастроф на катоднозащищенных подземных трубопроводах бесконтактными методами идентификации коррозионного разрушения: монография. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2012. – 202 с.
3. Голдобина Л.А., Орлов П.С. Анализ причин коррозионных разрушений подземных трубопроводов и новые решения повышения стойкости стали к коррозии // Записки горного института. – 2016. – Т.219. – С. 198-205.
4. Голдобина Л.А., Орлов П.С. Пути снижения аварийности на подземных трубопроводах коммунального хозяйства // Инновационные процессы в сфере сервиса: проблемы и перспективы: сборник научных трудов по результатам II Международной научно – практической конференции (16 июня 2010 г.). – СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2010. – Т.2. – С. 296-300.

5. **Буклешев Д.О., Сумарченкова И.А., Яговкин А.Г.** Лабораторные исследования свойств металла околошовных зон для оценки безопасности эксплуатации магистральных газопроводов // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 3. – С.22-26.
6. **Варламов Д.П., Канайкин В.А., Матвиенко А.Ф., Стеклов О.И.** Мониторинг дефектности и прогноз состояния магистральных газопроводов России. – Екатеринбург: Уральский центр академического обслуживания, 2012. – 250 с.
7. **Ермоленко Ю.Г., Большаков А.М., Черемкин М.К.** О техническом состоянии магистральных газопроводов Якутии // Безопасность труда в промышленности. – 2003. – № 10. – С. 5-7.
8. **Орлов П.С.** Механизм проникновения водорода в стенку стальной трубы // Надежность и диагностика газопроводных конструкций: сборник научных трудов РАО Газпром, ВНИИГАЗ. – М., 1996. – С. 164-173.

#### Literatura

1. **Bekman V., SHvenk V.** Katodnaya zashchita ot korrozii. – М.: Metallurgiya, 1984. – 496 s.
2. **Goldobina L.A., SHkrabak V.S., Orlov P.S.** Preduprezhdenie avarij i katastrof na katodnozashchishchennyh podzemnyh truboprovodah beskontaktnymi metodami identifikacii korrozionnogo razrusheniya: monografiya. – Yaroslavl': FGBOU VPO «Yaroslavskaya GSKHA», 2012. – 202 s.
3. **Goldobina L.A., Orlov P.S.** Analiz prichin korrozionnyh razrushenij podzemnyh truboprovodov i novye resheniya povysheniya stojkosti stali k korrozii // Zapiski gornogo instituta. – 2016. – Т.219. – С. 198-205.
4. **Goldobina L.A., Orlov P.S.** Puti snizheniya avarijnosti na podzemnyh truboprovodah kommunal'nogo hozyajstva // Innovacionnye processy v sfere servisa: problemy i perspektivy: sbornik nauchnyh trudov po rezul'tatam II Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoy konferencii (16 iyunya 2010 g.). – SPb.: Izd-vo SPBGUSE, 2010. – Т.2. – С. 296-300.
5. **Bukleshev D.O., Sumarchenkova I.A., YAgovkin A.G.** Laboratornye issledovaniya svojstv metalla okoloshovnyh zon dlya ocenki bezopasnosti ekspluatatsii magistral'nyh gazoprovodov // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2019. – № 3. – С.22-26.
6. **Varlamov D.P., Kanajkin V.A., Matvienko A.F., Steklov O.I.** Monitoring defektnosti i prognoz sostoyaniya magistral'nyh gazoprovodov Rossii. – Ekaterinburg: Ural'skij centr akademicheskogo obsluzhivaniya, 2012. – 250 s.
7. **Ermolenko YU.G., Bol'shakov A.M., CHeremkin M.K.** O tekhnicheskom sostoyanii magistral'nyh gazoprovodov YAkutii // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2003. – № 10. – С. 5-7.
8. **Orlov P.S.** Mekhanizm proniknoveniya vodoroda v stenu stal'noj truby // Nadezhnost' i diagnostika gazoprovodnyh konstrukcij: sbornik nauchnyh trudov RAO Gazprom, VNIIGAZ. – М., 1996. – С. 164-173.

С. 9

**ИЗУЧЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В КИТАЕ**Доктор биологических наук **Н.М. НАЙДА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: nayda.nad@yandex.ru)

Доктор сельскохозяйственных наук **Н.А. ЦЫГАНОВА**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: nats-2012y@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

**Ключевые слова:** лекарственные растения, традиционная китайская медицина (ТКМ), химический состав, исследования, изучение, виды, возделывание

Опыт применения лекарственных растений в Китае насчитывает несколько тысячелетий, а культивирование лекарственных растений началось в VII-X вв. н.э. В Китае постоянно использовали традиционную медицину, развивали ее, изучали методы, но активное возрождение традиционной китайской медицины (ТКМ) началось с середины XX в. Ежегодно в Китае проходят различные международные симпозиумы и конференции по сельскому хозяйству, в т.ч. и по вопросам лекарственных растений. Так, в ноябре 2019 г. в городе Чэнду провинции Сычуань состоялся «Шестой Глобальный Форум лидеров сельскохозяйственной науки и технологии» и «Второй международный симпозиум по лекарственным растениям», участниками которых были представители Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Ученые разных стран поделились информацией и обменялись опытом в области растениеводства, экологии и др.

В последние годы исследовательский центр ТКМ научно-исследовательского института технических культур Сычуаньской Академии наук особое внимание уделяет видам рода *Ligusticum*. Изучено влияние различных удобрений на содержание действующих веществ в растениях, способы вегетативного размножения, технологии возделывания на разных типах почвы, содержание кадмия и других тяжелых металлов в сырье. Выведены сорта *Ligusticum* и получены сертификаты на них.

Сложившиеся партнерские отношения между Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом и научно-исследовательским институтом технических культур (г. Чэнду, провинция Сычуань, КНР) предполагают активное проведение совместных исследований, тематических конференций и выставок.

Р. 9

**STUDY OF MEDICINAL PLANTS IN CHINA**Doctor of Biological Sciences **N.M. NAYDA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: nayda.nad@yandex.ru)

Doctor of Agricultural Sciences **N.A. TSYGANOVA**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: nats-2012y@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

**Keywords:** medicinal plants, traditional Chinese medicine (TCM), chemical composition, research, study, species, cultivation

The experience in application of medicinal plants in China goes back several millennia, and the cultivation of medicinal plants began in the VII-X centuries A.D. In China, traditional medicine was constantly used, developed, and studied, but the active revival of traditional Chinese medicine (TCM) began in the middle of the XX century. Every year, various international symposia and conferences on agriculture, including on medicinal plants, are held in China annually. In November 2019, the Sixth Global Forum of

Leaders for Agricultural Science and Technology (GLAST-2019) and the Second International Symposium on Medicinal Plants were held in Chengdu, Sichuan province (China). The representatives from Saint Petersburg State Agrarian University participated in these events. Scientists of different countries shared information and exchanged experience in the field of crop production, ecology, etc.

In recent years, the TCM Research Center of Industrial Crops Research Institute of Sichuan Academy of Agricultural Sciences has paid special attention to species of the genus *Ligusticum*. The influence of various fertilizers on the content of active substances in plants, methods of vegetative reproduction, cultivation technology on different types of soil, content of cadmium and other heavy metals in raw materials have been studied. *Ligusticum* variety has been produced and a certificate for it has been obtained.

The established partnership between Saint-Petersburg State Agrarian University and Industrial Crops Research Institute of Sichuan Academy of Agricultural Sciences (Chengdu, Sichuan Province) suppose an active conduct of joint research, thematic conferences and exhibitions.

C. 14

### **УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ И КАЧЕСТВО СЫРЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СКАШИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Доктор сельскохозяйственных наук **Н.А. ДОНСКИХ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: nina-donskikh@mail.ru)

Аспирант **А.А. ЛОЗОВОЙ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: lozovoy.a.a@hotmail.com)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: злаковые травостои, качество сырья, срок скашивания, урожайность, динамика питательных веществ, фазы вегетации*

Для многолетних злаковых трав, характеризующихся быстрой скоростью прохождения фаз развития и динамичностью содержания в них питательных веществ, установление оптимального срока скашивания является важной проблемой, поскольку, по данным ряда ученых, питательность сырья с каждым днем снижается на 1% по сравнению с оптимальным сроком. Окончательным критерием, определяющим период проведения укосов, является фаза развития растений, при которой обеспечивается максимальный сбор с единицы площади кормопротеиновых единиц и обменной энергии корма. Исследования по установлению оптимального срока скашивания проводились в течение 3 лет (2017-2019 гг.) на опытном поле СПбГАУ на дерново-подзолистой почве. Установлено, что срок проведения скашивания злаковых травостоев, созданных на основе самых широко используемых в Ленинградской области видов, влияет как на выход общего урожая, так и на качество получаемых кормов, как в год их пользования, так и в последующие годы. Скашивание травостоев в поздние сроки ведет к значительному снижению питательных свойств полученного сырья. Слишком ранняя уборка также нежелательна, так как она обеспечивает недобор сухого вещества и накопление повышенного количества нитратов.

Оптимальный срок скашивания напрямую зависит от погодных условий региона: в условиях гидротермального стресса при жаркой и сухой погоде происходит быстрый переход злаковых растений в генеративную фазу, что существенно снижает их урожайность. Для исключения недобора высокопитательного сырья необходимо в каждом хозяйстве создавать систему травостоев на основе видов, различающихся по скорости прохождения фаз вегетации.

P. 14

**YIELD OF PERENNIAL CEREAL GRASS STANDS AND RAW MATERIALS QUALITY  
DEPENDING ON THE MOWING PERIOD IN THE CONDITIONS OF LENINGRAD REGION**Doctor of Agricultural Sciences **N.A. DONSKIKH**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: nina-donskikh@mail.ru)Postgraduate Student **A.A. LOZOVY**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: lozovoy.a.a@hotmail.com)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: cereal grass stands, quality of raw materials, mowing period, productivity, dynamics of nutrients, vegetation phases*

For perennial cereal grasses, characterized by a fast speed of developmental phases and a dynamic content of nutrients in them, the establishment of an optimal mowing period is an important problem, since according to some scientists, the nutritional value of raw materials decreases by 1% every day compared to the optimal period. The final criterion that determines the period of mowing is the phase of plant development, which ensures the maximum collection per unit area of fodder protein units and the exchange energy of the feed. Studies to establish the optimal mowing period were carried out for three years (2017-2019) in the experimental field of St. Petersburg State Agrarian University on sod-podzolic soil. It has been established that the period for mowing cereal grass stands created on the basis of the most widely used species in the Leningrad Region affects both the yield of the total crop and the quality of the obtained feed both in the year of their use and in subsequent years. Grass stands mowing in the later stages leads to a significant reduction in the nutritional properties of the obtained raw materials. Too early harvesting is also undesirable, as it provides a shortage of dry matter and the accumulation of an increased amount of nitrates.

The optimal mowing period directly depends on the weather conditions of the region: in conditions of hydrothermal stress during hot and dry weather, cereal plants quickly transfer to the generative phase, which significantly reduces their productivity. To eliminate the shortage of highly nutritious raw materials, it is necessary in each farm to create a system of grass stands based on species that differ in the rate of passage of the vegetation phases.

C. 20

**НАКОПЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ЛИСТЬЯМИ ЦИКОРНОГО САЛАТА ЭНДИВИЯ  
(*CICHORIUM ENDIVIA L.*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ  
И СРОКОВ ПОСАДКИ**Заведующая лабораторией **Т.А. ЛАВРИЩЕВА**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: ta.lavrishcheva@yandex.ru)Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Г.С. ОСИПОВА**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: e-mail: prof.osipova@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: эндивий, схема посадки, площадь питания, хлорофилл, каротиноиды*

В плёночных теплицах на 4 сортах салата цикорного: Frisse grosse pommat seule, Миледи, Весенний и Ред Болл изучалось влияние различных схем размещения растений (20x15, 20x20 и 20x30 см) на накопление пигментов листьями цикорного салата эндивия (*Cichorium Endivia l.*) в зависимости от площади питания и сроков посадки. В листьях определяли содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов. Проведённые исследования показали, что накопление пигментов листьями растений в большой степени зависело от сортовых особенностей салата цикорного. Различные сорта эндивия по-разному реагировали на изменение площади питания и сроки посадки. Было выявлено,

что ни площадь питания, ни сортовые особенности эндивия существенно не отразились на величине отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, это позволяет предположить, что изучаемые факторы не оказывают влияния на светособирающий комплекс тилакоидных мембран исследуемых сортов эндивия. Сроки посадки растений повлияли на накопление растениями хлорофилла и каротиноидов. Растения сорта Frisse grosse pommat seule во всех вариантах в весеннем обороте накапливали пигменты сильнее (в 1,8-3,3 раза), чем растения, выращенные в осеннем обороте.

P. 20

#### **THE PIGMENTS ACCUMULATION IN ENDIVE LEAVES (CICHORIUM ENDIVIA L.) DEPENDING ON THE NUTRITION AREA AND PLANTING TIME**

Head of Laboratory **T.A. LAVRISHCHEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg state Agrarian University», e-mail: ta.lavrishcheva@yandex.ru)

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **G.S. OSIPOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: prof.osipova@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2

*Keywords: endive, planting scheme, feeding area, dry matter, sugars, ascorbic acid, nitrates*

In the greenhouses on 4 varieties of cycora lettuce (Frisse grosse pommat seule, Milady, Veseny, and Red Ball) the influence of different planting schemes (20x15, 20x20 and 20x30 cm) on the accumulation of pigments by leaves of cycora endivia lettuce (*Cichorium Endivia l.*) depending on the feeding area and planting time was studied. The content of chlorophylls *a*, *b*, and carotenoids was determined in the leaves. Studies have shown that the accumulation of pigments in the leaves of plants was largely dependent on the varietal characteristics of the cycora salad. Different varieties of endive reacted differently to changes in the feeding area and planting times. It was found that neither the feeding area nor the varietal characteristics of endive significantly affected the value of the ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b*., this suggests that the studied factors do not affect the light-absorbing complex of the thylacoid membranes of the endive varieties under study. The timing of planting affected the accumulation of chlorophyll and carotenoids in plants. Plants of the Frisse grosse pomat seule variety in all variants accumulated pigments stronger (in 1.8-3.3 times) in the spring turn than plants grown in the autumn turn.

C. 26

#### **ДИНАМИКА АГРОЦЕНОЗА ГОРЧИЦЫ САЛАТНОЙ ПРИ НАПРАВЛЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ**

Кандидат сельскохозяйственных наук **С.Я. МУХОРТОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»)

Аспирант **И.Б. ТИХОМИРОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»,  
e-mail: muhortovtomat@mail.ru)

394087, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1

*Ключевые слова: горчица салатная, сорта, схема размещения растений, норма высева семян, регуляторы роста, предпосевная обработка семян, сроки посева, глубина посева*

Авторы провели исследования по определению оптимальных параметров технологии выращивания семян горчицы. В задачи исследований входило выявление влияния схем размещения растений (45×10 см (контроль); 35×10 см; (50+20)×10 см; (50+20+20)×10 см), норм высева (2,0 кг/га; 2,5 кг/га; 3,0 кг/га; 3,5 кг/га), сроков (3 декада апреля; 1 декада мая; 2 декада мая; 3 декада мая) и

глубины посева (1 см; 2 см; 3 см; 4 см), предпосевной обработки семян регуляторами роста (альбит – 0,4%, агат-25К – 1%, циркон – 0,5%, перекись водорода – 0,3%, эпин (экстра) – 0,1%) на семенную продуктивность разных сортов (Прима, Волнушка) горчицы. Исследования проведены в лесостепи Воронежской области в 2006-2008 гг. и 2013-2014 гг. по общепринятым методикам. Проведенные эксперименты позволили сделать следующие выводы: для сорта Волнушка оптимальными параметрами технологии выращивания будут: расход семян 2,0 кг/га при схеме размещения растений (50+20)×10 см, обработка семян альбитом (0,4%) в течение 1 часа при сроке посева в первую декаду мая на глубину 1-2 см, обработка семенных растений 10% раствором аммиачной селитры за две-три недели до уборки и раствором ПВА в дозе 200 кг/га за неделю до уборки; для сорта Прима оптимальными параметрами технологии выращивания будут: расход семян 2,0 кг/га при схеме размещения растений (50+20)×10 см, обработка семян цирконом (0,5%) в течение 1 часа при сроке посева в первую декаду мая на глубину 2 см, обработка семенных растений 10% раствором аммиачной селитры за две-три недели до уборки и раствором ПВА в дозе 200 кг/га за неделю до уборки.

P. 26

### **DYNAMICS OF MUSTARD AGROCENOSIS WHEN THE DIRECTIONAL ELEMENTS CHANGE IN CULTIVATION TECHNOLOGY**

Candidate of Agricultural Sciences **S.YA. MUKHORTOV**

(Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great)

Postgraduate Student **I.B. TIKHOMIROVA**

(Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, e-mail: muhortovtomat@mail.ru)  
394087, Russian Federation, Voronezh, Michurina str., 1

*Keywords: mustard, varieties, plant layout, seeding rate, growth regulators, pre-sowing seed treatment, terms of sowing, depth of sowing*

The authors conducted a study to determine the optimal parameters of cultivation technology of mustard seeds. The objectives of the research was to identify the impact of plant layout (45×10cm (control); 35×10cm; (50+20)×10cm; (50+20+20)×10 cm), seeding rate (2.0 kg/ha; 2.5 kg/ha; 3.0 kg/ha; 3.5 kg/ha), timing (3 decade of April; 1st decade of May; 2nd decade of May; 3rd decade of may) and seeding depth (1 cm; 2 cm; 3 cm; 4 cm), pre-sowing seed treatment with growth regulators (albite – 0.4%, agat-25K – 1%, zircon – 0.5%, hydrogen peroxide – 0.3%, epin (extra) – 0,1%) on the seed productivity of different varieties (Prima, Volnushka) mustard. Studies conducted in forest-steppe of the Voronezh region in 2006-2008 and 2013-2014 by generally accepted methodologies. The experiments allowed to draw the following conclusions: for variety a Volnushka the optimal parameters of cultivation technology are the consumption of seeds 2.0 kg/ha in the plant layout (50+20)×10 cm, seed treatment with albit (0,4%) for 1 hour at sowing in the first decade of May at a depth of 1-2 cm, processing of seed plants, 10%-s ' solution of ammonium nitrate for two or three weeks before harvest and a solution of PVA at a dose of 200 kg/ha a week before harvest; for variety a Prima the optimal parameters of cultivation technology are the consumption of seeds 2.0 kg/ha in the plant layout (50+20)×10 cm, seed treatment of zircon (0.5%) for 1 hour at sowing time in early May to a depth of 2 cm, seed processing plants 10% solution of ammonium nitrate for two or three weeks before harvest and solution of PVA in the amount of 200 kg/ha a week before harvest.

C. 32

### **АПРОБАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Доктор сельскохозяйственных наук **Г.П. АТРОЩЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: atoschenko-G.P@mail.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **С.Ф. ЛОГИНОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: svetaevadi@mail.ru)

Аспирант **А.И. КОШМАН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: alena.koshman.94@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: голубика высокорослая, апробационные признаки, зимостойкость*

В статье приведены результаты описания 22 апробационных признаков голубики высокорослой по морфологическим и биологическим свойствам в условиях Ленинградской области. Исследования проводили в 2016-2019 гг. в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Объектами исследований являлись 11 сортов голубики высокорослой различного эколого-географического происхождения: Блюкроп, *Bluecrop* (США), Блюголд, *Bluegold* (США), Бонус, *Bonus* (США), Бригитта Блю, *Brigitta Blue* (Австралия), Дениз Блю, *Denise blue* (Австралия), Река, *Reka* (Новая Зеландия), Спартан, *Spartan* (США), Торо, *Toro* (США), Элизабет, *Elizabeth* (США), Эллиот, *Elliott* (США), Эрлиблю, *Earliblue* (США). В результате описания апробационных признаков установлено, что все изучаемые сорта голубики высокорослой формируют надземную вегетативную сферу и ягоды на кустах. Половина изучаемых сортов имеют перспективу выращивания в любительском садоводстве. Не рекомендуется выращивать сорта голубики высокорослой по апробационным признакам: время созревания ягод на приросте предыдущего года (позднее) – Бонус, Бригитта Блю, Элизабет, Эллиот; зимостойкость (низкая) – Бригитта Блю, Эрлиблю.

P. 32

#### APPROBATION CHARACTERISTICS OF THE Highbush BLUEBERRY VARIETIES UNDER CONDITIONS OF LENINGRAD REGION

Doctor of Agricultural Sciences **G.P. ATROSHCHENKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: atoschenko-G.P@mail.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **S.F. LOGINOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: svetaevadi@mail.ru)

Postgraduate Student **A.I. KOSHMAN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: alena.koshman.94@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: highbush blueberry, approbation characteristics, winter resistance*

The article presents the results of the description of 22 approbation characteristics of highbush blueberry according to morphological and biological properties under conditions of Leningrad region. The research was carried out in 2016-2019 in the educational and experimental garden of St. Petersburg State Agrarian University. The objects of research were 11 varieties of highbush blueberry of various ecological and geographical origin: Bluecrop (USA), Bluegold (USA), Bonus (USA), Brigitta Blue (Australia), Denise blue (Australia), Reka (New Zealand), Spartan (USA), Toro (USA), Elizabeth (USA), Elliott (USA), Earliblue (USA). As a result of the description of the approbation characteristics, it was established that all the studied varieties of highbush blueberry form the aerial vegetative sphere and berries on the bushes. Half of the studied varieties have the prospect of growing in amateur gardening. It is not recommended to grow highbush blueberry varieties for testing purposes: the ripening time of berries on the growth of the previous year (later) - Bonus, Brigitte Blue, Elizabeth, Elliot; winter hardiness (low) - Brigitte Blue, Erlibleue.



С. 39

**ВИШНИ РОССИИ**Доктор биологических наук **А.А. ЮШЕВ**

(Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), e-mail: a.yushev@vir.nw.ru)

Кандидат биологических наук **С.Ю. ОРЛОВА**

(Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), e-mail: s.orlova@vir.nw.ru)

190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42-44

*Ключевые слова: историческая информация, регионы, происхождение сортов, селекция*

Вишня – широко распространенная косточковая культура в России. Ее возделывают от западных границ до Дальнего Востока и от Северо-Запада РФ до Кавказских гор. В древней Руси она известна с конца XV – начала XVI вв., когда ее уже выращивали первоначально в Московии, Владимирской, Новгородской и Псковской губерниях. Распространяясь по стране, она затем получила признание населения Средней России, а также на периферийных территориях. В суровых условиях Урала, Поволжья, Западной Сибири формировался местный зимостойкий сортимент на основе морозостойкого вида *Cerasus fruticosa* Pall. На Дальнем Востоке основным видом, используемым в селекции, был *Cerasus tomentosa* Thunb. Расцвет культуры вишни пришелся на XX век. В результате отечественной селекции были выведены очень многие сорта для Средней России. Во II половине XX столетия возникла проблема выведения генотипов, устойчивых к новой для России болезни косточковых плодовых культур – коккомикозу (*Coccomyces hiemalis* Higg.). Несмотря на существенные достижения отечественной селекции, вишня в России переживает период депрессии, обусловленный рядом факторов. Полагаем, что такая ситуация должна измениться, и былая слава вишневых садов России возвратится.

Р. 39

**CHERRIES OF RUSSIA**Doctor of Biological Sciences **A.A. YUSHEV**

(N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), e-mail: a.yushev@vir.nw.ru)

Candidate of Biological Sciences **S.YU. ORLOVA**

(N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), e-mail: s.orlova@vir.nw.ru)

190000, Russian Federation, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str.t, 42- 44

*Keywords: historical information, regions, the origin of the varieties, selection*

Cherry is a widespread stone fruit crops in Russia. It is cultivated from the Western borders to the Far East and from the North-West of the Russian Federation to the Caucasus mountains. In ancient Russia, it is known from the late XV – early XVI centuries, initially in Muscovy, Vladimir, Novgorod and Pskov provinces. Spreading further across the country, it was then recognized by the population of Central Russia, as well as in the peripheral territories. In severe conditions of the Urals, the Volga region and Western Siberia, a local – winter –resistant assortment was formed on the basis of the hardy species *Cerasus fruticosa* Pall. In the Far East species used in breeding was *Cerasus tomentosa* Thunb. Cherry culture flourished in Russia in the twentieth century. As a result of breeding, many varieties were bred for Central Russia, as well as for other regions of the country. In the second half of the twentieth century there was a problem of breeding genotypes resistant to a new disease for Russia stone fruit crops – coccomycosis (*Coccomyces hiemalis* Higg.). Despite significant achievements in breeding, cherry in Russia is experiencing a period of depression due to a number of factors. However, this situation must change and the former glory of cherry orchards in Russia will be revived.

С. 45

### НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кандидат сельскохозяйственных наук **Н.А. ЧАЛАЯ**

(ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)», n.chalaya@vir.nw.ru)  
190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42-44.

Доктор биологических наук **С.Д. КИРУ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: s.kiru53@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: картофель, сорт, продуктивность, содержание крахмала, вкусовые качества клубней*

Картофель возделывается во всех 12 агроклиматических регионах Российской Федерации и является одной из важнейших продовольственных культур. В статье представлены результаты трехлетнего изучения 35 сортов, созданных в разных регионах России. Проведена сравнительная оценка с сортами-стандартами, районированными по данному региону. Выделены сорта с повышенными показателями: продуктивность, товарность, содержание крахмала, вкусовые качества вареных клубней. Исследования проводились в 2016-2018 гг. на опытных участках Научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в г. Пушкин (СПб). По результатам сравнительного изучения продуктивность исследуемых сортов значительно отличалась в зависимости от года. В 2016-2017 гг. из-за обилия осадков в июле-августе урожайность большинства сортов оказалась меньше или на уровне сортов-стандартов. Независимо от погодных факторов стабильную урожайность имели сорта: Метеор, Гулливер, Антонина, Люкс, Ирбитский, Танай, Кемеровчанин, Гусар, Колобок, Златка.

В различных группах спелости выделены сорта с потенциальной урожайностью свыше 45 т/га, превышающие сорт-стандарт более чем на 10%: ранние – Метеор, Жигулевский, Антонина; среднеранние – Самба, Арлекин, Бабушка, Тулеевский, Кемеровчанин, Сафо; среднеспелые – Солнечный, Югана, Великан, Фаворит, Василек; среднепоздний – Танго. Данные сорта характеризуются высокой товарностью (до 96%). Повышенное содержание крахмала (свыше 18%) отмечено у сортов Танго, Саровский, Антонина, Югана. По вкусовым качествам вареного картофеля с оценкой более 8 баллов выделились сорта Жигулевский, Саровский, Вираз, Матушка, Арлекин, Василек, Кемеровчанин, Златка, Танго. Все сорта имеют не темнеющую мякоть после варки.

Р. 45

### NEW PERSPECTIVE RUSSIAN POTATO VARIETIES FOR NORTH-WEST REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Candidate of Agricultural Sciences **N.A. CHALAYA**

(Federal Research Center «N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)», e-mail: n.chalaya@vir.nw.ru)  
190000, Russian Federation, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya, 42-44

Doctor of Biological of Sciences **S.D. KIRU**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: s.kiru53@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: potato, variety, productivity, starch, taste qualities*

Potato is cultivated in all 12 agroclimatic regions of the Russian Federation and it is one of the most important food crops. The results of a three-year study of 35 varieties created in different regions of Russia are presented in the article. A comparative assessment is made with standard varieties zoned in this region. Varieties with increased indicators were distinguished: productivity, marketability, starch content, taste of boiled tubers. The studies were conducted in 2016-2018 at the Pushkin experimental fields VIR (St.

Petersburg). According to the results of a comparative study, the productivity of the studied varieties varied significantly depending on the year. In 2016-2017 due to the abundance of rainfall in July-August, the yield of most varieties was lower or at the level of standard varieties. Regardless of weather factors, the following varieties had stable yields: Meteor, Guliver, Antonina, Lux, Irbitsky, Tanay, Kemerovochanin, Gusar, Kolobok, Zlatka. In different ripeness groups, varieties with potential yields of more than 45 t/ha were identified, exceeding the standard variety by more than 10%: early ones - Meteor, Zhigulyovsky, Antonina; mid-early - Samba, Arlekin, Babushka, Tuleyevsky, Kemerovochanin, Safo; mid-season - Solnechny, Yugana, Velikan, Favorit, Vasilyok; medium late - Tango. These varieties are characterized by high marketability (up to 96%). The increased starch content (over 18%) was observed in the tubers of varieties Tango, Sarovsky, Antonina, Yugana. On taste quality of boiled potatoes with an assessment of more than 8 points were distinguished varieties Zhigulyovsky, Sarovsky, Virazh, Matushka, Arlekin, Vasilyok, Kemerovochanin, Zlatka, Tango. All varieties have a non-darkening flesh after cooking.

C. 50

### МОНИТОРИНГ ТЛЕЙ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МЕРИСТЕМНОГО КАРТОФЕЛЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Кандидат сельскохозяйственных наук **А.Н. КОНОНЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kan1910@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Кандидат биологических наук **М.Н. БЕРИМ**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», e-mail: berim\_m@mail.ru)  
196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

Аспирант **Т.В. БЕНДИКАЙТЕ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: tvbendi94@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: семенной картофель, тля, вирусы, мониторинг, жёлтые ловушки*

Одним из главных факторов, ограничивающих получение высоких урожаев картофеля, в том числе семенного, являются вирусные болезни. Фитовирусы снижают продуктивность растений, вызывают их вырождение и создают реальную угрозу для семеноводства картофеля не только в России, но и мире в целом. Одними из основных переносчиков вирусов картофеля являются тли (отряд *Homoptera*, сем. *Aphididae*). Такие болезни, как морщинистая и полосчатая мозаики, скручивание и закручивание листьев и некоторые другие, распространяются преимущественно или исключительно тлями. Интерес к тлям обусловлен тем, что это наиболее значимая группа переносчиков как по числу видов (около 300), так и по числу переносимых вирусов (около 200). Целью проведённых исследований явилось изучение общей картины афидной нагрузки на территории учебно-опытного сада СПбГАУ, используемой для выращивания мини клубней, полученных лабораторией микроклонального размножения картофеля.

Представлены результаты мониторинга видового состава тлей. Для учётов фитофагов использованы жёлтые сосуды Мёрике. Выявлено 13 видов тлей. Количество тлей было различным в зависимости от расположения ловушек. Большая часть особей, попавших в ловушки, относится к видам *Rhopalosiphum padi* L. (31,0%) и *Rhopalosiphum insertum* Walk. (15,4%), остальные виды были представлены единичными экземплярами. Первыми (01.07.19) появились особи *Anoecia corni* F., *Aphis grossulariae* Kalt., *Aphis idaei* Van der Goot, *Cryptomyzus galeopsidis* Kalt. и *Rhopalosiphum padi* L.

Необходим ежегодный мониторинг численности тлей при выращивании меристемного картофеля и своевременного проведения защитных мероприятий.

P. 50

**MONITORING OF APHIDS - POTENTIAL CARRIERS OF VIRUSES WHILE GROWING  
MERISTEMIC POTATOES IN LENINGRAD REGION**

Candidate of Agricultural Sciences **A.N. KONONENKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kan1910@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Candidate of Biological Sciences **M.N. BERIM**

(Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Institute of Plant Protection,  
e-mail: berim\_m@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbel'skogo shosse, 3

Postgraduate Student **T.V. BENDIKAITE**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: tvbendi94@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: seed potatoes, aphids, viruses, monitoring, yellow traps*

One of the main factors limiting the receipt of high yields of potatoes, including seed, are viral diseases. Phytoviruses reduce the productivity of plants, cause their degeneration and pose a real threat to potato seed production not only in Russia, but also in the world as a whole. One of the main carriers of potato viruses are aphids (order Homoptera, family Aphididae). Diseases such as wrinkled and banded mosaics, twisting and twisting of leaves, and some others, are spread predominantly or exclusively by aphids. Interest in aphids is due to the fact that this is the most significant group of carriers both in the number of species (about 300) and in the number of transmitted viruses (about 200). The aim of the research was to study the general picture of the aphid load on the territory of the training experimental garden of St. Petersburg State University of Agriculture, used for minitubers growing obtained by the laboratory of microclonal propagation of potatoes.

The results of the aphids species composition monitoring are presented. To account for phytophages, the yellow vessels of Merike were used. 13 species of aphids were identified. The number of aphids was different depending on the location of the traps. Most of the trapped individuals belong to the species *Rhopalosiphum padi* L. (31.0%) and *Rhopalosiphum insertum* Walk. (15.4%), the remaining species were represented by single specimens. The first (07/01/19) appeared individuals *Anoecia corni* F., *Aphis grossulariae* Kalt., *Aphis idaei* Van der Goot, *Cryptomyzus galeopsidis* Kalt. and *Rhopalosiphum padi* L.

Annual monitoring of aphid abundance is required during the cultivation of meristemic potatoes and seasonal implementation of protective measures.

C. 56

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ТОМАТА И ОГУРЦА  
ОТ ТЕПЛИЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *TRIALEURODES VAPORARIORUM* WESTW.  
(НОМОПТЕРА: АЛЕЙРОДИДАЕ)**

Аспирант **О.С. БАЛАКИРЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: 729040@list.ru)  
196001, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **В.И. ДОЛЖЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», e-mail: vid@iczg.ru)

196001, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

Кандидат сельскохозяйственных наук **Г.П. ИВАНОВА**  
 (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,  
 e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru)  
 196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

**Ключевые слова:** защищенный грунт, томат, огурец, тепличная белокрылка, микробиологические препараты

Проведено изучение биологической эффективности микробиологических препаратов Энтомит БВ, Ж и Энтомит БТ, П на имаго и личинок тепличной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westw. на томате и огурце защищённого грунта в условиях пленочных теплиц Ленинградской области. Препараты созданы на основе грамположительной, спорообразующей бактерии *Bacillus thuringiensis* (Энтомит БТ, П) и энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Энтомит БВ, Ж). Энтомит БТ, П исследовали нормах применения 2,0 кг/га и 2,5 кг/га, Энтомит БВ, Ж – 3,0 л/га. Эталоном служил инсектицид из класса неоникотиноидов Имидор, ВРК (200 г/л имидаклоприда) в норме применения 1,5 л/га.

Установлено, что микробиологические препараты серии Энтомит на фоне умеренного развития тепличной белокрылки могут сдерживать развитие фитофага на протяжении 14 суток ниже порогового уровня на томате и огурце при однократной обработке в плёночных теплицах. Наиболее высокие результаты биологической эффективности были получены при использовании Энтомита БТ, П в норме применения 2,5 кг/га и Энтомита БВ, Ж – 3,0 л/га. Более удобной для работы была жидкая форма этого препарата. По своей эффективности микробиологические препараты не уступали химическому эталону.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что микробиологические препараты Энтомит БТ, П и Энтомит БВ, Ж представляют практический интерес для дальнейшего изучения с целью расширения ассортимента биологических средств борьбы с тепличной белокрылкой на овощных культурах защищённого грунта.

P. 56

### **BIOLOGICAL MEANS OF PROTECTION OF TOMATO AND CUCUMBERS FROM GREENHOUSE WHEEL TRIALEURODES VAPORARIORUM WESTW. (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE)**

Postgraduate Student **O.S. BALAKIREVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: e-mail: 729040@list.ru)  
 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye шоссе, 2  
 Academician of the Russian Academy of Sciences,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **V.I. DOLZHENKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», Federal State Budgetary Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Plant Protection», e-mail: vid@icr.ru)  
 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye шоссе, 2  
 196608, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky шоссе, 3

Candidate of Agricultural Sciences **G.P. IVANOVA**

(Federal State Budgetary Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Plant Protection», e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru)  
 196608, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky шоссе, 3

**Keywords:** protected soil, tomato, cucumber, greenhouse whitefly, microbiological preparations

The biological effectiveness of the microbiological preparations Entomit BV, F and Entomit BT, P was studied on the imago and larvae of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westw. on a tomato and a cucumber of protected soil in the conditions of film greenhouses of the Leningrad region. The preparations are based on the gram-positive, spore-forming bacterium *Bacillus thuringiensis* (Entomit BT, P) and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Entomit BV, G). Entomite BT, P investigated the

application rates of 2.0 kg / ha and 2.5 kg / ha, Entomite BV, W - 3.0 l / ha. The standard was an insecticide from the class of neonicotinoids Imidor, VRK (200 g / l imidacloprid) with a normal application of 1.5 l / ha.

It was established that microbiological preparations of the Entomit series against the background of moderate development of the greenhouse whitefly can inhibit the development of the phytophage for 14 days below the threshold level on tomato and cucumber with a single treatment in film greenhouses. The highest biological effectiveness results were obtained when using Entomite BT, P in the normal application rate of 2.5 kg / ha and Entomite BV, W - 3.0 l / ha. The liquid form of this preparation was more convenient for work. In their effectiveness, microbiological preparations were not inferior to the chemical standard.

The results obtained allow to conclude that the microbiological preparations Entomit BT, P and Entomit BV, Zh are of practical interest for further study with the aim of expanding the range of biological agents for controlling whiteflies population in greenhouses.

C. 62

### **ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА И ОПАДЕНИЯ ПЛОДОЭЛЕМЕНТОВ ХЛОПЧАТНИКА**

Кандидат биологических наук **Ф.Н. ПИРАХУНОВА**

(Министерство здравоохранения Республики Узбекистан  
«Ташкентский Фармацевтический институт», e-mail: Farida.piroxunova@mail.ru)

Кандидат биологических наук **А.А. АБЗАЛОВ**

(Министерство здравоохранения Республики Узбекистан  
«Ташкентский Фармацевтический институт», e-mail: akmal.38@yandex.ru )

Ассистент **Я.А. РАХИМОВА**

(Министерство здравоохранения Республики Узбекистан  
«Ташкентский Фармацевтический институт», e-mail: aqitjonrahimova@gmail.com)  
100010, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Айбек, д.45

*Ключевые слова: фотосинтез, хлорофилл, сорта хлопчатника, пигмент, листья, плодозеленки*

Авторами выявлено, что с повышением уровня минерального питания усиливается интенсивность фотосинтеза. Следует отметить, что высокая фотосинтетическая деятельность растений в начальной фазе развития хлопчатника характерна сортам Наманган-34 и Бухара-102, а низкая – сорту Омад. Подобная же закономерность по интенсивности фотосинтеза сохраняется и в периоды бутонизации и цветения хлопчатника. Однако в фазу цветения интенсивность фотосинтеза, особенно при внесении высоких доз удобрений, усиливается в листьях сортов Бухара-102 и Омад, чем в листьях сорта Наманган-34.

С повышением доз минеральных удобрений от N<sub>200</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub> до N<sub>300</sub>P<sub>180</sub>K<sub>90</sub> кг/ га интенсивность фотосинтеза также повышается. Однако при дальнейшем увеличении норм минеральных удобрений до N<sub>400</sub>P<sub>240</sub>K<sub>120</sub> кг/ га интенсивность фотосинтеза повышается незначительно, видимо, высокие нормы минеральных удобрений хотя и повышают содержание хлорофилла в листьях хлопчатника, но при фотосинтезе растений включаются минимальные количества.

Использование микроэлементов меди и бора в составе азотных удобрений при различных уровнях минеральных удобрений в фазе 2-3 настоящих листьев оказало существенное влияние на содержание хлорофилла в листьях различных сортов хлопчатника. Начиная с бутонизации, особенно с фазы цветения, медь и бор повышают содержание хлорофилла в листьях всех изучаемых нами сортов, особенно сортов Бухара-102 и Омад. Аналогичные данные получены и в полевом опыте.

Таким образом, с повышением доз минеральных удобрений в фазах бутонизации и цветения увеличивается содержание хлорофилла в листьях всех изучаемых сортов, и особенно у сортов Бухара-102 и Омад. Результаты, полученные по изучению влияния доз минеральных удобрений и микроэлементов, способствовали уменьшению опадения плодозеленки и увеличению урожайности хлопчатника на 15-20% в зависимости от сортовых особенностей.

P. 62

**INFLUENCE OF MICROELEMENTS ON THE INTENSITY OF PHOTOSYNTHESIS  
AND THE FALL OF COTTON FRUIT ELEMENTS**Candidate of Biological Sciences **F.N. PIRAKHUNOVA**

(Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan

«Tashkent Pharmaceutical Institute», e-mail: Farida.piroxunova@mail.ru)

Candidate of Biological Sciences **A.A. ABZALOV**

(Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan

«Tashkent Pharmaceutical Institute», e-mail: akmal.38@yandex.ru)

Assistant **J.A. RAKHIMOVA**

(Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan

«Tashkent Pharmaceutical Institute», e-mail: yaqitjonrahimova@gmail.com)

100010, Uzbekistan, Tashkent, Aybek st., 45.

*Keywords: photosynthesis, chlorophyll, cotton varieties, pigment, leaves, fruit elements*

The authors revealed that with an increase in the level of mineral nutrition, the intensity of photosynthesis increases. It should be noted that the high photosynthetic activity of plants in the initial phase of the development of cotton is characteristic of the varieties Namangan-34 and Bukhara-102, and low - the variety Omad. A similar pattern in the intensity of photosynthesis persists during periods of budding and flowering of cotton. However, during the flowering phase, the intensity of photosynthesis, especially when high doses of fertilizers are applied, increases in the leaves of Bukhara-102 and Omad varieties than in the leaves of Namangan-34.

With increasing doses of mineral fertilizers from N 200 P120 K60 to N 300 P180 K90 kg / ha, the intensity of photosynthesis also increases. However, with a further increase in the rates of mineral fertilizers to N 400 P240 K120 kg / ha, the intensity of photosynthesis does not increase significantly, apparently high norms of mineral fertilizers although they increase the chlorophyll content in cotton leaves, but minimal amounts are included in plant photosynthesis.

The use of trace elements such as copper and boron in the composition of nitrogen fertilizers at various levels of mineral fertilizers in the phase of 2-3 real leaves, had a significant impact on the chlorophyll content in the leaves of various varieties of cotton. Starting from budding, especially from the flowering phase, copper and boron increase the chlorophyll content in the leaves of all the varieties studied by us, especially Bukhara-102 and Omad. Similar data were obtained in the field experiment. Thus, with an increase in the doses of mineral fertilizers in the budding and flowering phases, the chlorophyll content in the leaves of all studied varieties increases, and especially in the varieties Bukhara-102 and Omad.

The results obtained by studying the effect of doses of mineral fertilizers and microelements contributed to a decrease in the fall of fruit elements and an increase in cotton productivity by 15-20%, depending on varietal characteristics.

C. 69

**ДИНАМИКА ПРИРОСТА БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ В ОДНОВИДОВЫХ  
И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ НА РАЗНЫХ ФОНАХ УДОБРЕНИЙ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ**Доктор биологических наук **П.В. ЛЕКОМЦЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный гидрометеорологический университет», e-mail: pv6575@mail.ru)

192007, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79

Доктор сельскохозяйственных наук **А.А. КОМАРОВ**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-

исследовательский институт», e-mail: Zelenydar@mail.ru)

195220, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14

**Ключевые слова:** пшеница, горох, дозы азотных удобрений, биопрепараты, смешанные посевы, прирост биомассы

На основании исследований, проводимых в условиях полевых опытов на Северо-Востоке РФ, установлено, что растения пшеницы и гороха в одновидовых и смешанных посевах по-разному реагировали на возрастающие дозы азотных удобрений. Биопрепараты, применяемые как для злаковых растений (пшеницы), так и для бобовых (гороха), обеспечивали большее накопление биомассы растений, чем без инокуляции. Причем эта закономерность прослеживалась практически по всем фазам вегетации и на уровне разных доз применяемых азотных удобрений. Большие темпы накопления биомассы растений и более значимые показатели наблюдались на вариантах с использованием смешанных посадок (пшеница+горох), чем в одновидовых посевах. При этом как инокуляция семян биопрепаратами, так и возрастающие дозы азотных удобрений приводили к повышению накопления биомассы растений. Соотношение биомассы изучаемых культур в смешанных посевах по фазам вегетации показывает, что темпы её накопления на разных фазах онтогенеза значительно различаются. Повышение накопления биомассы в условиях смешанных посевов над одновидовыми посевами можно объяснить эффектом синергизма, обеспечивающим устойчивость биосистем в условиях естественных фитоценозов.

P. 69

#### **DYNAMICS OF PLANT BIOMASS GROWTH IN SINGLE-SPECIES AND MIXED CROPS ON DIFFERENT FERTILIZER BACKGROUNDS WHEN USING BIOLOGICAL PREPARATIONS**

Doctor of Biological Sciences **P.V. LEKOMTSEV**

(Russian State Hydrometeorological University, e-mail: pv6575@mail.ru)

192007, Russian Federation, Saint Petersburg, Voronezhskaya str., 79

Doctor of Agricultural Sciences **A.A. KOMAROV**

(Federal State Budget Scientific Institution «Agrophysical Research Institute»,

e-mail: Zelenydar@mail.ru)

195220, Russian Federation, Saint-Petersburg, Grazhdansky pr., 14

**Keywords:** *wheat, peas, doses of nitrogen fertilizers, biological preparations, mixed crops, biomass growth*

Based on three years of research conducted in field experiments in the North-East of the Russian Federation, it was found that wheat and pea plants in single-species and mixed crops reacted differently to increasing doses of nitrogen fertilizers. Biological preparations used for both cereals (wheat) and legumes (peas) provided a greater accumulation of plant biomass than without inoculation. Moreover, this pattern was observed in almost all phases of vegetation and at the level of different doses of nitrogen fertilizers used. Higher rates of plant biomass accumulation and more significant indicators were observed in variants using mixed plantings (wheat+peas) than in single-species crops. At the same time, both inoculation of seeds with biological products and increasing doses of nitrogen fertilizers led to an increase in the accumulation of plant biomass. The ratio of the biomass of the studied crops in mixed crops by vegetation phases shows that the rates of its accumulation at different phases of ontogeny differ significantly. The increase in biomass accumulation in mixed crops over single-species crops can be explained by the synergistic effect that ensures the stability of biosystems in natural phytocenoses.

C. 76

#### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НОВЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА РАЙОНИРОВАННЫЕ СОРТА КАРТОФЕЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ**

Доктор сельскохозяйственных наук **А.М. СПИРИДОНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,

e-mail: anatolij-spiridonov@yandex.ru)



Аспирант **П.М. БРОНШТЕЙН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: bronshtein-p-m@mail.ru) 196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: картофель, клубни, комплексные удобрения, хелаты*

Одним из методов совершенствования агротехники выращивания картофеля является применение комплексных водорастворимых хелатных удобрений. Содержащиеся в таких удобрениях микроэлементы имеют хелатную форму, которая способствует их быстрой усвояемости у растений и способствует повышению урожайности и качества продукции. В статье представлены результаты исследования воздействия комплексного минерального удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин ABC на рост и развитие районированных по Северо-Западному региону РФ сортов картофеля с различными сроками созревания. В опыте исследовались 9 сортов по 3 группам скороспелости: раннеспелые: Чароит (очень ранний), Удача, Ред Скарлетт; среднеранние: Гала, Елизавета, Памяти Осиповой; среднеспелые: Аврора, Каскад, Ладожский. Обработка удобрениями производилась в 2 этапа: предпосадочная обработка клубней водным раствором препарата Рексолин ABC и внесение Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро по достижении всходов 10 см. Концентрация внесения удобрений предполагала следующие варианты: контроль (без удобрений), 50% концентрация и 100% (рекомендуемая) концентрация применяемых препаратов. Производился биохимический анализ клубней картофеля на определение количества сухого вещества, содержание крахмала и нитратов.

По результатам опыта было выявлено положительное влияние удобрения Грин-Го 18-18-18+1,3MgO+микро и микроудобрения Рексолин ABC на урожайность и качество исследуемых сортов картофеля. Все исследуемые сорта по содержанию нитратов не превышают предельно допустимой концентрации. Лучшие показатели по урожайности отмечены у группы раннеспелых и среднеранних сортов. Выявлено повышение содержания крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля при применении удобрений. Опытные среднеспелые сорта не показали значительных результатов по урожайности, что может быть связано со сроками внесения и концентрацией используемых препаратов.

P. 76

#### ASSESSMENT OF THE IMPACT OF NEW TYPES OF FERTILIZERS ON ZONED POTATO VARIETIES OF DOMESTIC SELECTION IN THE NORTH-WEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

Doctor of Agricultural Sciences **A.M. SPIRIDONOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: anatoij-spiridonov@yandex.ru)

Postgraduate Student **P.M. BRONSHTTEIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: bronshtein-p-m@mail.ru) 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: potatoes, tubers, complex fertilizers, chelates*

One of the methods for improving the agricultural technology of growing potatoes is the use of complex water-soluble chelate fertilizers. The trace elements contained in such fertilizers have a chelated form, which contributes to their rapid digestibility in plants and helps to increase yield and product quality. The article presents the results of a study of the impact of Green-Go complex mineral fertilizer 18-18-18 + 1,3MgO + micro and microfertilizers Rexolin ABC on the growth and development of potato varieties zoned in the North-Western region of the Russian Federation with different ripening periods. In the experiment, 9 varieties were studied in 3 early maturity groups: early ripe: Charoite (very early), Udacha, Red Scarlet; Medium early: Gala, Elizaveta, Pamyati Osipovoi; mid-season Aurora, Cascade, Ladozhsky. Fertilizer treatment was carried out in 2 stages: pre-planting treatment of tubers with an aqueous solution of Rexolin ABC and the application of Green-Go 18-18-18 + 1.3MgO + micro after reaching 10 cm seedlings. The

concentration of fertilizer application suggested the following options: control (without fertilizers), 50% concentration and 100% (recommended) concentration of the drugs used. A biochemical analysis of potato tubers was carried out to determine the amount of dry matter, the content of starch and nitrates.

According to the results of the experiment, a positive effect of Green-Go fertilizer 18-18-18 + 1.3MgO + micro and micronutrient Rexolin ABC on the yield and quality of the studied potato varieties was revealed. All the studied varieties do not exceed the maximum permissible concentration in terms of nitrate content. The best yield indicators were observed in the group of early ripe and medium early varieties. An increase in the content of starch and dry matter in potato tubers with the use of fertilizers was revealed. Experienced mid-season varieties did not show significant results in yield, which may be due to the timing of application and the concentration of the preparation used.

C. 82

### **ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ОРГАВИТА И БИОЗЕМА НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И НАКОПЛЕНИЕ В НИХ НИТРАТОВ**

Доктор сельскохозяйственных наук **Л.А. ТРУСОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: trusova48@list.ru)

Аспирант **И.Ю. АЛФЁРОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: i\_rishcream@list.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: оргавит, биозем, минеральные удобрения, кабачок, картофель, пшеница*

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в полевых условиях на малом опытном поле СПБГАУ в звене севооборота кабачок – картофель – пшеница яровая. Изучали влияние оргавита и биозема на урожайность и качество культур. Результаты исследований свидетельствуют о том, что более эффективным был вариант с применением оргавита как на фоне минеральных удобрений, так и без их внесения. В год внесения удобрений максимальная урожайность кабачка была получена при внесении оргавита и составила 54,2 т/га, что было на 7,0 т/га больше, чем при внесении биозема. Действие оргавита на фоне минеральных удобрений увеличило урожайность по отношению к фону на 27%, биозема на 16%. В первый год последействия в вариантах с использованием оргавита и биозема увеличение урожайности картофеля составило 10-11%. Выявлено положительное влияние совместного использования оргавита на фоне минеральных удобрений, прибавка составила 31% к фону. В варианте биозем + фон прибавка была 15%. На второй год последействия прибавка урожайности яровой пшеницы в вариантах с оргавитом составила 10-11% по отношению к фону, с биоземом – 5-7%. В год внесения удобрений наблюдался повышенный уровень содержания нитратов в кабачках во всех вариантах с внесением минеральных удобрений, но не превышающий ПДК.

P. 82

### **THE EFFECT AND CONSEQUENCES OF ORGAVIT AND BIOSEM ON CROP YIELDS AND THE ACCUMULATION OF NITRATES IN THEM**

Doctor of Agricultural Sciences **L.A. TRUSOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: trusova48@list.ru)

Postgraduate Student **I.YU. ALFEROVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: i\_rishcream@list.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: orgavit, biozem, mineral fertilizers, zucchini, potatoes, wheat*

The research was carried out in 2017–2019 in the small experimental Saint-Petersburg State Agrarian University field. The selected crop rotation model was "zucchini – potato – spring wheat". The effect of orgavit and biozem on yield and quality of crops was studied. The research results indicate that more efficient variant was that one with the use of orgavit as on the background of mineral fertilizers as well as without their inclusion. In the year of application of fertilizers, the maximum yield of zucchini was obtained when applying orgavit and amounted to 54.2 t/ha, which was 7.0 t/ha more than when applying biozem. The effect of orgavit on the background of mineral fertilizers increased the yield relative to the background up to 27%, and the biozem up to 16%. In the first year of aftereffect the options using orgavit and biozem increase in the yield of potatoes amounted to 10-11%. The positive effect of joint use of orgavit on the background of mineral fertilizers was revealed, the increase was 31% to the background. In the biozem + background variant, the increase was 15%. In the second year of aftereffect, the increase in spring wheat yield in the variants with hardboard was 10-11% relative to the background, with biozem – 5-7%. In the year of application of fertilizers, there was an increased level of nitrate content in zucchini in all variants with the introduction of mineral fertilizers, but not exceeding the TLV.

C. 88

### **ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ КАДМИЯ, ЦИНКА И РТУТИ ПШЕНИЦЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОЧВЫ**

Кандидат биологических наук **М.А. ЕФРЕМОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: marina\_efremova@mail.ru)

Аспирант **А.А. ЛОХМАТОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: anastasiia.lokhmatova@gmail.com)

Аспирант **В.В. МИТРОФАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: v-123@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

*Ключевые слова: ртуть, кадмий, цинк, пшеница, микробиопрепарат, удельная скорость роста, удельная скорость выноса элементов растениями, почва*

В вегетационных опытах выращивали пшеницу на дерново-подзолистой почве с  $pH_{KCl}$  5,76 и минеральном техногенно образованном почвенном грунте со слабощелочной реакцией среды ( $pH_{KCl}$  7,85), искусственно загрязненных кадмием, ртутью и цинком. Проведено сравнение показателей динамики накопления тяжелых металлов пшеницей из почвенной среды на основе математической модели, предложенной В.Ф. Дричко. Динамика накопления металлов из почвы и грунта рассматривалась в условиях разной реакции почвенной среды, изменения концентрации Zn в почве, инокуляции посевного материала бактериальным препаратом Мизорин. Между Zn и Cd проявилась конкуренция при переходе из дерново-подзолистой почвы в растения пшеницы. Внесение Zn в почву способствовало снижению концентрации Cd в пшенице и уменьшению выноса этого металла растениями из почвы. Влияние Zn на накопление Hg пшеницей из почвы не обнаружено. При инокуляции семян бактериальным препаратом Мизорин проявилась тенденция увеличения массы пшеницы, удельной скорости роста культуры и выноса Zn и Cd пшеницей из дерново-подзолистой почвы. При загрязнении дерново-подзолистой почвы цинком удельная скорость выноса Cd пшеницей в экспоненциальный его период была выше, чем в контроле. В пшенице, произрастающей на почвенном грунте, содержание Cd в среднем по опыту было в 1,5 раза меньше, содержание Hg в 2 раза больше, чем в растениях на дерново-подзолистой почве. Отмечена более высокая удельная скорость выноса Cd и Hg растениями из дерново-подзолистой почвы, чем из почвогрунта.

P. 88

### **DYNAMICS OF CADMIUM, ZINC AND MERCURY ACCUMULATION BY WHEAT WHEN CHANGES IN CHEMICAL AND BIOLOGICAL FACTORS OF THE SOIL**

Candidate of Biological Sciences **M.A. EFREMOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: marina\_efremova@mail.ru)

Postgraduate Student **A.A. LOKHMATOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: anastasiia.lokhmatova@gmail.com)

Postgraduate Student **V.V. MITROFANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: v-123@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: mercury, cadmium, zinc, wheat, microbiopreparations, the specific growth rate, specific rate of elements removal by plants, soil*

In vegetation experiments, wheat was grown on sod-podzolic soil (pH<sub>KCl</sub> 5,76) and mineral technogenically formed soil with a slightly alkaline reaction (pH<sub>KCl</sub> 7,85). These soils were artificially contaminated with Cd, Hg and Zn. A comparison of indicators of the dynamics of heavy metals accumulation by wheat is made on the basis of the mathematical model proposed by V. F. Drichko. The dynamics of accumulation of metals from soil was considered under conditions of different reactions of the soil environment, changes in the concentration of Zn in the soil, and inoculation of the seed material with the bacterial preparation Mizorin. There was competition between Zn and Cd when uptake by plants from soil. Adding Zn to the soil helped to reduce the concentration of Cd in wheat. The effect of Zn on the accumulation of Hg by wheat from the sod-podzolic soil was not detected. When seeds were inoculated with the bacterial preparation Mizorin, there was a tendency to increase the biomass of wheat, the specific growth rate of the crop from the sod-podzolic soil. When sod-podzolic soil was contaminated with zinc, the specific rate of Cd removal by wheat in the exponential period was higher than in the control period. In wheat grown on technogenically formed soil, the Cd content was 1,5 times lower on average, and the Hg content was 2 times higher than on sod-podzolic soil. There was a higher specific rate of Cd and Hg accumulation by plants from sod-podzolic soil than from technogenically formed soil.

C. 96

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ И СРАБОТКИ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ**

Доктор сельскохозяйственных наук **В.П. ЦАРЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: tsarenko\_prof@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Доктор сельскохозяйственных наук **А.Н. УЛАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Вятская Государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: bolotoagro50@mail.ru)  
610017, Российская Федерация, г. Киров, Октябрьский проспект, 133

Аспирант **А.С. ГОРСКИЙ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: mishagors@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

**Ключевые слова:** торфяная почва, продуктивность культур, удельная и общая сработка торфа, монокультура, севооборот, долголетие торфяника

В статье представлены результаты мониторинга мощности и массы среднемошной торфяной почвы при бессменном возделывании различных сельскохозяйственных культур в условиях Кировской области на протяжении 41 года. Приведены данные продуктивности культур за период с 2016 по 2018 год. На основании изменения мощности и массы торфяной почвы рассчитаны вероятные сроки сработки среднемошной торфяной почвы под тремя различными культурами. Авторами наглядно показано, что при прочих равных условиях главным фактором, обуславливающим скорость сработки торфяной залежи, является количество обработок почвы при агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур. При сравнительной оценке сработки торфа и продуктивности культур целесообразно на торфяных почвах выращивать многолетние травы, и они должны быть основой кормовых севооборотов, так как при их возделывании отмечается максимальная продуктивность и минимальная сработка торфа. Возделывание пропашных культур в сравнении с многолетними травами в 1,55 раза уступает по продуктивности и практически в 3 раза превосходит скорость сработки торфяной почвы под травами. Полагаясь на полученные результаты, авторами данной статьи произведены расчеты по возможному сроку и потенциальному сбору кормовых единиц при сработки метровой толщи среднемошной торфяной почвы в условиях севооборота. Эти расчеты показали, что наиболее рациональное соотношение культур (многолетние травы; однолетние культуры; пропашные культуры) в севооборотах в условиях Кировской области является 75:20:5. Это соотношение позволит эксплуатировать метровую толщу среднемошной торфяной почвы на протяжении 149-154 лет и ежегодно получать около 4360 кормовых единиц с 1 га.

P. 96

#### **COMPARATIVE ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY AND WORKING OFF OF PEAT SOIL UNDER AGRICULTURAL CROPS DURING THEIR LONG PERMANENT CULTIVATION**

Doctor of Agricultural Sciences **V.P. TSARENKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: tsarenko\_prof@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Doctor of Agricultural Sciences **A.N. ULANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Vyatka State Agricultural Academy», e-mail: bolotoagro50@mail.ru)  
610017, Russian Federation, Kirov, October prospect, 133

Postgraduate student **A.S. GORSKY**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: mishagors@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

**Keywords:** peat soil, crop productivity, specific and total runoff of peat, monoculture, crop rotation, peat bog longevity

The article presents the results of monitoring the capacity and mass of medium-peat peat soil during permanent cultivation of various crops in the Kirov region for 41 years. The data on crop productivity for the period from 2016 to 2018 are presented. Based on the changes in the capacity and mass of peat soil, the probable dates of the release of medium-power peat soil under three different crops are calculated. The authors clearly demonstrated that, ceteris paribus, the main factor determining the rate of depletion of the peat deposit is the number of tillage during agricultural cultivation of agricultural crops. In a comparative assessment of peat working off and crop productivity, it is advisable to grow perennial grasses on peat soils, and they should be the basis of fodder crop rotation, since when cultivating them, maximum productivity and minimum peat working off are noted. The cultivation of row crops in comparison with perennial grasses is 1.55 times inferior in productivity and almost 3 times faster than the rate of production of peat soil under grasses. Relying on the results obtained, the authors of this article calculated the possible time and potential collection of fodder units when a meter thickness of medium-thick peat soil was depleted in a crop rotation. These calculations showed that the most rational ratio of crops (perennial grasses; annual crops; row crops) in crop rotation in the conditions of the Kirov region is 75: 20: 5. This ratio will allow exploiting a meter-long thickness of medium-thick peat soil for 149-154 years and receiving annually about 4360 feed units per 1 ha.

С. 103

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ**Кандидат биологических наук **Р.С. ГАМЗАЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: r.gamzaeva@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: биопрепараты, биологическая активность почвы, микромицеты, актиномицеты, уреазы, инвертаза*

В настоящее время наши теоретические познания о деятельности микроорганизмов в почве и вытекающие из них практические рекомендации по повышению плодородия почв все еще основываются на знакомстве только с небольшой частью микробного населения почвы. Поэтому изучение основной массы обитающих в почвах микроорганизмов является весьма актуальной задачей сегодняшнего дня, разрешение которой представляет большой интерес для теории и практики.

В статье приведены данные о влиянии биопрепаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих препаратов на общую биологическую и ферментативную активность дерново-подзолистой почвы при выращивании ячменя. В результате проведенных исследований выявлено, что внесение бактериальных удобрений увеличивает биогенность почвы (целлюлитическую активность, общее количество микроорганизмов, микромицетов и актиномицетов). Отмечено, что биологическая активность зависела от вида бактериального препарата и от фазы развития растений ячменя. Установлено, что численность микромицетов резко снижалась к фазе полной спелости, а актиномицетов, наоборот, возрастала. Отмечено, что бактериальные препараты значительно увеличивают активность фермента уреазы – в особенности микробиопрепарат Ризоагрин. Выявлено, что внесение бактериальных препаратов не оказало влияния на активность фермента инвертазы.

Р. 103

**QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF THE BIOLOGICAL AND ENZYMATIC ACTIVITY OF SOD-PODZOLIC SOIL WHEN USING BACTERIAL**Candidate of Biological Sciences **R.S. GAMZAYEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agricultural University», e-mail: r.gamzaeva@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: biological products, soil biological activity, micromycetes, actinomycetes, urease, invertase*

Currently, our theoretical knowledge of the activity of microorganisms in the soil and the resulting practical recommendations for hanging soil fertility are still based on familiarity with only a small part of the microbial population of the soil. Therefore, the study of the bulk of microorganisms living in soils is a very urgent task today, the resolution of which is of great interest to theory and practice.

The article presents data on the effect of biological products based on associative nitrogen-fixing preparations on the overall biological and enzymatic activity of sod-podzolic soil when growing barley. As a result of the conducted research, it was found that the application of bacterial fertilizers increases the soil biogenicity (cellulitic activity, the total number of microorganisms, micromycetes and actinomycetes). It was noted that the biological activity depended on the type of bacterial preparation and the phase of development of barley plants. It was found that the number of micromycetes sharply decreased by the full maturity phase, and actinomycetes on the contrary increased. It is noted that the bacterial preparations significantly increase the activity of the enzyme urease in particular microbiological preparation Rizoagrin. It was found that the introduction of bacterial preparations did not affect the activity of the invertase enzyme.

С. 109

**ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНА**Аспирант **С.А. ВЕРХОРУБОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: agro@spbgau.ru)  
1966601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

*Ключевые слова: почвенно-климатический потенциал, экология, устойчивое развитие сельских территорий, рейтинговые оценки, стратегии развития*

Устойчивое развитие сельских территорий – их стабильная социально-экономическая динамика, увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции и повышение эффективности отрасли в целом возможно только на основе формирования их стратегического потенциала, важнейшими элементами которого, наряду с ресурсными и технологическими составляющими, выступают почвенно-климатические и экологические характеристики и особенности. Важным концептуальным аспектом в этой связи является определение уровня стартовых возможностей, т.е. базовых элементов потенциала территории, их количественной и качественной оценки. В части влияния природных, почвенных и экологических параметров территориального потенциала проблема исследовалась крайне недостаточно, что и послужило поводом к проведению исследований, результаты которого приводятся в статье.

Целью исследования является разработка критериев и оценочных показателей природной и экологической составляющих потенциала сельских территорий и сельскохозяйственных угодий, влияющих на их устойчивое развитие.

Предметом настоящего исследования выступили теоретические и практические аспекты формирования базовых элементов потенциала сельских территорий, определяющих их стратегические возможности. Объектами исследования являются территории сельскохозяйственных районов (сельские территории) и отраслевые хозяйствующие субъекты Ленинградской области.

Обязательным условием, определяющим темпы развития сельских территорий, является ориентация на включение в оценку локального потенциала количественных параметров природно-климатических ресурсов, без учета которых невозможно добиться гармоничного взаимодействия личностных и вещественных факторов производства, особенно в аграрном секторе экономики. Поскольку апробированной методики комплексной оценки потенциала все еще нет, возникает настоятельная потребность в устранении данного пробела и, прежде всего, в отношении такой сложной почвенно-экологической части. В связи с этим предлагается использовать рейтинговый подход и оценивать территории и ситуации в соответствующих рейтингу баллах. На материалах Ленинградской области был апробирован данный подход и сделаны соответствующие расчеты. Сформированный ранжированный ряд позволяет разместить сельские территории с учетом достигнутого уровня и определиться с конкретными стратегиями их дальнейшего устойчивого развития.

Р. 109

**ASSESSMENT OF SOIL-CLIMATIC AND ECOLOGICAL POTENTIAL OF RURAL AREAS OF THE REGION**Postgraduate Student **S.A. VERKHORUBOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agricultural University», e-mail: agro@spbgau.ru)  
1966601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: soil and climatic potential, ecology, sustainable development of rural territories, ratings, development strategies*

Sustainable development of rural areas - their stable socio-economic dynamics, increasing agricultural production and increasing the efficiency of the industry as a whole is possible only on the basis of the formation of their strategic potential, the most important elements of which, along with resource and technological components, are soil-climatic and environmental characteristics and features. An important conceptual aspect in this regard is the determination of the level of starting opportunities, i.e. basic elements of the potential of the territory, their quantitative and qualitative assessment. Regarding the influence of the natural, soil, and ecological parameters of the territorial potential, the problem has been studied extremely insufficiently, which served as a reason for conducting research, the results of which are given in the article.

The aim of the study is to develop criteria and estimated indicators of the natural and environmental components of the potential of rural territories and agricultural lands that affect their sustainable development.

The subject of this study was the theoretical and practical aspects of the formation of the basic elements of the potential of rural areas that determine their strategic capabilities. The objects of research are the territories of agricultural regions (rural territories) and sectoral economic entities of the Leningrad region.

An obligatory condition that determines the pace of development of rural territories is the orientation to include in the assessment of the local potential quantitative parameters of natural and climatic resources, without which it is impossible to achieve a harmonious interaction of personal and material factors of production, especially in the agricultural sector of the economy. Since there is still no proven methodology for a comprehensive assessment of potential, there is an urgent need to fill this gap, and, first of all, in relation to such a complex soil and ecological part. In this regard, it is proposed to use a rating approach and evaluate territories and situations in points corresponding to the rating. Based on the materials of the Leningrad region, this approach was tested and the corresponding calculations were made. Formed ranked row allows you to place rural areas taking into account the achieved level and decide on specific strategies for their further sustainable development.

C. 116

### **ИСПЫТАНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛОШАДЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В 2019 ГОДУ**

**Доктор сельскохозяйственных наук Е.И. АЛЕКСЕЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: aleksevaei@list.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

**Кандидат сельскохозяйственных наук А.В. ДОРОФЕЕВА**

(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», e-mail: rustrak@mail.ru)  
391105, Российская Федерация, Рязанская область, Рыбновский район, поселок Дивово

**Кандидат сельскохозяйственных наук Т.Н. ГОЛОВИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: konikurs@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

*Ключевые слова: испытания племенных лошадей, верховые породы, молодые лошади, спортивное направление, двигательные и прыжковые качества*

Высоких достижений в различных видах конного спорта не добиться без целенаправленного тренинга лошадей. Тренинг и испытания молодняка являются составной частью селекционно-племенной работы в коннозаводстве и служат дальнейшим средством повышения качества племенной продукции, специализации и общего прогресса пород лошадей спортивного направления использования. Цель тренинга – укрепление здоровья, общее физическое развитие и совершенствование природных рабочих качеств. Цель испытаний – выявление потенциальных возможностей и оценка уровня развития этих качеств у лошади. Результаты испытаний служат критерием оценки производящего состава и отбора молодняка для использования в различных видах конного спорта, воспроизводства и экспорта.



В результате проведенных заводских испытаний молодняка лошадей спортивного направления было выявлено, что не все лошади, представленные на испытания, гармоничны и отвечают современным требованиям для верховых спортивных лошадей. Оценка экстерьера не превышала показателя 8 баллов, что свидетельствует о наличии большого числа недостатков.

За двигательные качества большинство лошадей получили высокие оценки – 8,7-9,5 балла, так как они показали отличный шаг, с хорошим захватом пространства. Некоторые лошади, обладавшие заторопленной, жесткой и непродуктивной рысью, получили невысокие оценки с колебаниями от 5,7 до 7,1 балла.

Оценка прыжковых качеств у лошадей 3-х лет колебалась от 5,5 до 8,5 балла, а у лошадей 4-х лет и старше – от 7,2 до 9,5 балла, что свидетельствует о недостаточной подготовке некоторых лошадей.

P. 116

### **FACTORY TESTS OF RIDING HORSES OF NORTHWESTERN FEDERAL DISTRICT IN 2019**

Doctor of Agricultural Sciences **E.I. ALEKSEEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: alekseevaei@list.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Candidate of Agricultural Sciences **A.V. DOROFEEVA**

(All-Russian research Institute of horse breeding, e-mail: rustrak@mail.ru)  
391105, Russian Federation, Ryazan region, Rybnovsky district, Divovo village

Candidate of Agricultural Sciences **T.N. GOLOVINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: konikurs@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: tests of breeding horses, riding breeds, young horses, sports direction, motor and jumping qualities*

High achievements in various equestrian sports cannot be achieved without focused training of horses. Training and testing of young animals are an integral part of breeding work in horse nursery in general and serve as a further means of improving the quality of horses, specialization and the general progress of horse breeds for sports use. The purpose of the training is health promotion, overall physical development and improvement of natural working qualities. The purpose of the tests is to identify potential opportunities and assess the level of development of these qualities in a horse. The test results serve as a criterion for assessing the production composition and selection of young animals for use in various equestrian sports, reproduction and export as well.

As a result of factory tests of young sports horses, it was revealed that not all horses submitted for testing are harmonious and meet modern requirements for riding sports horses. Assessment of the exterior did not exceed 8 points, which indicates the presence of a large number of shortcomings.

For motor qualities, most horses received high marks - 8.7 - 9.5 scores, as they showed an excellent step, with a good capture of space. Some horses with a rutted, stiff and unproductive trot received low marks with fluctuations from 5.7 to 7.1 scores.

Jumping assessment qualities in horses of 3 years ranged from 5.5 to 8.5 scores, and in horses of 4 years and older - from 7.2 to 9.5 scores, which indicates insufficient preparation of some horses.

C. 123

### **ОЦЕНКА КОРМОВОЙ БАЗЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЧЕЛАМИ**

Доктор сельскохозяйственных наук **О.В. ГОРЕЛИК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный аграрный университет», e-mail: olgao205en@yandex.ru)

Кандидат биологических наук **О.П. НЕВЕРОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный аграрный университет», e-mail: opneverova@mail.ru)

Кандидат биологических наук **С.Ю. ХАРЛАП**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный аграрный университет», e-mail: proffuniver@yandex.ru)  
620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

*Ключевые слова: пчелы, кормовая база, растения, медопродуктивность, палинологический анализ, монофлорный мед, полифлорный мед*

Одна из основных задач пчеловодства – получение специфических продуктов: меда, воска, пыльцы, маточного молочка, прополиса, пчелиного яда. В работе проводится анализ кормовой базы для разведения пчел в двух соседних регионах Российской Федерации – Башкортостане и Свердловской области. Установлено, что кормовая база для производства меда достаточная, но различается по цветоносам. Самые высокие показатели по медопродуктивности имеют в Башкортостане: синяк обыкновенный (325 кг/га), лук (285 кг/га), герань (192 кг/га), одуванчик (105 кг/га), донник (103 кг/га); Свердловской области: липа сердцелистная (100 кг/га), одуванчик лекарственный (105 кг/га), клевер ползучий (100-130 кг/га). Исследования палинологического анализа показали, что пчёлы по-разному используют кормовую базу и собирают нектар в основном с определенных видов растений, хотя и выявил присутствие практически всех видов растений. В меде, полученном в Башкортостане, больше было синяка обыкновенного и молочая, а в Свердловской области преимущественное содержание было за нектаром свербиги восточной, малины обыкновенной и липы сердцелистной. В Башкирии в основном производится цветочный мед с преобладанием синяка обыкновенного и молочая, а исследуемый мед, произведенный в Свердловской области, представляет собой полифлорный цветочный мед с преимущественным содержанием нектара свербиги восточной, малины обыкновенной и липы сердцелистной. Таким образом, оба региона имеют хорошую кормовую базу для разведения пчел, но она различается по цветоносам. Качественный состав меда зависит от кормовой базы и определяется не только распространенными растениями, но и приоритетом пчел относительно тех или иных видов.

P. 123

#### **ASSESSMENT OF FODDER BASE AND EFFICIENCY OF ITS USE BY BEES**

Doctor of Agricultural Sciences **O.V. GORELIK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Urals State Agrarian University», e-mail: olgao205en@yandex.ru)

Candidate of Biological Sciences **O.P. NEVEROVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Urals State Agrarian University», e-mail: opneverova@mail.ru)

Candidate of Biological Sciences **S.Yu. KHARLAP**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Urals State Agrarian University», e-mail: proffuniver@yandex.ru)  
620075, Russian Federation, Yekaterinburg, K. Libknekhta str., 42

*Keywords: bees, fodder base, plants, honey production, palynological analysis, monoflora honey, polyflora honey*

One of the main tasks of beekeeping is to obtain specific products: honey, wax, pollen, Royal jelly, propolis, bee venom. The paper analyzes the fodder base for breeding bees in two neighboring regions of the Russian Federation-Bashkortostan and Sverdlovsk region. It is established that the fodder base for the production of honey is sufficient, but differs in peduncles. The highest rates of honey production are in Bashkortostan: viper's bugloss (325 kg/ha), onion (285 kg/ha), geranium (192 kg/ha), dandelion (105 kg/ha), sweet clover (103 kg/ha); Sverdlovsk region: *tilia cordata* (small-leaved lime) (100 kg/ha), dandelion medicinal (105 kg/ha), clover creeping (100-130 kg/ha). Study of palynological analysis showed that the bees differ in the use of fodder and collect nectar mainly from certain types of plants, even though they revealed the presence of almost all types of plants. In the honey obtained in Bashkortostan was more

viper's bugloss and milkweed, and in the Sverdlovsk region the predominant content was for nectar of *bunias orientalis* (Turkish wartycabbage), raspberry and *tilia cordata* (small-leaved lime). In Bashkiria flower honey is mainly produced with a predominance of viper's bugloss and milkweed, and the honey produced in the Sverdlovsk region is a polyphlora flower honey with a predominant content of nectar *bunias orientalis* (Turkish wartycabbage), raspberry and *tilia cordata* (small-leaved lime). Thus, both regions have a good fodder base for breeding bees, but it differs in peduncles. The exact composition of honey depends on the fodder base and is determined not only by common plants, but also by the priority of bees relative to certain species

C. 130

### **ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС–РЕИНЖИНИРИНГА ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Кандидат технических наук **С.В. ГУЛИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: serg.gulin2010@yandex.ru)

Кандидат технических наук **А.Г. ПИРКИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: pirkin.ag@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

*Ключевые слова: бизнес-реинжиниринг, облучательная установка, светодиодный светильник*

Реинжиниринг является наиболее эффективным методом внедрения изменений в деятельность предпринимательских структур, т.к. обладает экономическими преимуществами по сравнению с эволюционными методами развития, в частности: увеличивает скорость внедрения изменений, значительно повышает эффективность деятельности предприятия.

Целью исследования является формирование методологии бизнес-реинжиниринга при решении задач проектирования, создания и эксплуатации электротехнологических систем, использующих современное энергосберегающее светотехническое оборудование.

В данной статье предложена универсальная методология бизнес-инжиниринга в сфере создания, эксплуатации или реинжиниринга электротехнологических систем. Предложено общее математическое выражение для определения прироста эффективности функционирования коммерческой организации при изменении ее бизнес-структуры. Сформулированы внутренние и внешние условия, при которых процесс реинжиниринга необходим.

Предложенная методология апробирована на примере перепроектирования процессов создания и эксплуатации облучательных установок для теплиц нового поколения с интеллектуальной системой досвечивания. Такие теплицы позволяют выращивать овощи круглогодично.

P. 130

### **FEATURES OF BUSINESS REENGINEERING DURING ELECTRICAL EQUIPMENT CREATION AND OPERATION**

Candidate of Technical Sciences **S.V. GULIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: serg.gulin2010@yandex.ru)

Candidate of Technical Sciences **A.G. PIRKIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: pirkin.ag@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: business reengineering, irradiation installation, LED lamp*

Reengineering is the most effective method of introducing changes in the activities of business entities, as it has economic advantages compared with evolutionary methods of development, in particular: it increases the speed of changes implementation, significantly increases the efficiency of the enterprise.

The aim of the study is the formation of a business reengineering methodology for solving the problems of designing, creating and operating of electrotechnological systems using modern energy-saving lighting equipment.

This article proposes a universal methodology for business engineering in the field of creation, operation or reengineering of electrotechnological systems. A general mathematical expression is proposed to determine the increase in the efficiency of the functioning of a commercial organization when its business structure changes. The internal and external conditions are formulated under which the reengineering process is necessary.

The proposed methodology has been tested on the example of redesigning the processes of creating and operating irradiation plants for new generation greenhouses with an intelligent re-illumination system. Such greenhouses allow to grow vegetables all year-round.

C. 137

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАГНИТООЖИЖЕННОМ СЛОЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРОВ**

Доктор технических наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: [mysnegana@mail.ru](mailto:mysnegana@mail.ru))

Кандидат технических наук **В.С. ВОЛКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: [vol9795@yandex.ru](mailto:vol9795@yandex.ru))

Аспирант **Х.А. АБДУРАХМАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: [hasanjon-93@mail.ru](mailto:hasanjon-93@mail.ru))  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

*Ключевые слова: электромеханический диспергатор, магнитоожигенный слой, физико-механические процессы*

На основании анализа способов измельчения в мельницах технологических систем АПК выявлено, что получение однородного гранулометрического состава перерабатываемого материала в одном аппарате возможно в магнитоожигенном слое феррочастиц размольных элементов при использовании двух потоков энергии – энергии электромагнитного поля и энергии от приводного электродвигателя. Установлено, что в этом случае обеспечивается принцип синергии энергетических потоков, способствующий значительному возрастанию силовых контактов в магнитоожигенном слое ферротел. При этом максимальные нагрузки на обрабатываемый материал обеспечиваются при минимальных энергозатратах, что способствует снижению энергоемкости готовой продукции. С целью изучения физико-механических процессов постадийного формирования диспергирующих нагрузок в магнитоожигенном слое ферротел под действием двух потоков энергии разработано устройство и проведены исследования по обоснованию параметров электромагнитных полей, влияющих на кластер формирования диспергирующих нагрузок в ферродинамической среде размольных органов шарообразной формы в рабочем объеме электромеханических диспергаторов. Исследование динамики физико-механических процессов проведено на макете, моделирующем рабочий объем электромеханического диспергатора (ЭМД). Анализ работ в этой области показал, что наиболее объективным критерием для описания закономерностей физико-механических процессов в магнитоожигенном слое ферротел является вытекающее из теории подобия постоянство соотношения между такими характеристиками, как линейные размеры магнитопровода этих устройств и магнитные свойства всей рассматриваемой системы ферромагнетиков. В результате исследований физико-механических процессов получена зависимость, характеризующая изменение основных силовых параметров в магнитоожигенном слое ферротел сферической формы от индукции электромагнитного поля в рабочем объеме электромеханического диспергатора.

P. 137

### INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES IN A MAGNETICALLY LIQUEFIED LAYER OF ELECTROMECHANICAL DISPERSANTS

Doctor of Technical Sciences **M.M. BEZZUBTSEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: mysnegana@mail.ru);

Candidate of Technical Sciences **V.S. VOLKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: vol9795@yandex.ru)

Postgraduate Student **H.A. ABDURAKHMANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: hasanjon-93@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: electromechanical dispersant, magnetic fluidized bed, physical and mechanical processes*

Based on the analysis of methods of milling technology systems APK it has been revealed that the preparation of homogeneous particle size distribution composition of the processed material in a single unit is possible in magnetic liquefied layer of ferroparticles of the grinding elements with two streams of energy – electromagnetic energy and the energy from the drive motor. It is established that in this case, the principle of synergy of energy flows is provided, which contributes to a significant increase in power contacts in the magnetically liquefied ferromagnetic particles layer. At the same time, maximum loads on the processed material are provided with minimal energy consumption, which helps to reduce the energy intensity of the finished product. In order to study the physical and mechanical processes of the step-by-step formation of dispersing loads in a magnetically fluidized ferrothelial layer under the action of two energy flows, a device was developed and studies were carried out to justify the parameters of electromagnetic fields that affect the cluster of dispersive loads in a ferrodynamic medium of spherical grinding organs in the working volume of electromechanical dispersants. The study of the dynamics of physical and mechanical processes was carried out on a model simulating the working volume of an electromechanical dispersant (EMD). An analysis of the work in this area showed that the most objective criterion for describing the laws of physical and mechanical processes in the magnetically fluidized layer of ferrous bodies is the constancy of the relationship between such characteristics as the linear dimensions of the magnetic circuit of these devices and the magnetic properties of the entire system of ferromagnets under consideration from the theory of similarity. As a result of studies of physical and mechanical processes, a dependence was obtained that characterizes the change in the main force parameters in a magnetically fluidized layer of a spherical ferrothelium on the induction of an electromagnetic field in the working volume of an electromechanical dispersant.

C. 142

### СПОСОБ ОЦЕНКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ ПО СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ОБЛУЧАЕМЫХ РАСТЕНИЙ

Доктор технических наук **С.А. РАКУТЬКО**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства», e-mail: sergej1964@yandex.ru)

Научный сотрудник **Е.Н. РАКУТЬКО**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства», e-mail: elena.rakutko@mail.ru)  
196600, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д.3

Аспирант **А.Н. ВАСЬКИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: vaskin32@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

**Ключевые слова:** *светокультура, спектр, пигменты, оптическая плотность, флуктуирующая асимметрия, билатеральные признаки, стабильность развития*

Различные параметры оптического излучения и их сочетания по-разному влияют на рост, развитие растений в целом и интенсивность протекающих в нем биохимических процессов. Цель исследования – разработка способа оценки степени воздействия оптического излучения на растения, обеспечивающего повышение энергоэффективности светокультуры и экологичности получаемой продукции. Объектом исследования являлись растения петрушки, кабачка и дайкона, выращиваемые в условиях светокультуры при различном спектральном составе излучения. Предмет исследования – закономерности изменения стабильности их развития, оцениваемой по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) билатеральных признаков (БП). В экспериментах на различных культурах выявлена существенная асимметрия билатеральных структур, зависящая от спектрального состава излучения. Наиболее удобным для измерений БП является оптическая плотность билатеральных структур. Растения, выращенные под различным спектральным составом излучения, демонстрируют различные значения ФА, тем меньшие, чем более оптимален данный спектр для растения. Статистически достоверно меньшим значениям ФА (большей стабильности развития растений) соответствует большая интенсивность роста. Применение предложенного способа к растениям, выращиваемым в условиях светокультуры, является перспективным для комплексной оценки качества световой среды, создаваемой источниками излучения, и позволяет выбрать наиболее оптимальные источники света для их применения в светокультуре по критерию минимального значения показателя ФА БП растений.

P. 142

#### **A METHOD FOR ASSESSING OF OPTICAL RADIATION IN LIGHT CULTURE ON STABILITY OF IRRADIATED PLANTS DEVELOPMENT**

Doctor of Technical Science **S.A. RAKUTKO**

(Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute for Engineering and Environmental Issue in Agricultural Production», e-mail: sergej1964@yandex.ru)

Researcher **E.N. RAKUTKO**

(Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute for Engineering and Environmental Issue in Agricultural Production», e-mail: elena.rakutko@mail.ru)

196600, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

Postgraduate Student **A.N. VASKIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: vaskin32@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

**Keywords:** *light culture, spectrum, pigments, optical density, fluctuating asymmetry, bilateral signs, developmental stability*

Various parameters of optical radiation and their combinations have different effects on the growth, development of plants as a whole and the intensity of the biochemical processes taking place in it. The purpose of the study is to develop a method for assessing of influence degree of optical radiation on plants, which ensures an increase in the energy efficiency of light culture and the environmental friendliness of the resulting product. The object of the study was parsley, zucchini, and daikon plants grown under conditions of light culture with different spectral composition of radiation. The subject of the study is the patterns of change in the stability of their development, estimated by the value of fluctuating asymmetry (FA) of bilateral signs (BP). In experiments on various cultures, a significant asymmetry of bilateral structures was revealed, depending on the spectral composition of the radiation. The most convenient for BP measurements is the optical density of bilateral structures. Plants grown under different spectral composition of the radiation exhibit different values of FA, the smaller, the more optimal this spectrum for the plant. Statistically significantly lower values of FA (greater stability of plant development) correspond to a higher growth rate. Application of the proposed method to plants grown under conditions of light culture is promising for a comprehensive assessment of the quality of the light medium created by radiation sources, and allows to choose the most optimal light sources for their use in light culture according to the criterion of the minimum value of the FA factor of plants.

С. 149

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**Аспирант **А.Р. РОМАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: romanov-arsentiy@mail.ru) 196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: методы энергосбережения, распылительная сушка, переработка молока*

В статье представлены результаты исследований методов энергосбережения при переработке молока в аппаратурно-технологических системах АПК. Выявлено, что повышение эффективности производства достигается при использовании распылительной сушки в схеме с выпарным аппаратом. Использование современного оборудования позволяет получить продукт высокого качества и обладающего заданными свойствами при минимальной энергоёмкости готовых изделий. Установлено, что энергоэффективность установок повышается за счет использования дополнительного оборудования (сепараторы, системы распределения продукта, оборудование для пастеризации и выдержки, оборудование для устранения термофильных бактерий, оборудование для конденсации и вакуумирования, концентраторы, пневматические охладители, ультразвуковые форсунки). Доказано, что скруббер в аппаратурно-технологической системе переработки молока вносит существенный вклад в экономию тепла при производстве сухого продукта. Эта экономия вместе с возвратом продукта оправдывает эксплуатационные расходы и капиталовложения. Проанализированы варианты энергосбережения с использованием рекуператоров теплоты двух типов: «воздух-воздух» и «воздух-жидкость-воздух». Установлено, что рекуператор первого типа эффективен для одноступенчатой распылительной сушилки, где выходящий воздух имеет высокую температуру. Окружающий воздух подогревается от 10 до 52°C. Выходящий воздух охлаждается от 93 до 51°C. Расчет показал, что без рекуператора расход топлива составляет 175 кг/ч, расход электроэнергии – 120 кВт. С использованием рекуператора расход топлива составляет 140 кг/ч, расход электроэнергии – 135 кВт. Выявлено, что поскольку коэффициент теплообмена для пары сред «воздух-вода» выше, чем для пары «воздух-воздух», то система по второму типу эффективнее, чем рекуператор типа «воздух-воздух». Расчеты показали, что без рекуператора расход топлива в этом случае составляет 175 кг/ч, расход электроэнергии – 120 кВт. С рекуператором расход топлива — 130 кг/ч, расход электроэнергии — 142 кВт. Фактическая экономия составляет 23%.

Р. 149

**ENERGY SAVING IN THE PROCESS OF MILK PROCESSING  
AT AGRICULTURAL ENTERPRISES**Postgraduate Student **A.R. ROMANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: romanov-arsentiy@mail.ru) 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: energy saving methods, spray drying, milk processing*

The article presents the results of studies of energy-saving methods in the processing of milk in the apparatus and technological systems of the agricultural sector. It was revealed that increasing production efficiency is achieved by using spray drying in a scheme with an evaporator. Using modern equipment allows you to get a product of high quality and with the desired properties with minimal energy consumption of finished products. It has been established that the energy efficiency of plants is enhanced by the use of additional equipment (separators, product distribution systems, pasteurization and aging equipment, equipment for eliminating thermophilic bacteria, equipment for condensation and evacuation, concentrators, pneumatic coolers, ultrasonic nozzles). It is proved that the scrubber in the instrument-technological system of milk processing makes a significant contribution to heat saving in the production of dry product. This

savings, together with the return of the product, justifies operating costs and investment. The energy saving options using heat recuperators of two types are analyzed: air-air and air-liquid-air. It is established that the first type recuperator is effective for a single-stage spray dryer, where the exhaust air has a high temperature. Ambient air is heated from 10 to 52°C. The exhaust air is cooled from 93 to 51°C. The calculation showed that without a recuperator, the fuel consumption is 175 kg / h, the energy consumption is —120 kW. Using a recuperator, the fuel consumption is 140 kg / h, the energy consumption is 135 kW. It was revealed that since the heat transfer coefficient for a pair of air-water media is higher than for a pair of air-air, the system of the second type is more efficient than an air-air recuperator. Calculations showed that without a recuperator, the fuel consumption in this case is 175 kg / h, and the electric power consumption is 120 kW. With a recuperator, fuel consumption is 130 kg / h, electricity consumption is 142 kW. Actual savings are 23%.

C. 154

### **ДВУХПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ТРАНСФОРМАТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧИСЛА ФАЗ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОТ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБЪЕКТОВ АПК**

Доктор технических наук, профессор **Ф.Д. КОСОУХОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: 4762118@mail.ru)

Кандидат технических наук **Н.Ю. КРИШТОПА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: krishnat@mail.ru)

Инженер **А.Л. БОРОШНИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: 1979bal@gmail.com)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: двухпроводная система электропередачи, трансформаторный преобразователь, электроснабжение объектов АПК, анализ преобразователя числа фаз, система напряжений, токов, мощностей, векторная диаграмма*

Приведен анализ трансформаторного преобразователя числа фаз ТПЧФ-1 с фазопреобразующими элементами на низкой стороне повышающего трансформатора.

Сформулированы цель и задачи анализа ТПЧФ-1.

При анализе ТПЧФ-1 составлены в комплексной форме 13 уравнений, в результате решения которых получены три основных уравнения для комплексных токов на входе ТПЧФ-1. Разложив полученную систему уравнений на симметричные составляющие токов прямой, обратной и нулевой последовательностей, определили сопротивление и емкости фазопреобразующих конденсаторов. Таким образом, установлены зависимости параметров конденсаторов от тока и коэффициента мощности однофазной нагрузки.

Решив систему уравнений из трех токов ТПЧФ-1, определили зависимости токов и напряжений первичных и вторичных обмоток трансформатора и фазопреобразующих элементов от тока нагрузки. Определены также зависимости мощностей трансформатора и фазопреобразующих элементов от мощности однофазной нагрузки.

Составлен для ТПЧФ-1 баланс мощностей.

Разработана авторами и построена векторная диаграмма напряжений и токов ТПЧФ-1, с помощью которой раскрыт способ фазопреобразования трехфазного симметричного тока в однофазный для двухпроводной системы электропередачи.

Для изготовления трансформаторного преобразователя числа фаз, преобразующего трехфазный ток в однофазный (ТПЧФ-1), рекомендуется использовать типовой повышающий трехфазный трансформатор со схемой соединения обмоток  $Y/Y_n$  в режиме трехфазно-однофазного трансформатора с двумя конденсаторными батареями на его низкой стороне.



P. 154

**TWO-WIRE POWER TRANSMISSION SYSTEM WITH TRANSFORMER CONVERTERS  
OF THE NUMBER OF PHASES FOR POWER SUPPLY OF AGRICULTURAL FACILITIES  
REMOVED FROM ELECTRIC POWER SOURCES**

Doctor of Technical Sciences, Professor **F.D. KOSOUKHOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: 4762118@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **N.Yu. KRISHTOPA**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: krishnat@mail.ru)

Engineer **A.L. BOROSHIN**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: 1979bal@gmail.com)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: two-wire power transmission system, transformer converter, power supply of agricultural facilities, phase converter analysis, system of voltages, currents, capacities, vector diagram*

The analysis of a transformer converter of the number of phases with phase converting elements on the low side of the step-up transformer is given.

The resistance and capacitance of the phase-converting capacitors were determined. Thus, the dependences of the capacitor parameters on the current and power factor of a single-phase load are established.

The dependences of the currents and voltages of the primary and secondary windings of the transformer and phase converting elements on the load current were determined. The dependences of the capacities of the transformer and phase-converting elements on the power of a single-phase load are determined.

A capacity balance has been drawn up.

For the manufacture of a transformer for converting the number of phases converting a three-phase current to a single-phase, it is recommended to use a typical step-up three-phase transformer with a star-starter-zero windings connection scheme in the mode of a three-phase-single-phase transformer with two capacitor banks on its low side.

C. 166

**ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ОТ МИКРОРАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ  
ДО НАНОЧАСТИЦ**

Доктор технических наук, профессор **М.А. КЕРИМОВ**  
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: martan-rs@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: органическое сырье, измельчительная технология, наночастицы, функционирование, эффективное оборудование*

Технологический процесс измельчения материала с использованием разнообразных машин и аппаратов ещё не получил вполне завершённого теоретического обоснования. Причиной неэффективности механического дробления и помола материала является низкий коэффициент полезного действия процесса измельчения.

Только 10% затраченной энергии в промышленных установках используется для измельчения материала, остальная часть преобразуется в тепло.

На основании анализа зависимостей, полученных академиком П.А. Ребиндером, можно сделать вывод о том, что для повышения КПД необходимо уменьшать упругие деформации частиц и снижать разрушающие напряжения измельчаемого продукта.

Измельчение происходит путем формирования двух встречных круговых потоков сырья с заданной скоростью движения частиц от 100 до 450 м/с и возможностью их столкновения в ограниченной зоне. Размеры частиц составляют 1-500 мкм. Они сохраняют все исходные свойства сырья. Это приводит, например, к повышению усвояемости компонентов корма сельскохозяйственными животными. Возрастает биологическая активность продукта за счет увеличения площади поверхности частиц и интенсификации процесса извлечения полезных веществ.

Разработанный агрегат может работать на сверхзвуковых скоростях. Разрушение частиц происходит на атомарном уровне. Обеспечивается поддержание режимов измельчения, которое позволяет управлять качеством конечного продукта.

P. 166

### **GRINDING TECHNOLOGIES: FROM MICRO-SIZED FRACTIONS TO NANOPARTICLES**

Doctor of Technical Sciences, Professor **M.A. KERIMOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: martan-rs@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: organic raw materials, grinding technology, nanoparticles, functioning, efficient equipment*

The technological process of grinding material using a variety of machines and devices has not yet received a fully completed theoretical justification. The reason for the mechanical irrational crushing and grinding of the material is the low efficiency of the grinding process.

Only 10% of the energy expended in industrial conditions is used to grind the material, the rest is converted into heat.

Based on the analysis of dependencies obtained by academicians P.A. Rebinder we can conclude that to increase the efficiency it is necessary to reduce the elastic deformation of the particles and reduce the destructive stresses of the crushed product.

Grinding occurs by forming two opposite circular flows of raw materials with a given particle velocity of 100 to 450 m/s and the possibility of their collision in a limited area. Particle sizes are 1-500 microns. They retain all the original properties of the raw materials. This leads, for example, to an increase in the digestibility of feed components by farm animals. The biological activity of the product increases due to an increase in the surface area of particles and the intensification of the process of extracting useful substances.

The developed dispersant can operate at supersonic speeds. The destruction of particles occurs at the atomic level. The maintenance of grinding regimes is ensured, which allows controlling the quality of the final product.

C. 172

### **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОТРЫВА СТЕБЛЕЙ ОТ ПОЧВЫ ПРИ ВОРОШЕНИИ**

Доктор технических наук, профессор **М.А. НОВИКОВ**  
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: mihanov25@rambler.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Кандидат технических наук, доцент **С.Б. ПАВЛОВ**  
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»,  
e-mail: sergeypavlov58@yandex.ru)  
173003, Российская Федерация, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41

*Ключевые слова: ворошение, зуб ворошилки, лента льна, кинематический параметр*

Рассмотрен анализ процесса подъёма стеблей льна, составлено дифференциальное уравнение движения частицы льна по зубу, представлена графическая зависимость относительного перемещения стеблей льна по зубу  $S_e$  от угла поворота зуба  $\omega t$ , зависимость фактического подъёма стеблей льна по зубу  $S_\phi$  при подгребании от кинематического параметра ворошилки  $\lambda = \omega r / V_m$ . Выполнен анализ процесса подъёма стеблей льна с учетом внутренней силы сцепления стеблей льна в ленте и силы сцепления стеблей льна со стлищем. Разработана методика определения связности стеблей в ленте, основанная на принципе продольного деформирования ленты льна путём механического воздействия на неё в плоскости, перпендикулярной оси ленты; номограмма для определения минимального значения кинематического параметра ворошилки в зависимости от предельного смещения стеблей в ленте.

P. 172

#### ANALYSIS OF THE PROCESS OF STEMS SEPARATION FROM THE SOIL WHILE TEDDING

Doctor of Technical Sciences **M.A. NOVIKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: mihanov25@rambler.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Candidate of Technical Sciences **S.B. PAVLOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Yaroslav - the - Wise Novgorod State University», e-mail: sergeypavlov58@yandex.ru)  
173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya Sankt-Peterburgskaya str., 41

*Keywords: tedding, tedder tooth, flax tape, kinematic parameter*

The analysis of the process of raising flax stalks is considered, a differential equation for the movement of flax particles along the tooth is compiled, a graphical dependence of the relative movement of flax stalks along the tooth  $S_e$  on the angle of rotation of the tooth  $\omega t$  is presented, the dependence of the actual lifting of flax stalks on the tooth  $S_\phi$  when raking up the kinematic parameter of the agitator  $\lambda = \omega r / V_m$ . The analysis of the process of lifting the stalks of flax, taking into account the internal cohesion of the stems of the flax in the tape and the strength of the cohesion of the stems of the flax with the stems, is performed. Method for determining the connectivity of the stems in the tape, based on the principle of longitudinal deformation of the flax tape by mechanical action on it in a plane perpendicular to the axis of the tape; nomogram for determining the minimum value of the kinematic parameter of the agitator, depending on the maximum displacement of the stems in the tape are developed.

C. 178

#### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ ДЛЯ УБОРКИ БЕЛОГО ЛЮПИНА

Доктор технических наук, профессор **Н.В. АЛДОШИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,  
e-mail: naldoshin@yandex.ru)

Кандидат технических наук **Н.А. ЛЫЛИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»)  
127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Кандидат технических наук **А.В. СИБИРЁВ**

(Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ))

Кандидат технических наук **М.А. МОСЯКОВ**  
 (Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ),  
 e-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru)  
 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

*Ключевые слова: очесывающая жатка, уборка белого люпина, рабочие органы, параметры конструкции, способ уборки*

В статье подчеркивается значимость зернобобовых культур и их продовольственная ценность как источника растительного белка. Рассматриваются основные биологические особенности и ареал произрастания белого люпина сорта «Дега». Представлена проблематика, препятствующая широкому распространению посевов данной культуры. Приводятся пути решения, заключающиеся в использовании передовой технологии, способа и технических решений. Таким являются индустриально-поточная технология уборки с очесом растений на корню при помощи специализированной жатки. Проведенный информационный анализ и синтез данных с применением сравнительного метода технических решений различных типов очесывающих устройств, подходящих для данного способа уборки, позволил определить взаимосвязи между параметрами конструкции рабочих органов, технологическими режимами работы устройства и морфологическими признаками белого люпина. На основании проведенных исследований был разработан рабочий орган для очесывающей жатки и теоретически определены основные параметры его конструкции: значение угла наклона зубьев очесывающей гребенки относительно горизонтальной поверхности  $\eta=24^\circ$ , длина зуба  $l_3=0,072$  м, ширина зуба  $b_3=0,021$  м и межзубовое расстояние 0,032 м. Изготовленный комплект рабочих органов прошел производственные испытания на полях Тамбовской области в период с 2015 по 2017 годы. Применение ранее запатентованных гребенок для крупносемянных культур, позволило снизить потери семян в 5 раз, по сравнению с серийными рабочими органами. Полнота сбора семян на уборке белого люпина достигла 99,0%, что в полной мере отвечает агротехническим требованиям технологического процесса уборки сельскохозяйственных культур.

P. 178

#### JUSTIFICATION OF WORKING BODIES PARAMETERS OF THE STRIPPER HEADER FOR THE WHITE LUPIN HARVESTING

Doctor of Technical Sciences, Professor **N.V. ALDOSHIN**  
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev  
 State Agrarian University», e-mail: naldoshin@yandex.ru)  
 Candidate of Technical Sciences **N.A. LYLIN**  
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
 «Russian Timiryazev State Agrarian University»)  
 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49  
 Candidate of Technical Sciences **A.V. SIBIREV**  
 (Federal Scientific Agroengineering Center VIM (FGBNU FNATS VIM)  
 Candidate of Technical Sciences **M.A. MOSYAKOV**  
 (Federal Scientific Agroengineering Center VIM (FGBNU FNATS VIM),  
 e-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru)  
 109428, Russian Federation, Moscow, 1-St Institute passage, 5

*Keywords: stripper header, white lupine harvesting, working bodies, design parameters, harvesting method*

The article emphasizes the importance of leguminous crops and their food value as a source of vegetable protein. The main biological features and the area of growth of the white lupine of the variety "Degas" are considered. The problems that prevent the widespread distribution of crops of this crop are presented. The solution paths are presented, which include the use of advanced technology, method and technical solutions. Such are the industrial-flow technology of harvesting with the method of stripping plants on the vine using a specialized header. The information analysis and data synthesis using the comparative method of technical solutions of various types of harvesting devices suitable for this method of harvesting made it possible to determine the relationship between the design parameters of the working bodies, the

technological modes of the device and the morphological features of white lupine. Based on the studies, a working body for a stripper header was developed and the main parameters of its design were theoretically determined: the angle of inclination of the teeth of the comb relative to the horizontal surface  $\eta=24^\circ$ , tooth length  $l_3=0,072$  m, tooth width  $b_3=0,021$  m and interdental distance 0,032 m. The manufactured set of working bodies passed production tests on the fields of the Tambov region in the period from 2015 to 2017. The use of previously patented headers for large-seeded crops allowed to reduce seed losses by 5 times, compared with serial working bodies. The completeness of the collection of seeds for harvesting white lupine reached 99.0%, which fully meets the agrotechnical requirements of the technological process of harvesting crops.

C. 186

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Доктор технических наук **В.С. ШКРАБАК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: v.shkrabak@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Доктор технических наук **П.С. ОРЛОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: ps2009yasam@mail.ru)  
150042, Российская Федерация, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д. 58

Кандидат технических наук **Р.В. ШКРАБАК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: shkrabakrv@mail.ru)

Аспирант **А.В. ШКРАБАК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: shkrabakrv@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: катодная защита, стресс–коррозия, тиристорное управление катодной станцией, магнитный усилитель*

Авторами раскрыт принцип работы катодной защиты подземных трубопроводов от коррозии. Показаны достоинства и недостатки существующих катодных станций. Акцентировано внимание на принципе работы тиристорных станций катодной защиты. Обращено внимание на механический характер причин разрушения стальных труб от наводороживания металла. Раскрыт способ проникновения атомарного водорода в стенку стальной трубы. Показаны причины генерации атомарного водорода при работе тиристорной катодной станции. Анализируя процесс работы тиристорного управления катодной станции, обращено внимание на то, что тиристорное управление приводит к перезашите, когда при действующем нормативном значении напряжения на выходе станции импульсы напряжения в разы превышают напряжение разложения воды, ведущие к генерации атомарного водорода, проникающего в стенку стальной трубы и вызывающего стресс – коррозию. Тиристорная станция катодной защиты не защищает подземные трубопроводы и от коррозии, так как в моменты пауз между защитными импульсами металл трубы свободен от катодной защиты и подвергается коррозии, поскольку поверхность трубы свободна от защитного потенциала. По результатам исследования авторы предлагают заменить тиристорные катодные станции на станции с управлением защитным током и защитным потенциалом с помощью магнитного усилителя.

P. 186

**INCREASING OPERATIONAL RELIABILITY OF UNDERGROUND PIPELINES**Doctor of Technical Sciences **V.S. SHKRABAK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: v.shkrabak@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Doctor of Technical Sciences **P.S. ORLOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Yaroslavl State Agricultural Academy»; e-mail: ps2009yasam@mail.ru)  
150042, Russian Federation, Yaroslavl, Tutaevskoe shosse, 58

Candidate of Technical Sciences **R.V. SHKRABAK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: shkrabakrv@mail.ru)

Postgraduate Student **A.V. SHKRABAK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: shkrabakrv@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: cathodic protection, stress corrosion, thyristor control of the cathode station, magnetic amplifier.*

The authors disclosed the principle of cathodic protection of underground pipelines against corrosion. The advantages and disadvantages of existing cathode stations are shown. Attention is focused on the principle of operation of thyristor cathodic protection stations. Attention is drawn to the mechanical nature of the causes of the destruction of steel pipes from hydrogenation of metal. A method of penetrating atomic hydrogen into the wall of a steel pipe is disclosed. The reasons for the generation of atomic hydrogen during the operation of the thyristor cathode station are shown. Analyzing the operation of the thyristor control of the cathode station, attention is drawn to the fact that thyristor control leads to a reboot when, at the current standard value of the voltage at the station output, the voltage pulses are several times higher than the decomposition voltage of water leading to the generation of atomic hydrogen penetrating the wall of the steel pipe and causing stress-corrosion. The thyristor cathodic protection station does not protect underground pipelines from corrosion either, since at times of pauses between protective pulses the metal of the pipe is free from cathodic protection and corrodes, since the surface of the pipe is free from protective potential. According to the results of the study, the authors propose replacing the thyristor cathode stations at stations with control of the protective current and protective potential using a magnetic amplifier.

## 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); «**Л и т е р а т у р а**» (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 транслитерации (латиницей)**. 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» (либо предоставляются по запросу редакции).

5. Статьи, предоставляемые в редакцию, не возвращаются. Сторонние авторы предоставляют лицензионный договор.

6. Стоимость публикации 1 страницы для сторонних авторов – 550 руб., 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 № 1 (58)

Подписано к печати 26.03.2020 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. 28,87. Тираж 500. Заказ 10.  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2