

ISSN 1817–5457



ИжГСХА

№ 4 (68) 2021

# ВЕСТНИК

Ижевской государственной  
сельскохозяйственной академии



Адрес редакции, издательства  
и типографии:  
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11,  
кабинет 514.  
E-mail: rio.isa@list.ru

Подписной индекс в объединенном  
каталоге «Пресса России» 40567



Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-63611 от 02.11.2015.

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ),  
реферативную базу данных AGRIS.

Ответственность за содержание статей  
несут авторы публикаций.

Редактор И. М. Мерзлякова  
Верстка А. А. Волкова  
Перевод В. Г. Балтачев

Подписано в печать 20.12.2021 г.  
Дата выхода в свет 23.12.2021 г.  
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.  
Заказ № 8360. Цена свободная.

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021

ISSN 1817-5457

DOI 10/48012/1817-5457

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### Главный редактор

доктор технических наук, доцент *А. А. Брацихин*

### Научный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *С. И. Коконов*

### Члены редакционного совета:

*А. М. Ленточкин* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Т. Ю. Бортник* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Т. А. Бабайцева* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*И. Н. Щенникова* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
член-корреспондент РАН ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

*И. Ш. Фатыхов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Л. М. Колбина* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдмФИЦ УрО РАН

*Н. А. Балакирев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
академик РАН ФГБОУ ВО МГАВМиБ им. К. И. Скрябина

*С. Д. Батанов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*С. В. Залесов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Уральский ГЛТУ

*К. М. Габдрахимов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

*С. Н. Пономарев* – доктор сельскохозяйственных наук  
ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН

*Б. Б. Максимов* – доктор PhD, Аграрный университет, г. Пловдив, Болгария

*Ю. Г. Крысенко* – доктор ветеринарных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*В. А. Ермолаев* – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

*И. Г. Конопельцев* – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

*И. Л. Бухарина* – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

*Д. А. Тихомиров* – доктор технических наук, член-корреспондент РАН  
ГГНБУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

*Ф. Ф. Мухамадьяров* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

*П. В. Дородов* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*А. Г. Левишин* – доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

*С. И. Юран* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Н. П. Кондратьева* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*И. В. Юдаев* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Донской ГАУ

*Е. В. Харанжевский* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

*О. В. Горелик* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

*С. В. Карамеев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

*Т. Ф. Персикова* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Белорусская ГСХА

*К. К. Тулегенов* – доктор PhD, Западно-Казахстанский аграрно-технический  
университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

*Л. А. Садыкова* – кандидат технических наук,  
ассоциированный профессор Западно-Казахстанского  
инновационно-технологического университета (ЗКИТУ), Казахстан  
*А. Семенов* – кандидат PhD, член Европейской Ассоциации ветеринаров диких  
и зоопарковых животных Эстонского университета естественных наук (ЕМÜ),  
г. Тарту, Эстония

*Н. И. Филиппова* – кандидат сельскохозяйственных наук

ТОО НПЦЗХ им. А. И. Бараева

*Я. Кмень* – профессор, доктор философских наук, Технический университет  
в Зволене, Словакия

Address of publisher, editorial office,  
printing house:  
426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11,  
cabinet 514.  
E-mail: rio.isa@list.ru

The subscription index in the integrated  
catalogue "Press of Russia" is 40567



Registration certificate PI  
№ FS77-63611 dated 02.11.2015.  
was issued by Federal Service  
in the Sphere of Telecom, Information  
Technologies and Mass Communications  
(Roskomnadzor).

The journal is included in the database of  
the Russian science citation index  
and in the international scientific  
information database AGRIS

The authors of publications  
are responsible for the content of articles.

Editor I. M. Merzlyakova  
Layout A. A. Volkova  
Translation V. G. Baltachev

Signed for printing 20 December 2021.  
Publication – 23 December 2021.  
Format 60×84/8. Printing 500 iss.  
Order № 8360. Free price.

© Izhevsk State Agricultural Academy,  
2021

ISSN 1817-5457  
DOI 10/48012/1817-5457

## EDITORIAL BOARD

### Editor in chief

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor *A. A. Bratsikhin*

### Science editor

Doctor of Agricultural Sciences, Professor *S. I. Kokonov*

### Members of Editorial Board:

*A. M. Lentochkin* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*T. Yu. Bortnik* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*T. A. Babaytseva* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*I. N. Shchennikova* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, FGBNU

"Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky"

*I. Sh. Fatykhov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*L. M. Kolbina* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, UdmFRC UrDRAS

*N. A. Balakirev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine  
and Biotechnology named K. I. Skryabin

*S. D. Batanov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*S. V. Zalesov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Ural State Forest Engineering University

*K. M. Gabdrakhimov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Bashkir State Agrarian University

*S. N. Ponomarev* – Doctor of Agricultural Sciences, TatSRIA FRC KazSC RAS

*B. B. Maximov* – Doctor PhD, Agrarian University of Plovdiv, Bulgaria

*Yu. G. Krysenko* – Doctor of Veterinary Science, Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*V. A. Ermolaev* – Doctor of Veterinary Science, Professor,  
Ulyanovsk State Agricultural Academy

*I. G. Konopeltsev* – Doctor of Veterinary Science, Professor, Vyatka State Agricultural Academy

*I. L. Bukharina* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Udmurt State University

*D. A. Tikhomirov* – Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member  
of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM

*F. F. Mukhamadyarov* – Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Vyatka State Agricultural Academy

*P. V. Dorodov* – Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*A. G. Levshin* – Doctor of Engineering Science, Professor,  
Russian State Agrarian University named after K. A. Timiryazev

*S. I. Yuran* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

*N. P. Kondratyeva* – Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy

*I. V. Yudaev* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Donskoy State Agrarian University

*E. V. Kharanzhevsky* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Udmurt State University

*O. V. Gorelik* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University

*S. V. Karamaev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Samara State Agricultural Academy

*T. F. Persikova* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Belarusian State Agricultural Academy

*K. K. Tulegenov* – Doctor PhD, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical  
University, Uralsk, Kazakhstan

*L. A. Sadykova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of West Kazakhstan Innovation and Technology University, Kazakhstan

*A. Semenov* – Cand. PhD, member of the European Association of Wild and Zoo Animal  
Veterinarians Estonian University of Life Sciences (EMÜ), Tartu, Estonia

*N. I. Filippova* – candidate of agricultural sciences  
LLC SPCGF named after A. I. Baraev, Kazakhstan

*Ya. Kmen* – Professor, engineer, Doctor of Philosophy Technical University in Zvolen,  
Slovakia

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

<b>Н. Г. Ильминских, А. Ю. Жуков</b> Садовые некоммерческие товарищества (СНТ) и биоразнообразие .....	4
<b>Н. М. Кузьмина, А. В. Федоров</b> Биоэкологические особенности представителей рода гортензия <i>Hydrangea</i> L. в условиях города Ижевска .....	9
<b>Т. Г. Леконцева, А. В. Федоров</b> Особенности температурного режима при разных способах размещения винограда ( <i>Vitis Vinifera</i> L.) в условиях Среднего Предуралья .....	15
<b>А. В. Никитина, А. М. Ленточкин</b> Садоводство в Удмуртской Республике .....	20
<b>Е. Н. Сомова, М. Г. Маркова</b> Клональное микроразмножение ягодных культур .....	30
<b>А. В. Федоров, Д. А. Зорин, Г. А. Солтани</b> Использование прививки для сохранения биоразнообразия сосен в России .....	36
<b>Е. Н. Черемных, О. А. Ардашева, А. В. Федоров</b> Чайно-гибридные розы в коллекции отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН .....	40

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Н. П. Кондратьева, Р. И. Корепанов, Д. В. Бузмаков, И. Р. Ильясов</b> Оценка эффективности светодиодных RGB фитооблучательных установок при выращивании микроклональных растений .....	46
<b>В. И. Ширококов, С. Н. Шмыков, В. А. Баженов, В. Ф. Первущин</b> Исследование параметров мокрого пылеуловителя для дробилок зерна .....	54
<b>А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, К. Г. Волков, С. Н. Шмыков</b> Механизм приспособляемости керамических сопряжений на основе карбида бора в условиях высоких скоростей трения .....	62

## CONTENTS

### AGRICULTURAL SCIENCES

<b>N. G. Il'minskikh, A. Yu. Zhukov</b> Garden non-profit partnerships (SNT) and biodiversity .....	4
<b>N. M. Kuzmina, A. V. Fedorov</b> Bioecological features of the genus <i>Hydrangea</i> L. representatives in the conditions of the city of Izhevsk .....	9
<b>T. G. Lekontseva, A. V. Fyodorov</b> Features of the temperature range with different methods of placing grapes ( <i>Vitis Vinifera</i> L.) under the conditions of the Middle Afore-Urals in summer period .....	15
<b>A. V. Nikitina, A. M. Lentochnik</b> Gardening in Udmurt Republic .....	20
<b>Ye. N. Somova, M. G. Markova</b> Clonal micro dissemination of berry crops .....	30
<b>A. V. Fedorov, D. A. Zorin, G. A. Soltani</b> Vaccination usage to preserve biodiversity of pine in Russia .....	36
<b>Ye. N. Cheremnykh, O. A. Ardasheva, A. V. Fyodorov</b> Tea-hybrid roses in the collection of Introduction Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS .....	40

### TECHNICAL SCIENCES

<b>N. P. Kondratyeva, R. I. Korepanov, D. V. Buzmakov, I. R. Ilyasov</b> Estimation of the efficiency of led RGB phyto irradiation plants in cultivation of microclonal plants .....	46
<b>V. I. Shirobokov, S. N. Shmykov, V. A. Bazhenov, V. F. Pervushin</b> Investigation of the parameters of a wet dust collector for grain crushers .....	54
<b>A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy, K. G. Volkov, S. N. Shmykov</b> Mechanism of adaptability of ceramic couplings based on boron carbide under high friction rates .....	62

Н. Г. Ильминских, А. Ю. Жуков

БУ УР «Дирекция ООПТ регионального значения УР»

## САДОВЫЕ НЕКОММЕРЧЕСКИЕ ТОВАРИЩЕСТВА (СНТ) И БИОРАЗНООБРАЗИЕ

*Садовые некоммерческие товарищества (СНТ) в научном отношении почти не изучаются. В статистике землепользования это самое слабое звено. Изучены модельные выделы (участки ландшафта около 6 га) в окрестностях г. Елабуга и в городе, в том числе СНТ. Во флористическом отношении они ближе всего к частному сектору. Несмотря на посадки интродуцентов, СНТ по биоразнообразию беднее многих других городских модельных выделов и парциальных флор. Это объясняется сильным селективным воздействием человека. Предлагается перед ликвидацией СНТ и застройкой этой территории наиболее ценные древесно-кустарниковые виды и сорта пересаживать с комом земли на другие места. Транслокация будет способствовать сохранению биоразнообразия урбанофлоры.*

**Ключевые слова:** садовые некоммерческие товарищества (СНТ); статистика СНТ; биоразнообразие; транслокация.

**Актуальность** исследования заключается в необходимости вовлечь садовые некоммерческие товарищества (СНТ) в научный оборот, поскольку, занимая существенную долю в землепользовании, они оказались в научном отношении бесхозными: на них не обращают внимания ни биологи, ни представители сельскохозяйственной науки, ни экологи, ни географы. Нет данных об их биоразнообразии.

**Цель и задачи** исследования в определении места СНТ в системе биоразнообразия посредством решения задач выявления их полного (с включением культивируемых видов) флористического состава и фракции спонтанной флоры (т.е. самопроизвольно растущих, включая сорняки) с последующим сопоставлением с другими городскими и природными флорами. Объект исследования: флоры СНТ.

**Методы исследования:** принят метод сплошного выявления видового состава модельных выделов (типичных для больших районов города и загородных местностей участков ландшафта площадью около 6 га и квадратной конфигурации) и парциальных флор, т.е. видового состава экотопов. При обработке результатов использованы математические методы, разработанные в сравнительной флористике.

**Результаты и обсуждения:** в данных Росстата одно из самых слабых звеньев – это СНТ (садовые некоммерческие товарищества, или садоогороды, как именовали их раньше). Садоогородам в России уже более полвека. Они появились на рубеже 1950–1960-х годов.

Садоогороды позволили снять остроту продовольственной проблемы и бурно развивались, несмотря на различные запреты и ограничения: планка высоты строений, запрет на строительство бань и др.

Статистические данные по СНТ очень скудны и неполны, хотя в структуре землепользования в ряде районов они занимают существенный процент.

В статистических материалах земли СНТ рассматриваются не в разделе земель сельскохозяйственного назначения, а в составе земель туристско-рекреационного использования.

Так, например, СНТ «Рябинушка», организованное в начале 90-х годов в Увинском районе близ Нылгинского тракта совместно с ИПОПАТ и УдГУ, при создании насчитывало более 200 участков по 20 соток. Через 10 лет часть участков уже была заброшена. В первую очередь участки бросали «безлошадные», т.е. не имеющие личного транспорта. Дело в том, что в западном направлении от г. Ижевска «Рябинушка» – самый удаленный СНТ – 50 км от города. В наши дни здесь сохранилось всего 35 участков, т.е. 17 % от изначального состава. А ведь это довольно «молодой» СНТ. В старых СНТ пожилые владельцы или постепенно уходят из жизни, или из-за состояния здоровья прекращают посещать свои участки. Детей, тем более внуков, такая деятельность не привлекает. Покупателей почти нет. В результате все больше участков и на старых массивах СНТ оказываются заброшенными.

По состоянию на 2016 г. общая картина по количеству СНТ в Удмуртской Республике и участков в них следующая (табл. 1).

Вовсе нет СНТ в следующих муниципальных образованиях: Юкаменский, Кезский, Селтинский, Сюмсинский, Дебесский районы.

тельству коттеджных посёлков, и постепенно часть СНТ становится коттеджными посёлками.

Число СНТ сокращается также потому, что их ликвидируют с компенсацией владельцам, а на месте бывших СНТ строится высокоэтажная жилая застройка.

**Таблица 1 – Количество земельных участков на СНТ Удмуртской Республики на 01.01.2016 г. (по данным Удмуртстата в разрезе муниципалитетов)**

Наименование муниципалитета	Количество СНТ	Количество участков всего
1. Вавожский район	1	277
2. г. Воткинск	14	6738
3. Воткинский район	42	13 243
4. г. Глазов	5	1852
5. Глазовский район	53	11 701
6. Завьяловский район	170	78 663
7. п. Игра	2	1282
8. г. Ижевск	85	16 414
9. Камбарка	12	310
10. Каракулино	2	26
11. Кизнерский район	2	155
12. Малопургинский район	8	5507
13. г. Можга	1	128
14. Можгинский район	4	1461
15. Сарапул	23	3967
16. Сарапульский район	20	4594
17. Увинский район	6	966
18. Шарканский район	1	357
19. Як-Бодьинский район	9	1695
20. Ярский район	4	300
Итого:	464	149 636

*Примечание:* данные предоставлены руководителем Союза садоводческих некоммерческих товариществ О. М. Залазаевой.

Особенно активно СНТ (или садоогороды, как их тогда называли) развивались в середине 1990-х годов: появлялись новые массивы, расширялись существующие. Это было связано с психологическим дискомфортом городского населения, реально опасавшегося возможного голода. Со стабилизацией экономической, политической и социальной жизни в России активная фаза садоогородного движения прошла, и все более стал усиливаться обратный процесс – многие члены СНТ забрасывали свои участки. В настоящее время на некоторых СНТ, особенно дальних, до половины участков заброшено.

В последние годы новые СНТ практически не появляются. Возобладал интерес к строи-

Этот процесс получил распространение в г. Ижевске, только за три последних года здесь на месте нескольких обширных СНТ возвели жилые микрорайоны.

В связи с этим хотелось бы высказать пожелание сохранять при ликвидации СНТ посаженные древесно-кустарниковые интродуценты. Как-никак, это достояние Удмуртской Республики. Необходимо принять специальное Постановление Правительства УР о сохранении наиболее ценных интродуцентов. Перед ликвидацией строений и древостоя следует (возможно, на конкурсной основе) приглашать представителя служб озеленения и ботанических садов для рекогносцированного обследования, затем выделять время для выкоп-

ки и вывоза ценных древесно-кустарниковых пород. Существующий же пока порядок уничтожения зеленого убранства ликвидируемых СНТ является однозначно варварским и расточительным. Предлагаемый путь – это даже не сохранение, а спасение биоразнообразия методом такой своеобразной транслокации.

А как обстоит дело с биоразнообразием на действующих массивах СНТ? В последние годы биоразнообразие на территориях СНТ *ex situ* несколько выросло в связи с тем, что активизировалась стихийная интродукция. Дачникам стали доступны семена, черенки и другой посадочный материал самых экзотических пород, которых зачастую нет даже в ботанических садах. Однако прирост биоразнообразия за счет таких экзотов оказался неожиданно незначительным. По-видимому, дело в том, что владельцы участков на СНТ продолжают высаживать проверенные растения, дающие практическую пользу (урожай), а стремление разводить экзотические декоративные растения так и не выходит на первый план.

Все познается в сравнении. Мы провели специальное исследование в г. Елабуга Республики Татарстан для оценки вклада в биоразнообразие, которое приносят СНТ. Флора изучалась в разных районах города методом модельных выделов [1]. Модельный выдел – это часть городского ландшафта, типичная для обширных районов города. В Елабуге были изучены 10 модельных выделов. Площадь модельного выдела и его конфигурация были найдены эмпирически. Модельный выдел имеет конфигурацию, близкую к квадратной (что хорошо вписывается в планировку городской застройки) стороной примерно 250 м и, соответственно, площадью около 6 га (250 × 250 м). Состав видов сосудистых растений (равно видовых популяций) можно без всякой натяжки называть флорой, поскольку, как показали многочисленные исследования, флора модельного выдела не утрачивает признаки флоры как таковой, она имеет нормальные, зональные флористические параметры и отвечает всем признакам флоры, принятым в сравнительной флористике [2, 3, 4].

При изучении флор составлялись сразу два списка: полная флора (спонтанная флора + посаженные виды растений) и спонтанная флора (из полного списка изымались посаженные виды, т.е. эргазиофиты) [6].

Состав модельных выделов (МВ) в Елабуге следующий:

– МВ № 1. Старый центр города. Ограничен улицами Ленина, Московская, Тойминская, Вознесенская.

– МВ № 2. Старый город. Ограничен улицами К. Маркса, Гоголя, Гассара, Маленкова.

– МВ № 3. Старый город. Ограничен улицами К. Маркса, Гоголя, Жданова, Тугарова.

– МВ № 4. Зона нового города. Ограничен улицами Коммунистическая, Мира, проезд близ рынка.

– МВ № 5. Зона нового города. Ограничен улицами Коммунистическая, Разведчиков, Землянухина.

– МВ № 6. Частный сектор. Ул. Чапаева.

– МВ № 7. Садоогородный массив (СНТ) между пос. Хлебный и зверохозяйством на высоком правом берегу р. Кама.

– МВ № 8. Зона новейшей застройки. Ограничен улицами Мира, Молодежная, Пролетарская.

– МВ № 9. Танайский лес западнее зверохозяйства.

– МВ № 10. Поле (посев ржи) западнее ул. Молодёжная.

Методом «максимального корреляционного пути» [4] построены дендриты флористического сходства садоводства полных флор МВ (рис. 1) и спонтанных флор МВ (рис. 2).

Как видно из рисунка 1, МВ Елабуги образуют довольно устойчивую плеяду. В нее не вошли только два МВ: № 9 и № 10. МВ № 9 оказался ближе к МВ смешанный лес в г. Сарапул, а № 10 (ржаное поле) – «сам по себе», не приближается по своему флористическому составу ни к одному из МВ.

Садоогородный МВ № 7 в плеяде оказался ближе всех к МВ «Частный сектор» (№ 6). Интересно, что модельные выделы в частном секторе и в садоогородном массиве оказались не только наиболее близки друг к другу по флористическому сходству, а их связь теснейшая среди всех МВ.

Исключив из состава флор посаженные виды, получим дендрит спонтанных флор модельных выделов (рис. 2).

В спонтанных флорах МВ плеяда тоже четко выделяется, хотя конфигурация становится несколько иной. Интересно, что и здесь максимальное флористическое сходство между МВ «частный сектор» и МВ СНТ – 0,6489.

Среднее значение тесноты связи в первой плеяде – 0,6040, во второй – 0,6124. Отсюда следует тот важный вывод, что посадка интродуцентов немного понижает флористическое сходство между модельными выделами.

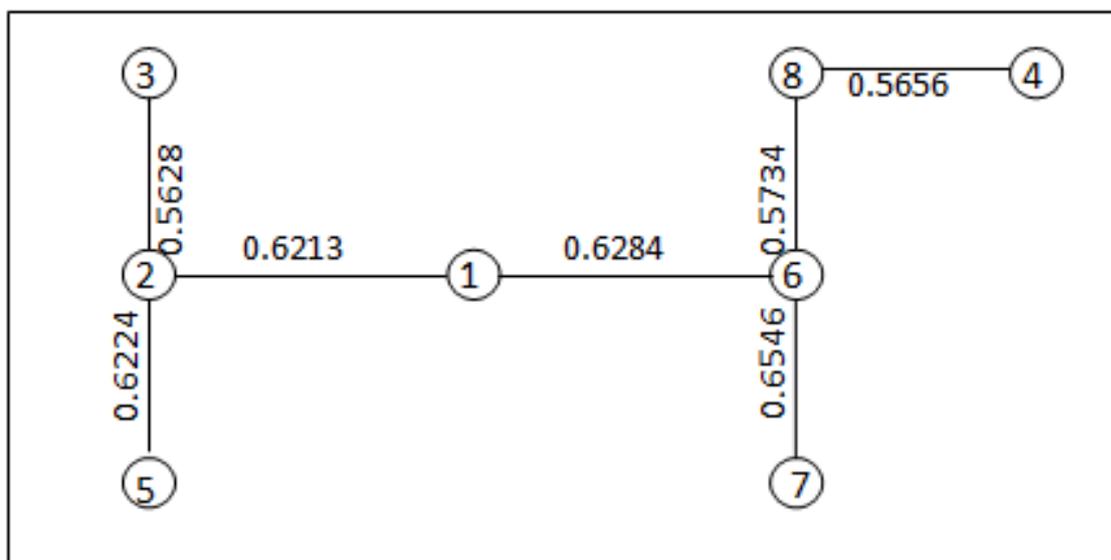


Рисунок 1 – Дендрит «максимального корреляционного пути» полных флор МВ г. Елабуга: кружочки обозначают МВ с их номерами; цифры над линиями означают тесноту связи (степень флористического сходства)

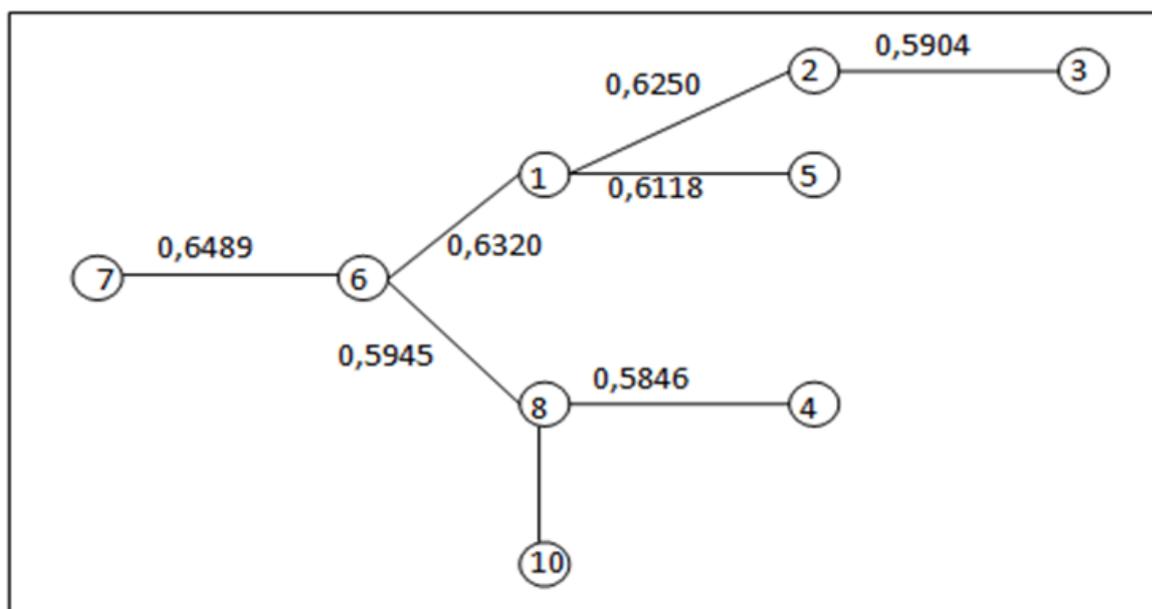


Рисунок 2 – Дендрит «максимального корреляционного пути» спонтанных флор МВ Елабуги: кружочки обозначают МВ с их номерами; цифры над линиями означают тесноту связи (степень флористического сходства)

Этот любопытный факт можно объяснить тем, что набор интродуцентов, что на МВ СНТ, что собственно в городских МВ, хотя и не сильно различается (иными словами, что на СНТ, что в городе, сажают более-менее одни и те же декоративные виды растений-интродуцентов). Тем не менее, интродуценты несколько ослабляют флористическое сходство различных МВ. Отметим, что МВ № 9 (сосновый пригородный лес) и МВ

№ 10 (ржаное пригородное поле) в расчеты не включены, т.к. в состав первой плеяды они не вошли.

Далее кратко рассмотрим флористическое сходство всех парциальных (частных) флор экотопов города (рис. 3). Садоогородные парциальные флоры (ПФ) – газоны, дворы и огороды в контуре урбанофлоры Елабуги в целом наиболее близки к ПФ дворов старого города и огородов частного сектора Елабуги.

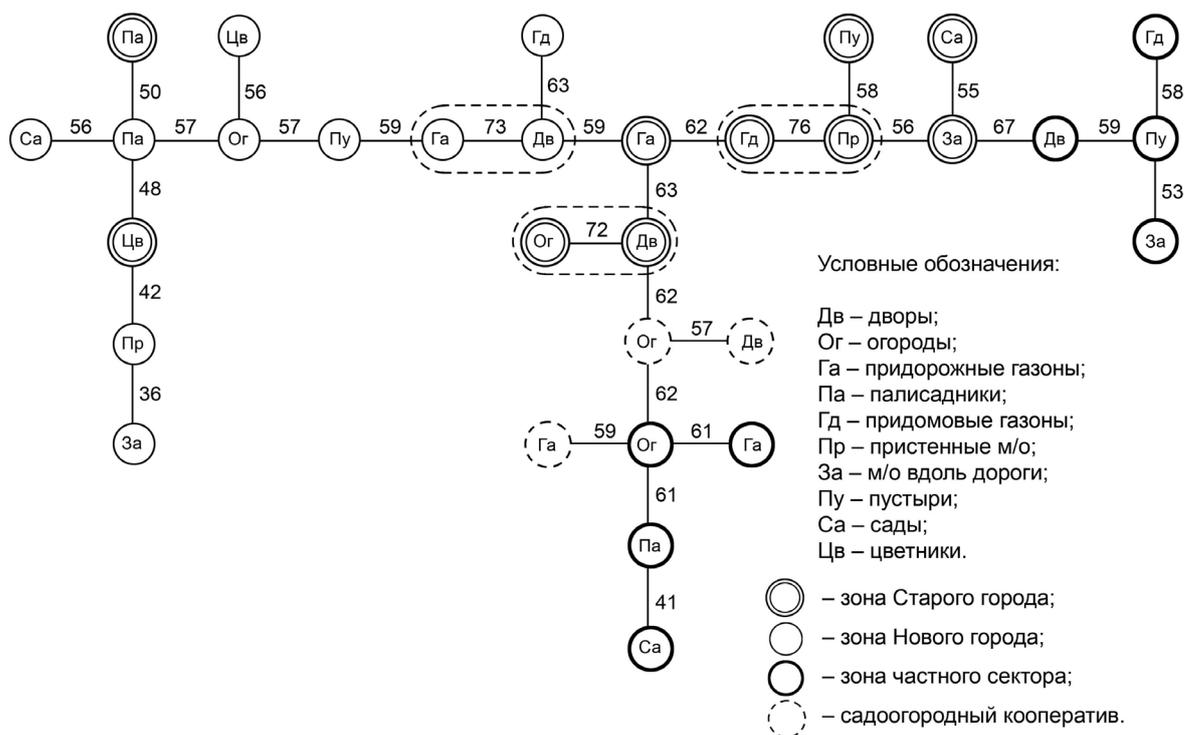


Рисунок 3 – Флористическое сходство всех парциальных (частных) флор экотопов

#### Выводы:

1. Статистика СНТ наиболее слабая среди всех типов землепользования как в городах, так и в районных муниципальных образованиях, в том числе и по их биоразнообразию.
2. В последние годы количество как СНТ, так и участков в них неуклонно снижается.
3. По своему биоразнообразию как полные, так и спонтанные флоры СНТ уступают биоразнообразию флоры почти всех типов городского ландшафта.
4. Интродуценты повышают биоразнообразие флоры СНТ, но флоры СНТ среди других городских МВ не занимают в этом отношении выдающегося положения, поскольку не менее активно интродуценты высаживаются и на других участках городского ландшафта (парки, скверы, особенно палисадники).
5. По своему биоразнообразию из всех городских экотопов садоогороды ближе всего к экотопам частного сектора.

#### Список литературы

1. Ильминских, Н. Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды / Н. Г. Ильминских. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014. – 470 с.
2. Шмидт, В. М. Качественные показатели в сравнительной флористике / В. М. Шмидт // Ботанический журнал. – 1974. – Т. 59. – № 7. – С. 929–940.

3. Шмидт, В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.
4. Шмидт, В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1980. – 176 с.
5. Szmajda, P. Flora synantropijna Stargradu Szczecinskiego i Pyrzyz / P. Szmajda // Bad. fizjogr. nad Polska zach. Ser. B. – 1974. – Т. 27. – С. 227–261
6. Thellung, A. Zur Terminologie der Adventiv- und Ruderalfloristik / A. Thellung // Allg. botan. Zeitschr. für Syst., Floristik, Pflanzengeogr. etc. – 1918/1919. – 24/25 Jg. – № 9/12. – С. 36–42.
7. Witting, R. Das ökologische Zeigerwertspektrum der spontanen Flora von Grossstädten im Vergleich zum Spektrum ihres Umlandes / R. Witting, K.-J. Durwen // Natur und Landschaft. – 1981. – Bd. 56. – № 1. – С. 12–16.

#### Spisok literatury

1. Il'minskih, N. G. Florogenez v usloviyah urbanizirovannoj sredy / N. G. Il'minskih. – Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 2014. – 470 s.
2. SHmidt, V. M. Kachestvennyye pokazateli v sravnitel'noj floristike / V. M. SHmidt // Botanicheskij zhurnal. – 1974. – Т. 59. – № 7. – С. 929–940.
3. SHmidt, V. M. Matematicheskie metody v botanike / V. M. SHmidt. – L.: Izd-vo LGU, 1984. – 288 s.
4. SHmidt, V. M. Statisticheskie metody v sravnitel'noj floristike / V. M. SHmidt. – L.: Izd-vo Leningr. Un-ta, 1980. – 176 s.

5. Szmajda, P. Flora synantropijna Stargradu Szczecinskiego i Pyrzyce / P. Szmajda // Bad. fizjogr. nad Polska zach. Ser. B. – 1974. – Т. 27. – S. 227–261

6. Thellung, A. Zur Terminologie der Adventiv- und Ruderalfloristik / A. Thellung // Allg. botan. Zeitschr. für

Syst., Floristik, Pflanzengeogr. etc. – 1918/1919. – 24/25 Jg. – № 9/12. – S. 36–42.

7. Witting, R. Das ökologische Zeigerwertspektrum der spontanen Flora von Grossstädten im Vergleich zum Spektrum ihres Umlandes / R. Witting, K.-J. Durwen // Natur und Landschaft. – 1981. – Bd. 56. – № 1. – S. 12–16.

#### Сведения об авторах:

**Ильминских Николай Геннадьевич** – доктор биологических наук, ведущий эколог БУ УР «Дирекция ООПТ регионального значения Удмуртской Республики» (426051, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. М. Горького, 73, e-mail: ngilminskikh@mail.ru).

**Жуков Андрей Юрьевич** – директор БУ УР «Дирекция ООПТ регионального значения Удмуртской Республики» (426051, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. М. Горького, 73, e-mail: udm.oopt@yandex.ru).

N. G. Il'minskikh, A. Yu. Zhukov

*Executive Board for protected areas of regional significance in the Udmurt Republic*

#### GARDEN NON-PROFIT PARTNERSHIPS (SNT) AND BIODIVERSITY

*Garden non-profit partnerships (SNT) hardly ever been studied scientifically. In land use statistics, this is also the weakest link. The article delivers studied standard units (landscape areas about 6 hectares) in the Yelabuga city suburbs and within the city itself, SNT included. Floristically, they are the closest to the private sector. Despite the introduced species planted, SNTs are poorer in biodiversity compared to many of those urban standard units and partial floras. This is explained by a strong human selective influence. Before to quit an SNT and to develop its territory, the most valuable tree-and-shrub species and varieties should be replanted to their new bed-places with their earth lump preserved. The translocation will serve to conservation of the urban flora biodiversity.*

**Key words:** garden non-profit partnerships (SNT); SNT statistics; biodiversity; translocation.

#### Authors:

**Il'minskikh Nikolai Gennadievich** – Doctor of Biological Sciences, Leading Ecologist of Executive Board for protected areas of regional significance in the Udmurt Republic (73, M. Gorky St., Izhevsk, 426051, Russian Federation, e-mail: ngilminskikh@mail.ru).

**Zhukov Andrei Yurievich** – Director of the Executive Board of Executive Board for protected areas of regional significance in the Udmurt Republic (73, M. Gorky St., Izhevsk, 426051, Russian Federation, e-mail: udm.oopt@yandex.ru).

УДК 635.925

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_9

Н. М. Кузьмина, А. В. Федоров

*Удмуртский ФИЦ УрО РАН*

#### БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ГОРТЕНЗИЯ *HYDRANGEA* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ИЖЕВСКА

*Возрастающие объемы создания новых и реконструкция имеющихся рекреационных зон для отдыха населения приводит к увеличению спроса на декоративные деревья и кустарники, поэтому изучение биоэкологических особенностей видов и сортов *Hydrangea* является весьма актуальным. Цель работы – охарактеризовать различную степень адаптивности к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам окружающей среды 14 видов и сортов *Hydrangea* коллекции Отдела интродукции и акклиматизации растений и определить перспективность использования данных таксонов в озеленении городов Среднего Предуралья. Для оценки по декоративным признакам использована методика, разработанная сотрудниками ботанического сада г. Уфы. За основу взяты методические разработки по декоративности различных культур. Приводится характеристика метеорологических условий в годы исследований*

(2019–2020 гг.). По результатам исследований в качестве наиболее перспективных претендентов для зеленого строительства в городах Среднего Предуралья было отмечено 7 представителей рода *Hydrangea*: гортензия метельчатая *Hydrangea paniculata* Ziebold – ‘Limelight’, ‘Pinky Winky’, ‘Wim’s Red’ и ‘Vanille Fraise’; гортензия пильчатая *Hydrangea macrophylla* ssp. *Serrata* (Thunb.) Makino – ‘Bluebird’; гортензия черешковая *Hydrangea petiolaris* Siebold & Zuss. сорт ‘Petiolaris’ и гортензия древовидная *Hydrangea arborescens* L. сорт ‘Annabelle’. Данные таксоны по результатам двух лет наблюдений (2019–2020) имели оценку декоративности от 50 до 73 баллов и отнесены ко II группе декоративности, зимостойкость (5 баллов). Отмечено, что неблагоприятные климатические условия (дефицит влаги, прохладный май и июнь 2020 г.) снизили среднюю оценку декоративности всей коллекции представителей рода *Hydrangea* на 10 баллов, что связано со снижением показателя качества цветения.

**Ключевые слова:** гортензия; коллекция; особенности произрастания; озеленение; цветоводство; декоративность.

Создание новых и реконструкция имеющихся рекреационных зон для отдыха населения приводит к увеличению спроса на декоративные деревья и кустарники в качестве материала для зеленого строительства.

Представители рода *Hydrangea* являются декоративными кустарниками, которые высоко ценятся в ландшафтном строительстве стран Европы, Америки, Канады и Японии благодаря красивым цветкам и продолжительному периоду цветения. В этих странах имеются очень сильные школы гортензиоводства [3].

Род *Hydrangea* включает более 200 видов, из них 52 названия вида являются общепринятыми [16]. Всего в настоящее время выведено более 350 сортов рода *Hydrangea* [17].

При культивировании новых видов интродуцентов необходимы знания о биотических факторах для данной культуры. Учеными Старого и Нового света детально изучены грибковые, бактериальные и вирусные болезни представителей рода *Hydrangea*. У гортензии крупнолистной *H. macrophylla*, гортензии пильчатой *H. serrata* и гортензии метельчатой *H. paniculata* распространенной болезнью в теплых и влажных условиях (теплица, оранжерея) является мучнистая роса. Снижение относительной влажности в теплице и увеличение расстояния между растениями для улучшения циркуляции воздуха позволяет избавиться от мучнистой росы [14]. Септориоз, ржавчина, антракноз и другие грибковые заболевания поражают листовую поверхность. Рекомендуются убирать зараженные листья и поливать, не разбрызгивая воду по листьям. Подробный материал о симптомах болезни, биологии и эпидемиологии, мерах профилактики и стратегии борьбы с конкретной болезнью представлен в зарубежных литературных источниках [15].

При изучении биоэкологических особенностей представителей рода *Hydrangea* в различных регионах России учеными-биологами

отмечаются сорта, наиболее подверженные различным заболеваниям. При исследовании в Ленинградской области сортов гортензии метельчатой *H. paniculata* отмечен сорт ‘Grandiflora’, склонный при большом количестве осадков к полеганию ветвей и поражению ржавчиной [12].

В Среднем Предуралье представители рода *Hydrangea* используются пока редко из-за недостаточной изученности биоэкологических особенностей видов и сортов в данных условиях произрастания. В последнее время парки и скверы, построенные в советский период, нуждаются в реконструкции. При подборе посадочного материала для ландшафтного строительства необходимо знать, смогут ли новые культуры приспособиться к существующему биоценозу парков и нормально развиваться в зоне корневой системы старовозрастных деревьев.

Коллекция представителей рода *Hydrangea* Отдела интродукции и акклиматизации растений Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОАИР УдмФИЦ УрО РАН) произрастает в окружении березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. 60-летнего возраста. *B. pubescens* является одним из основных ландшафтообразующих древесных пород во многих парках городов России. Поэтому изучение биоэкологических особенностей видов и сортов *Hydrangea* в данных условиях произрастания является весьма актуальным.

**Цель работы** – охарактеризовать различную степень адаптивности к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам окружающей среды 14 видов и сортов *Hydrangea* коллекции Отдела интродукции и акклиматизации растений и определить перспективность использования данных таксонов в озеленении городов Среднего Предуралья.

**Материал и методы.** Объектами исследования являются 14 сортов и видов представи-

телей рода *Hydrangea*: гортензия метельчатая *H. paniculata*, сорта – ‘Limelight’, ‘Pinky Winky’, ‘Wim’s Red’, ‘Vanille Fraise’, ‘Diamond Rouge’, ‘Pink Diamond’; гортензия пильчатая *H. macrophylla* ssp. *Serrata* сорт ‘Bluebird’; гортензия черешковая *H. petiolaris* – ‘Petiolaris’; гортензия древовидная *H. arborescens* сорт ‘Annabelle’; гортензия крупнолистная *H. macrophylla*, сорта – ‘Nikko Blue’, ‘Teller Blue’, ‘Tivoli’ и гортензия дуболистная *H. quercifoli* сорта ‘Applause’.

Исследуемые виды и сорта гортензии были высажены в коллекции Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН, г. Ижевск, в 2017 г. Коллекция высажена под кроны старовозрастных насаждений березы пушистой *B. pubescens*. Расстояние от стволов березы пушистой *B. pubescens* до высаженных гортензий – 2–5 м. Корневая система березы пушистой *B. pubescens* в засушливую погоду забирает влагу, и представители коллекции *Hydrangea* произрастают с дефицитом влагообеспечения. Почва участка слабокислая. Производится мульчирование торфом и березовой листвой.

Фенологические наблюдения проводились по методике, принятой для ботанических садов [8].

Для оценки образцов сортов и видов коллекции *Hydrangea* по декоративным признакам взята методика, разработанная сотрудниками Южно-Уральского ботанического сада УНЦ РАН (Уфимский научный центр РАН) [2, 5, 7, 11, 10]. Каждый признак оценивался по 5-балльной шкале, а затем индексировался за счет коэффициента значимости данного признака (ПК) [8, 9].

Для оценки зимостойкости взята 5-балльная шкала, разработанная сотрудниками ботанического сада УНЦ РАН на основе методики ГБС РАН (Главный ботанический сад РАН) [4, 9].

При оценке декоративных качеств, представителей коллекции *Hydrangea*, выделяют три группы (ГД): I – высокодекоративные (80–100 баллов); II – декоративные (от 50 до 79 баллов); III – менее декоративные (менее 50 баллов) [9].

**Результаты и обсуждения.** По средним температурным показателям май 2019–2020 гг. был примерно одинаковый – теплый. По влажности – 2020 г. был более засушливый, осадков выпало менее нормы – 74 %. Переход среднесуточной температуры на активные (+ 10 °C) для теплолюбивых древесных растений в 2019 г. произошел 3 мая, а в 2020 г.

27 апреля. В 2019 г. в конце апреля отмечено понижение ночных температур до -5 °C [1].

Начало вегетации 2019–2020 гг. почти у всех представителей коллекции *Hydrangea* отмечено в первой декаде мая. В 2020 г. начало вегетации отмечено раньше на 1–4 дня по сравнению с 2019 г. У гортензии черешковой *H. petiolaris* ‘Petiolaris’ начало вегетации отмечено раньше всех – 28.04 в 2019 г. и 27.04 в 2020 г. У остальных представителей рода *Hydrangea* в 2019 г. начало вегетации отмечено с 6 по 12 мая, в 2020 г. – со 2 по 11 мая.

Можно предположить, что на начало вегетации повлияла дата перехода среднесуточной температуры на активные (+ 10 °C) и ночные заморозки в конце апреля 2019 г.

В 2019 г. была проведена оценка декоративности видов и сортов *Hydrangea* коллекции ОАИР УдмФИЦ УРО РАН. Оценка проводилась по методике, разработанной сотрудниками ботанического сада УНЦ РАН г. Уфы [2, 5, 7, 9–11].

В 2019 г. не наблюдалось цветения у трех представителей исследуемой коллекции *Hydrangea*: гортензии дуболистной *H. quercifoli* ‘Applause’, гортензии крупнолистной *H. macrophylla* сорта ‘Tivoli’ и ‘Teller Blue’. Возможно, это связано с тем, что качество высаживаемых саженцев было не достаточно хорошее. Остальные цветущие представители рода *Hydrangea* набрали по шкале декоративности от 49 до 73 баллов. Меньше всего – 49 баллов набрала гортензия метельчатая *H. paniculata* сорта ‘Pink Diamond’, что указывает на большую чувствительность данного сортообразца *Hydrangea* к неблагоприятным условиям произрастания в приствольном круге *B. pubescens*.

Гортензия черешковая *H. petiolaris* ‘Petiolaris’ набрала 58 баллов по оценке декоративности. Этот вид имеет жизненную форму в виде лианы, переход в генеративный этап развития происходит медленнее, чем у кустовых форм, поэтому обилие цветения отмечено низкое.

Пять кустов гортензии древовидной *H. arborescens* ‘Annabelle’ произрастают на заднем плане коллекции в ряд, граничащий с березами пушистыми *B. pubescens* (2,5 м.), поэтому также подвержены дефициту влагообеспечения. Дефицит влаги отрицательно повлиял на размер цветков, обилие цветения и на общее развитие куста (61 балл).

Гортензия крупнолистная *H. macrophylla* ‘Nikko Blue’ набрала 62 балла. Развитие куста и цветение хорошее, цвет соцветий однотонный и не изменялся во время вегетации.

Самый высокий балл оценки – 73, набрала гортензия метельчатая *H. paniculata* ‘Wim’s Red’. Растение имело мощное развитие, куст имел сильные и крепкие побеги с крупными соцветиями. По мере цветения соцветия данного образца меняли свой цвет: в начале они были белые, но вскоре приобрели розоватый оттенок. Ближе к осени соцветия приобретают насыщенно-бордовый тон.

Гортензия пильчатая *H. macrophylla* ssp. *Serrata* – вид, пока редко используемый в ландшафтном строительстве из-за слабой морозостойкости. Сорт ‘Bluebird’ перезимовал хорошо и цвел оригинальными кружевными соцветиями розового цвета. Отмечено раннее цветение, по сравнению с остальными – на 2–3 недели и самое продолжительное в коллекции – более 100 суток. Цветет до заморозков.

Сорта гортензии метельчатой *H. paniculata*: ‘Limelight’, ‘Pinky Winky’, ‘Diamond rouge’, ‘Vanille Fraise’ имели хорошее развитие и красивое цветение (67–70 баллов). Представители рода *Hydrangea*, набравшие 67–73 баллов, произрастают в удалении от березы пушистой *B. pubescens* на 5–6 метров. Почти все виды и сорта гортензии *Hydrangea* в условиях исследований соответствовали своим сортовым особенностям. У гортензии крупнолистной *H. macrophylla* ‘Nikko Blue’ и гортензии пильчатой *H. macrophylla* ssp. *Serrata* ‘Bluebird’ соцветия были розового цвета. В сортовом описании соцветия должны быть голубого цвета. Данное явление объясняется нейтральной кислотностью почвы [3].

При визуальном осмотре во время вегетационного периода у представителей рода *Hydrangea* не было выявлено дефектов листы, связанных с болезнями и порчей насекомыми-вредителями.

В 2020 г. снизилась средняя оценка декоративности всей коллекции гортензии *Hydrangea* на 10 баллов. Цветения не было у 5 таксонов: гортензии метельчатой *H. paniculata* ‘Pink Diamond’ и ‘Diamond rouge’, гортензии крупнолистной *H. macrophylla* ‘Nikko Blue’ и ‘Tivoli’, гортензии дуболистной *H. quercifoli* ‘Applause’, хотя в 2019 г. не цвели только 3 таксона. У остальных цветущих таксонов оценка декоративности в основном понизилась из-за слабого обилия цветения. В июне месяце 2020 г. отмечен дефицит влагообеспечения (выпало 46 % от нормы) и прохладная погода. При характеристике обильности цветения в коллекции дендрария и питомника Горнотаежной станции им В. Л. Комарова (ДВО РАН) было отме-

чено, что холодная весна способствует более поздним срокам зацветания и менее обильному цветению [6]. Зарубежные авторы также отмечают отрицательное влияние холодной погоды на развитие соцветий представителей рода Гортензия *Hydrangea* [18, 13]. Дефицит влагообеспечения особенно сильно в условиях недостатка влаги повлиял на произрастающую на самом близком расстоянии от берез (2 м.) гортензию метельчатую *H. paniculata* ‘Pink Diamond’, которая не цвела и набрала всего 17 баллов против 49 баллов в 2019 г. Куст был слаборазвитым, с полеглими ветвями. У остальных представителей коллекции рода *Hydrangea* развитие куста было хорошее, но обилие цветения слабее, чем в 2019 г.

Можно сделать вывод, что прохладная погода и дефицит влаги во время вегетации в 2020 г. (июнь) сказался отрицательно на развитии растений и на качестве цветения. Особенно сильно ухудшение декоративности цветения было выражено у особей, произрастающих на близком расстоянии – 2–3 м от берез, чем у экземпляров, расположенных дальше. Поэтому высаживать представителей рода *Hydrangea* рядом с деревьями с поверхностной корневой системой (*B. pubescens*, *Populus L.*) на расстоянии ближе 5 м не рекомендуется. Состояние растений было оценено в 5 баллов, что было обусловлено отсутствием повреждений насекомыми-вредителями и различными болезнями.

**Заключение.** По результатам исследований (2019–2020 гг.), в качестве наиболее перспективных для зеленого строительства в городах Среднего Предуралья было выделено 7 представителей рода *Hydrangea*, набравших по оценке декоративности более 50 баллов в 2020 г.: гортензия метельчатая *H. paniculata*: ‘Limelight’, ‘Pinky Winky’, ‘Wim’s Red’, ‘Vanille Fraise’; гортензия пильчатая *H. serrata* ‘Bluebird’; гортензия черешковая *H. petiolaris* ‘Petiolaris’ и гортензия древовидная *H. arborescens* ‘Annabelle’. Данные таксоны по результатам двух лет наблюдений (2019–2020), имели оценку декоративности от 50 до 73 баллов и отнесены ко II группе декоративности, имели высокую зимостойкость (5 баллов). Несмотря на некомфортные условия произрастания для представителей рода *Hydrangea* в годы наблюдений (дефицит влаги, прохладный май и июнь 2020 г.), данные представители коллекции рода *Hydrangea* в условиях Среднего Предуралья имели ежегодное цветение.

Неблагоприятные климатические условия (дефицит влаги, прохладный май и июнь

2020 г.) снижали среднюю оценку декоративности всей коллекции представителей рода *Hydrangea* на 9,9 балла, по сравнению с условиями нормального цветения. В основном снижение декоративности происходило из-за качества цветения. В 2020 г. цветения не было у двух сортов гортензии метельчатой *H. paniculata* 'Pink Diamond', 'Diamond rouge' и гортензии крупноцветковой *H. macrophylla* 'Nikko Blue', которые цвели в 2019 г. У остальных представителей коллекции рода *Hydrangea* уменьшилось обилие цветения.

Было отмечено, что больше всего дефицит влаги отрицательно повлиял на гортензию метельчатую *H. paniculata* 'Pink Diamond', которая произрастает на расстоянии 2 м от березы пушистой *B. pubescens* (отмечено отсутствие цветения, слаборазвитый куст с полегшими ветвями). Поэтому высаживать представителей рода *Hydrangea* рядом с деревьями, которые имеют поверхностную корневую систему (*Betula L.*, *Populus L.*) на расстоянии ближе 5 м не рекомендуется. При изучении декоративности сортов гортензии метельчатой в Башкирском Предуралье сорт 'Pink Diamond' был отнесен к группе декоративных [9].

### Список литературы

1. Архив погоды в Ижевске. 2020 Данные метеостанции (2019–2020 гг.) // rp5.ru: Расписание погоды: сайт. – URL: [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Ижевске](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Ижевске) (дата обращения 15.08.2021).
2. Былов, В. Н. Основы сортооценки декоративных растений / В. Н. Былов // Интродукция и селекция цветочнодекоративных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 7–31.
3. Гортензия // Usadba.guru: портал о строительстве и садоводстве. – URL: <http://usadba.guru/cvetovodstvo/kustarniki/gortenzia/> (дата обращения 13.07.2021).
4. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР / П. И. Лапин, М. С. Александрова, Н. А. Бородина [и др.]. – М.: Наука, 1975. – 547 с.
5. Калиниченко, А. А. Семенная база дальневосточных интродуцентов на Украине / А. А. Калиниченко // Вопросы лесоводства и агрономии. – Киев: Урожай, 1970. – С. 89–92.
6. Коляда, Н. А. Показатели цветения и декоративности представителей семейства Гортензиевые (*Hydrangeaceae Dumort.*) в дендрарии Горнотаежной станции ДВО РАН / Н. А. Коляда // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 5. – С. 229–231.
7. Методика Государственного сортоиспытания декоративных культур. – М.: МСХ РСФСР, 1960. – 180 с.

8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / М. С. Александрова, Н. Е. Булыгин, В. Н. Ворошилов [и др.]. – М.: ГБС АН СССР, 1975. – 28 с.

9. Мурзабулатова, Ф. К. О методике оценки декоративности гортензий (*Hydrangea L.*) / Ф. К. Мурзабулатова, Н. В. Полякова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 1. – С. 266–270.

10. Полякова, Н. В. Оценка декоративности сирени (*Syringa L.*) / Н. В. Полякова, В. П. Путенихин // Аграрная Россия. – 2013. – № 2. – С. 14–19.

11. Рязанова, Н. А. Клены в Башкирском Предуралье: биологические особенности в условиях интродукции: монография / Н. А. Рязанова, В. П. Путенихин. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 224 с.

12. Самбурова, Ю. М. Оценка декоративности сортов гортензии метельчатой в Ленинградской области / Ю. М. Самбурова, Н. А. Адрицкая // Роль молодых учёных в решении актуальных задач АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных. – СПб: СПбГАУ, 2018. – С. 80–83.

13. Architectural development of inflorescence in *Hydrangea macrophylla* cv. Hermann Dienemann / G. Galopin, S. Codarin, J. D. Viemont [et al.] // HortScience. – 2008. – № 43 (2). – P. 361–365.

14. Bright-field and fluorescence microscopic study of development of Erysiphe polygoni in susceptible and resistant bigleaf *Hydrangea* / Y. Li, M. T. Windham, R. N. Trigiano [et al.] // Plant Dis. – 2009. – № 93. – P. 130–134.

15. Evaluation of powdery mildew resistance in *Hydrangea macrophylla* / M. T. Windham, S. M. Reed, M. T. Mmbaga [et al.] // Environ Hort. – 2011. – № 29. – P. 60–64.

16. The Plant List: website. – URL: <https://www.theplantlist.org> (дата обращения 23.05.2021).

17. Van Gelderen, C. J. Encyclopedia of *Hydrangeas* / C. J. Van Gelderen, D. M. Van Gelderen. – Portland, Cambridge: Timber Press, 2004. – 280 p.

18. Wisniewska, E. Przebieg Kształtowania się kwiatostanu u *Hydrangea macrophylla* Ser. cv. *Altona* / E. Wisniewska, Z. Zawadzka // Acta Agrobotanica. – 1962. – № 11. – P. 157–165.

### Spisok literatury

1. Arhiv pogody v Izhevsk. 2020 Dannye meteostancii (2019–2020 gg.) // rp5.ru: Raspisanie pogody: sayt. – URL: [https://rp5.ru/Arhiv\\_pogody\\_v\\_Izhevsk](https://rp5.ru/Arhiv_pogody_v_Izhevsk) (data obrashcheniya 15.08.2021).
2. Bylov, V. N. Osnovy sortoocenki dekorativnyh rastenij / V. N. Bylov // Introdukcija i selekcija cve-tochnodekorativnyh rastenij. – М.: Nauka, 1978. – С. 7–31.
3. Gortenziya // Usadba.guru: portal o stroitel'stve i sadovodstve. – URL: <http://usadba.guru/cvetovodstvo/kustarniki/gortenzia/> (data obrashcheniya 13.07.2021).

4. Drevesnye rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR / P. I. Lapin, M. S. Aleksandrova, N. A. Borodina [i dr.]. – M.: Nauka, 1975. – 547 s.
5. Kalinichenko, A. A. Semennaya baza dal'ne-vostochnykh introducentov na Ukraine / A. A. Kalinichenko // Voprosy lesovodstva i agromelioracii. – Kiev: Urozhaj, 1970. – S. 89–92.
6. Kolyada, N. A. Pokazateli cveteniya i dekorativnosti predstavitelej semejstva Gortenzievye (*Hydrangeaceae Dumort.*) v dendrarii Gornotaezhoj stancii DVO RAN / N. A. Kolyada // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2012. – T. 14. – № 5. – S. 229–231.
7. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya dekorativnykh kul'tur. – M.: MSKH RSFSR, 1960. – 180 s.
8. Metodika fenologicheskikh nablyudenij v botanicheskikh sadah SSSR / M. S. Aleksandrova, N. E. Bulygin, V. N. Voroshilov [i dr.]. – M.: GBS AN SSSR, 1975. – 28 s.
9. Murzabulatova, F. K. O metodike ocenki dekorativnosti gortenzij (*Hydrangea L.*) / F. K. Murzabulatova, N. V. Polyakova // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2014. – T. 16. – № 1. – S. 266–270.
10. Polyakova, N. V. Ocenka dekorativnosti sireni (*Syringa L.*) / N. V. Polyakova, V. P. Putenihin // Agrarnaya Rossiya. – 2013. – № 2. – S. 14–19.
11. Ryazanova, N. A. Kleny v Bashkirskom Predural'e: biologicheskie osobennosti v usloviyah introdukcii: monografiya / N. A. Ryazanova, V. P. Putenihin. – Ufa: AN RB, Gilem, 2012. – 224 s.
12. Samburova, YU. M. Ocenka dekorativnosti sortov gortenzii metel'chatoj v Leningradskoj oblasti / YU. M. Samburova, N. A. Adrickaya // Rol' molodyh uchyonih v reshenii aktual'nyh zadach APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchyonih. – SPb: SPbGAU, 2018 – S. 80–83.
13. Architectural development of inflorescence in *Hydrangea macrophylla* cv. Hermann Dienemann / G. Galopin, S. Codarin, J. D. Viemont [et al.] // HortScience. – 2008. – № 43 (2). – P. 361–365.
14. Bright-field and fluorescence microscopic study of development of Erysiphe polygoni in susceptible and resistant bigleaf *Hydrangea* / Y. Li, M. T. Windham, R. N. Triggiano [et al.] // Plant Dis. – 2009. – № 93. – P. 130–134.
15. Evaluation of powdery mildew resistance in *Hydrangea macrophylla* / M. T. Windham, S. M. Reed, M. T. Mmbaga [et al.] // Environ Hort. – 2011. – № 29. – P. 60–64.
16. The Plant List: website. – URL: <https://www.thepiantlist.org> (data obrashcheniya 23.05.2021).
17. Van Gelderen, C. J. Encyclopedia of *Hydrangeas* / C. J. Van Gelderen, D. M. Van Gelderen. – Portland, Cambridge: Timber Press, 2004. – 280 p.
18. Wisniewska, E. Przebieg Kształtowania się kwiatostanu u *Hydrangea macrophylla* Ser. cv. *Altona* / E. Wisniewska, Z. Zawadzka // Acta Agrobotanica. – 1962. – № 11. – P. 157–165.

#### Сведения об авторах:

**Кузьмина Надежда Михайловна** – старший научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: kuzmina1956@mail.ru).

**Федоров Александр Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: udmgardern@mail.ru).

N. M. Kuzmina, A. V. Fedorov

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

#### BIOECOLOGICAL FEATURES OF THE GENUS *HYDRANGEA* L.' REPRESENTATIVES IN THE CONDITIONS OF THE CITY OF IZHEVSK

*Rising volumes of creating new and reconstructing currently actual recreation areas for the citizens' leisure entails the demand growth for ornamental trees and shrubs. Therefore, the study of bioecological features of the genus Hydrangea L.' species and varieties is quite relevant. In this regard, the purpose of the work is to characterize varying degrees of adaptability to unfavorable abiotic and biotic environmental factors of 14 species and varieties of Hydrangea from the collection of the Department of Plant Introduction and Acclimatization, and to determine the prospects of using these taxa in the landscaping of cities in the Middle Urals. For the assessment based on ornamental characteristics, a technique was used, developed by the staff of the botanical garden in Ufa. Methodological developments on decorativeness of various cultures are taken as a basis. The characteristics of meteorological conditions during the years of research (2019–2020) are given. According to the research results, 7 representatives of the genus Hydrangea were noted as the most promising candidates for green constructing in the cities of the Middle Urals: panicle hydrangea Hydrangea paniculata Ziebold – 'Limelight', 'Pinky Winky', 'Wim's Red' and 'Vanille Fraise'; serrata hydrangea Hydrangea macrophylla ssp. Serrata (Thunb.) Makino – 'Bluebird' petiole hydrangea Hydrangea petiolaris Siebold & Zuss. cultivar 'Petiolaris' and hydrangea arboreal Hydrangea*

*arborescens L. cultivar 'Annabelle'. According to the results of two years of observation (2019–2020), these taxa had a decorativeness rating of 50 to 73 points and were assigned to the II group of decorativeness, winter hardiness (5 points). It was noted that unfavorable climatic conditions (moisture deficit, cool May and June 2020) reduced the average decorativeness score of the entire collection of representatives of the Hydrangea genus by 10 points, caused the decrease in the flowering quality indicator.*

**Key words:** *hydrangea; collection; features of growth; landscaping; floriculture; decorativeness.*

#### Authors:

**Kuz'mina Nadezhda Mikhailovna** – Senior Researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramza St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: kuzmina1956@mail.ru).

**Fyodorov Aleksandr Vladimirovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: udmgardern@mail.ru).

УДК 634.8:58.056

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_15

Т. Г. Леконцева<sup>1</sup>, А. В. Федоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

<sup>2</sup>Удмуртский ФИЦ УрО РАН

## ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ВИНОГРАДА (*VITIS VINIFERA L.*) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ

*Одной из проблем при возделывании винограда в условиях Среднего Предуралья является недостаточная сумма активных температур (САТ) и неблагоприятный температурный режим в отдельные периоды вегетации. Целью исследований было изучение температурного режима воздуха и почвы во время вегетационного периода в зависимости от способов размещения насаждений винограда. Закладка опыта была проведена на территории ботанического сада УдГУ в 2011 г., кусты винограда высажены по схеме 2,0 × 1,5 м в траншеи (контроль), на ровную поверхность и на гряды. Учеты и наблюдения проводились в 2019 г. Измерение температуры проводили 8 раз в сутки электронными термометрами TP-1: на нижней проволоке шпалеры, в 50 см над поверхностью почвы и в почве на глубине 10 см на удалении 20 см от основания куста. Сумма активных (10 °С) температур воздуха на винограднике в 2019 г. составляла 2033,5 °С, что соответствует требованиям для раннеспелых сортов винограда. Способ размещения насаждений винограда оказал существенное влияние на САТ почвы: на гряде она составила 2141,7 °С, на ровной поверхности и в траншее – 2094,5 и 2090,2 °С соответственно. Таким образом, оптимальный вариант размещения кустов винограда на ровной поверхности и на гряде. При такой посадке виноградные кусты получают больше тепла, что способствует лучшему росту и развитию.*

**Ключевые слова:** *виноград; теплообеспеченность; сумма активных температур; ровная поверхность; гряда; траншея.*

**Актуальность.** Для возделывания винограда нижняя граница САТ должна быть не ниже 2500 °С [6]. В условиях Среднего Предуралья для возделывания культуры винограда наблюдается недостаточная теплообеспеченность. Показателем теплообеспеченности вегетационного периода является сумма активных температур. В районе исследований она составляет 1900–2000 °С, а продолжительность периода активной вегетации 124–133 дня [1]. Знание средней продолжительности

вегетационного периода позволит сделать правильный выбор сорта для получения полноценного качественного урожая винограда [10]. Первые успешные попытки возделывания культуры винограда в Удмуртии были предприняты в 60-х годах прошлого столетия. В настоящее время виноградарство в частном садоводстве распространено довольно широко, что обусловлено расширением ассортимента, позволяющим выращивать культуру в более жестких природно-климатических зонах.

При возделывании винограда в укрывной культуре популярным является способ посадки винограда в неглубокие траншеи, что облегчает укрытие насаждений на зимний период и гарантирует их сохранность при сильных морозах [2].

Однако в таких условиях наблюдается меньшая аккумуляция тепла в вегетационный период, возможность подопревания лозы в зимне-весенний период, что оказывает неблагоприятное влияние на развитие растений, вызревание лозы и качестве урожая. При посадке на гряды почва в базальной части корневой системы прогревается в более ранние сроки, теплообеспеченность выше, но есть определенные трудности и опасения при укрытии кустов на зимний период.

**Цель и задачи исследований:** изучение температурного режима воздуха и почвы во время вегетационного периода в зависимости от способа размещения кустов винограда.

**Объект и методы.** В опыте по изучению влияния способа размещения кустов на развитие винограда посадка была проведена на ровной поверхности, гряде и в траншее. Высота земляного вала гряды и глубина траншеи около 20 см. Схема посадки кустов 2,0 × 1,5 м.

Измерение температуры воздуха проводили электронными термометрами ТР-1 на нижней проволоке шпалеры, на высоте 50 см над поверхностью почвы и в почве на глубине 10 см в 20 см от основания куста.

**Результаты исследований.** По данным К. В. Смирнова (1978), к абиотическим факторам относятся: климатические условия, почвенно-грунтовые и топографические [6]. Один из важнейших климатических факторов, влияющих на растительные организмы, – температура воздуха и почвы. По мнению эстонских ученых, влияние климата и почвы на виноград сильнее, чем сортовая особенность [9]. Наблюдается глобальное потепление климата и в связи с этим увеличение продолжительности периода со среднесуточной температурой +10 °С и выше [5]. По среднеклиматическим нормам продолжительность периода с температурой +10 °С и выше равна 128 суток, в 2006–2015 гг. – 141 суток [4]. Увеличение продолжительности вегетационного периода является положительным моментом для возделывания винограда.

Ниже приведены данные температуры воздуха Метеорологической станции г. Ижевска и электронных термометров на опытном участке (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Данные температуры за вегетационный период с 15.05.2019 по 30.09.2019 г., °С (по данным Метеорологической станции Ижевска, широта 56.83, долгота 53.45)

Период наблюдения	Климатическая норма	2019			
		medium	min	max	CAT
15.05–31.05	–	13,8	-2,2	27,7	149,6
01.06–30.06	17,0	16,0	2,4	29,5,	480,0
01.07–31.07	18,9	16,7	7,1	27,6	517,7
01.08–31.08	16,0	14,1	2,8	26,4	431,1
01.09–30.09	10,2	8,9	-2,8	24,0	267,0
Сумма	–	–	–	–	1845,4

Таблица 2 – Данные температуры воздуха за вегетационный период с 15.05.2019 по 30.09.2019 г. на нижней проволоке шпалеры, °С (по данным ТР-1, Ботанический сад УдГУ)

Период наблюдения	medium	min	max	CAT
15.05–31.05	13,8	-3,5	36,5	222,1
01.06–30.06	18,8	-0,5	40,5	564,3
01.07–31.07	19,3	12,7	38,5	598,1
01.08–31.08	15,3	+6,0	39,5	473,9
01.09–30.09	5,8	-3,5	31,0	175,1
Сумма	–	–	–	2033,5

Опасным в весенний период является понижение температур ниже 0 °С, которое способствует гибели нежной вегетативной массы винограда и существенно снижает урожайность кустов.

В период с 19 по 26 мая наблюдались возвратные заморозки 6 раз, минимальное значение температуры было 26 мая, -3,5 °С. В июне понижение отмечалось до -0,5 °С. Осенние заморозки отмечены 22 и 28 сентября, температура была -3,5 и -2,5 °С соответственно. По метеоданным г. Ижевска, минимальная температура в мае была -2,2 °С, в сентябре -2,8 °С. Таким образом, на винограднике возвратные весенние и осенние заморозки были сильнее по сравнению с метеоданными.

нию с метеоданными, исключение наблюдается в сентябре, САТ составила 175,1 °С, по метеоданным – 267,0 °С (рис. 1).

Таким образом, теплообеспеченность на винограднике больше по сравнению с метеоданными г. Ижевска, однако диапазон колебания температур больше.

Важным показателем является температурный режим в почве.

Температурный фактор в зоне базальной части корневой системы оказывает существенное влияние на условия роста растений [3].

Диапазон колебания температуры воздуха шире по сравнению с данными температурного режима в почве.

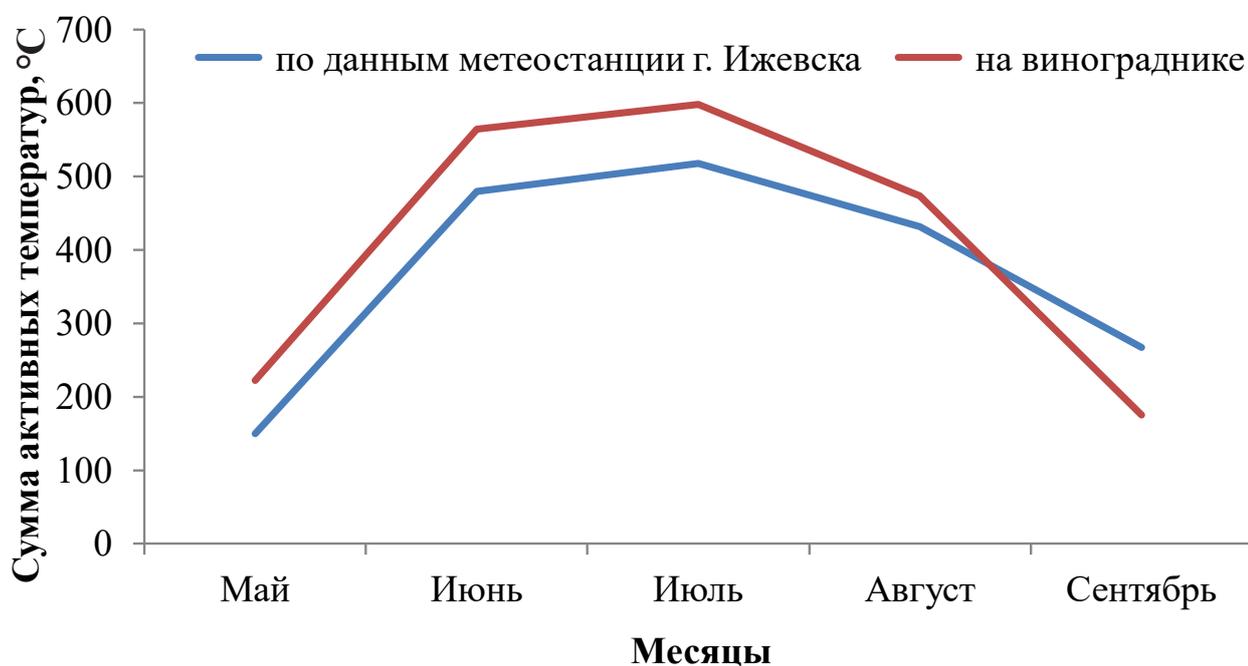


Рисунок 1 – Сумма активных температур, по данным метеостанции г. Ижевска, и на винограднике, вегетационный период 2019 г.

За все месяцы наблюдений максимальная температура воздуха на опытном участке была выше. Это можно объяснить нахождением термометра на открытом месте, в непосредственной близости от почвы, южной экспозицией участка, особенным микроклиматом на винограднике.

Теплообеспеченность воздушной среды за период наблюдений на винограднике выше. На винограднике САТ составила 2033,6 °С, что является достаточным для возделывания раннеспелых сортов винограда. По метеоданным г. Ижевска – 1845,4 °С.

На протяжении периода наблюдений по месяцам САТ на винограднике выше по сравне-

Графики температур в почве на гряде, равнине и в траншее повторяли график воздушной среды в более сглаженном виде (рис. 2).

Графики температур в почве на ровной поверхности, на гряде и в траншее практически накладывались друг на друга, САТ за период исследований отличалась незначительно. Максимальная теплообеспеченность была на гряде, САТ была 2141,7 °С, на ровной поверхности – 2094,5 °С (рис. 3).

В траншее САТ по сравнению с грядой была меньше на 51,5 °С. Полученные результаты согласуются с результатами предыдущих наших исследований [7, 8].

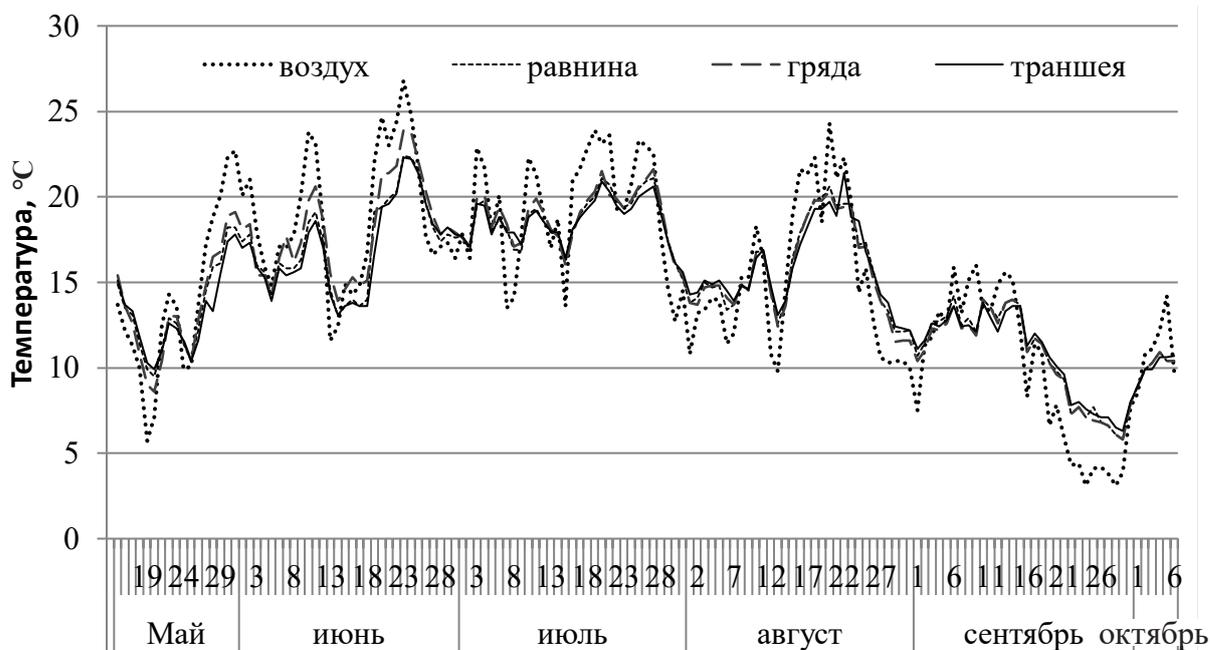


Рисунок 2 – Температурный режим воздуха и в почве при разных способах размещения винограда, 2019 г.

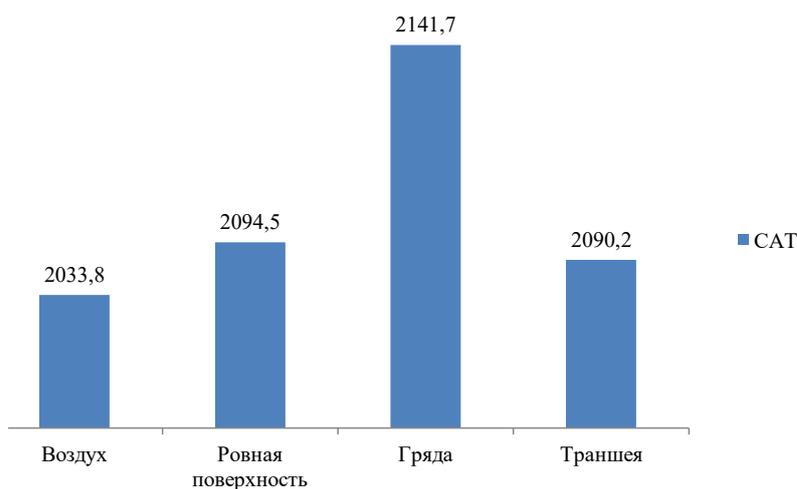


Рисунок 3 – Сумма активных температур в почве, период с 15.05.2019 г. по 06.10.2019 г., °C

**Выводы.** Сумма активных (10 °C) температур воздуха за период с 15.05.2021 г. по 30.09.2021 г. составила 2033,6 °C, что соответствует требованиям для раннеспелых сортов винограда. В почве максимальная теплообеспеченность отмечена на гряде, САТ была 2141,7 °C, на ровной поверхности данный показатель составил 2094,5 °C. Таким образом, оптимальный вариант размещения кустов винограда – на ровной поверхности и на гряде.

#### Список литературы

1. Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 115 с.
2. Атлас северного винограда. НПО «Сад и огород». – Челябинск, 2007. – 144 с.

3. Коровин, А. И. Роль температуры в минеральном питании растений / И. А. Коровин. – Л: Гидрометеиздат, 1972. – 265 с.

4. Макаров, В. И. Агроклиматические ресурсы Удмуртии и их связь с урожайностью зерновых культур (на примере Ижевской ГМС) / В. И. Макаров // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – Т. 26. – Вып. 3. – 2016. – С. 112–121.

5. Погода и климат. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411> (дата обращения 04.10.2021 г.).

6. Смирнов, К. В. Виноградарство / К. В. Смирнов, Т. И. Калмыкова, Г. С. Морозова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.

7. Федоров, А. В. Особенности роста и развития винограда «Мускат розовый» при разных способах размещения и укрытия в Среднем Предуралье / А. В. Федоров, Т. Г. Леконцева // Теория и прак-

тика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской конференции. – Ижевск, 2015. – Т. 1. – С 62–65.

8. Федоров, А. В. Особенности роста и развития винограда при разных способах размещения в Среднем Предуралье / А. В. Федоров, Т. Г. Леконцева // Состояние и перспективы развития северного садоводства: материалы научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня основания СССР. – Екатеринбург, 2016. – С. 166–171.

9. Rätsep, R. Nordic grape growing in a cool climate – problems and prospects / R. Rätsep, K. Karp, E.Vool // International Conference “Legislative and Technological Aspects of Horticultural and Viticultural Development” for the 100th Anniversary of the Official Law of „Grape wine“. – Odessa district, Ukraine, 2014.

10. Wiltse, M. Growing Grapes in Cold Climates / M. Wiltse. – URL: <https://winemakermag.com/article/332-growing-grapes-in-cold-climates> (дата обращения 04.10.2021 г.).

### Spisok literatury

1. Agroklimaticheskie resursy Udmurtskoj ASSR. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. – 115 s.

2. Atlas severnogo vinograda. NPO «Sad i ogorod». – Chelyabinsk, 2007. – 144 s.

3. Korovin, A. I. Rol' temperatury v mineral'nom pitanii rastenij / I. A. Korovin. – L: Gidrometeoizdat, 1972. – 265 s.

4. Makarov, V. I. Agroklimaticheskie resursy Udmurtii i ih svyaz' s urozhajnost'yu zernovyh kul'tur (na primere Izhevskoj GMS) / V. I. Makarov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. – Т. 26. – Вып. 3. -2016. – С. 112–121.

5. Pogoda i klimat. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411> (data obrashcheniya 04.10.2021 g.).

6. Smirnov, K. V. Vinogradarstvo / K. V. Smirnov, T. I. Kalmykova, G. S. Morozova. – М.: Agropromizdat, 1987. – 367 s.

7. Fedorov, A. V. Osobennosti rosta i razvitiya vinograda «Muskat rozovyy» pri raznyh sposobah razmeshcheniya i ukrytiya v Srednem Predural'e / A. V. Fedorov, T. G. Lekonceva // Teoriya i praktika – ustojchivomu razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa: materialy Vserossijskoj konferencii. – Izhevsk, 2015. – Т. 1. – С 62–65.

8. Fedorov, A. V. Osobennosti rosta i razvitiya vinograda pri raznyh sposobah razmeshcheniya v Srednem Predural'e / A. V. Fedorov, T. G. Lekonceva // Sostoyanie i perspektivy razvitiya severnogo sadovodstva: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 80-letiyu so dnya osnovaniya SSSS. – Ekaterinburg, 2016. – С. 166–171.

9. Rätsep, R. Nordic grape growing in a cool climate – problems and prospects / R. Rätsep, K. Karp, E.Vool // International Conference “Legislative and Technological Aspects of Horticultural and Viticultural Development” for the 100th Anniversary of the Official Law of „Grape wine“. – Odessa district, Ukraine, 2014.

10. Wiltse, M. Growing Grapes in Cold Climates / M. Wiltse. – URL: <https://winemakermag.com/article/332-growing-grapes-in-cold-climates> (data obrashcheniya 04.10.2021 g.).

### Сведения об авторах:

**Леконцева Татьяна Германовна** – аспирант кафедры плодовоовощеводства и защиты растений, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: [t.lekontseva@yandex.ru](mailto:t.lekontseva@yandex.ru)).

**Федоров Александр Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УРО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: [udmgardern@mail.ru](mailto:udmgardern@mail.ru)).

T. G. Lekontseva<sup>1</sup>, A. V. Fyodorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy

<sup>2</sup>Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS

## FEATURES OF THE TEMPERATURE RANGE WITH DIFFERENT METHODS OF PLACING GRAPES (*VITIS VINIFERA* L.) UNDER THE CONDITIONS OF THE MIDDLE AFORE-URALS IN SUMMER PERIOD

*One of the problems in grape farming in the conditions of the Middle Afore-Urals is insufficiency in the total-ity of active temperatures (TAT), and non-favorable temperature conditions at discrete periods of the growing season. The aim of the research was to study the temperature regime of the air and soil during the growing season thus dependent on the methods of grape plantings placement. The experiment was laid on the territory of the botanical garden of UdSU, 2011. The grape bushes were planted as per the scheme 2.0 × 1.5 m, in trenches (control), on a flat surface and grape beds. The tallies and observations were carried out in 2019. The temperature was measured 8 times a day with electronic thermometers TP-1: on the lower wire of the trellis, 50 cm above the soil surface and in the soil, at a depth of 10 cm at a distance of 20 cm from the base of the bush. The sum of active (10 °C) air temperatures over the vineyard in 2019 was 2033.5 °C, which meets the requirements for early-ripening grape varieties. The*

*method of distribution the grape plantings had a significant impact on the TAT of the soil: the temperature on the bed was 2141.7 °C, on a flat surface and in the trench 2094.5 °C and 2090.2 °C, respectively. Thus, the best option for placing grape bushes on a flat surface and on the bed had been proved. With this planting, the vines receive more heat, which contributes to their better growth and development.*

**Key words:** grapes; heat supply; totality of active temperatures; flat surface; vine bed; trench.

#### Authors:

**Lekontseva Tatiana Germanovna** – A Postgraduate, Department of Horticulture and Plant Protection, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: t.lekонтseva@yandex.ru).

**Fyodorov Aleksandr Vladimirovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: udmgardern@mail.ru).

УДК 634

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_20

А. В. Никитина, А. М. Ленточкин

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## САДОВОДСТВО В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Садоводство является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства. Основная его функция – обеспечить население свежей высоковитаминной продукцией. Целью исследования явилось проведение анализа состояния и оценки перспектив развития садоводства в Удмуртской Республике. В ходе выполнения поставленной цели и задач применялся системный подход, использовались методы сравнения, систематизации и анализа данных. Основными источниками получения информации были труды отечественных и зарубежных ученых в области садоводства, данные Федеральной службы государственной статистики, нормативно-правовая база. Представлены результаты исследования состояния отрасли садоводства в Российской Федерации и Удмуртской Республике на современном этапе. Проанализирована динамика площадей плодово-ягодных насаждений, структуры валового сбора. Показано, что в настоящее время производство плодов и ягод приходится в основном на хозяйства населения, где этот показатель составляет в России – 64,2 %, а в Удмуртии – 95,0 %. В большинстве субъектов Российской Федерации встречается недостаток плодово-ягодной продукции, который напрямую зависит от экономико-географического положения и в каждом регионе он различный. Согласно рекомендациям по рациональному потреблению фруктов и ягод, норма на 1 человека в год составляет 90–100 кг. В Удмуртской Республике в последние годы потребление этого биологически ценного вида продуктов составило 57 кг. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что для реализации серьезных задач Доктрины продовольственной безопасности в Российской Федерации имеется возможность в каждом регионе, в том числе и в Удмуртской Республике, внести в решение существующей проблемы определенный вклад, а для этого возникает необходимость обновления системы ведения садоводства, поиск приоритетных направлений совершенствования инновационно-инвестиционной деятельности в этой отрасли.*

**Ключевые слова:** садоводство; многолетние насаждения; площадь садов; валовой сбор; потребление плодов и ягод.

**Актуальность.** Сегодня, когда потребность в производстве качественной сельскохозяйственной продукции начинает занимать всё более важное место в экономике России и возрастает благосостояние населения, приходит понимание необходимости скорейшего возрождения и развития одной из важнейших отраслей сельского хозяйства – садоводства [15, 17, 22]. Садоводство является важнейшей отраслью агропромышленного комплекса, т. к. его продукция в значительной степени определяет

физиологические основы здоровья населения Российской Федерации [16, 28].

В современных условиях, когда существуют ограничения на ввоз сельскохозяйственной продукции из стран Европейского Союза и других, садоводство России имеет значительный потенциал роста. В 2018 г. в России было произведено 3,5 млн т плодов, тогда как в Китае – свыше 150 млн т, а в таких странах, как Иран, Италия, Испания, Турция, валовой сбор плодов и ягод в 4 раза превышал российский уровень.

Объем производства плодово-ягодной продукции в нашей стране более чем в 4 раза ниже значения, необходимого для обеспечения рекомендуемых норм потребления плодов и ягод – 100 кг на человека [23].

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20, уровень самообеспеченности фруктами и ягодами должен в нашей стране быть не менее 60 % [6]. Однако в 2020 г. продажа свежих фруктов в России даже сократилась, что связано с падением доходов населения в условиях коронакризиса при росте в стране средней розничной цены свежих фруктов [1].

Основным видом продукции в плодово-ягодной отрасли России являются яблоки. В 2018 г. их объем производства составил 1,75 млн т, т.е. лишь 24 % от необходимого уровня производства. Импорт яблок в 2018 г. составил 850 тыс. т. Для исправления ситуации в период с 2013 по 2018 гг. произошло увеличение площади заложённых садов в России на 78,5 тыс. га [10].

Несмотря на скептицизм, почвенные и климатические условия южной и средней зон России, как считают специалисты, соответствуют требованиям эффективного выращивания основных видов садовых культур и могут обеспечить необходимый объем их производства [16, 25, 29].

Условия Среднего Предуралья позволяют в естественном виде (в лесах) произрастать таким растениям, как чёрная и красная смородина, малина, ежевика, лесная земляника, клубника; в южных районах растут степная вишня, лещина. Наличие в лесах региона диких видов этих ягодных, косточковых и орехоплодных растений указывает на высокую их приспособленность к довольно суровым природным условиям Предуралья, следовательно, культурные сорта этих растений должны обладать такой же приспособленностью к данным условиям. Однако практика показывает, что многие культивируемые сорта такой приспособленностью не обладают. Объясняется это тем, что большинство культурных сортов плодово-ягодных растений выведено в более мягких регионах [7, 8, 12–14, 26, 27]. Тем не менее, более благоприятные климатические условия южных районов Удмуртии обусловили появление там первых очагов садоводства, которые возникли в Сарапульском, Каракулинском и Алнашском районах. Как свидетельствуют данные биологических потребностей плодовых и ягодных культур,

природно-климатические условия позволяют успешно выращивать многие из них. Более того, современные сорта плодовых и ягодных культур, в частности, Свердловской селекционной станции садоводства, являются высокоадаптивными для нашего региона.

**Цель и задачи исследований** – провести анализ состояния и дать оценку перспектив развития садоводства в Удмуртской Республике.

**Условия, материалы и методы.** В ходе выполнения исследований применяли системный подход, использовали методы сравнения, систематизации и анализа данных. Основными источниками получения информации были труды отечественных и зарубежных ученых в области садоводства, данные Федеральной службы государственной статистики, нормативно-правовая база.

**Результаты исследования.** По данным Росстата, в 2014 г. производство плодов и ягод достигло 2,98 млн т, или 27 % от оптимальной нормы потребления. Дефицит потребности составил 8 млн т. При этом объем импорта был на уровне 2,8 млн т. Для потребления по оптимальной норме не хватало 5,2 млн т [18]. Поэтому необходимость увеличения производства плодов и ягод требует перехода от экстенсивного садоводства к интенсивному и уменьшения импортозависимости с целью более полного обеспечения населения Российской Федерации высококачественной отечественной фруктово-ягодной продукцией [16].

В Удмуртской Республике основными критическими факторами, влияющими на успешность возделывания плодовых и ягодных культур, являются сумма активных температур выше 10 °С, необходимая для развития и созревания плодов и ягод, а также низкие зимние температуры, которые способны повреждать растения и приводить к их гибели. Основные плодовые и ягодные культуры предъявляют следующие требования к условиям произрастания (табл. 1) [18].

Несомненно, территория Удмуртской Республики полностью подходит для выращивания ягодных культур (смородина, крыжовник, малина, земляника). Семечковые культуры (яблоня, груша) имеют биологическую потребность, находящуюся на пограничном уровне возможного для данной территории, и это сдерживает их широкое распространение. Но даже не сумма активных температур ограничивает увеличение площадей садов семечковых культур, а морозобоины и солнечные ожоги, иногда случающиеся в конце зимы в солнечные дни и морозные ночи.

Таблица 1 – Агроклиматические требования к выращиванию плодовых и ягодных культур и условия их выращивания в некоторых субъектах Российской Федерации

Культура/субъект	Сумма активных температур выше 10 °С	Продолжительность вегетационного периода с температурой выше 10 °С, сут.	Повреждающие крону(корневую систему*) зимние температуры/минимальная зимняя температура, °С
Требования плодовых и ягодных культур			
Яблоня	2000–2400	140–165	-30...-35 (-10...-20)
Груша	2200–2600	145–180	-25...-30 (-8...-10)
Вишня	1400–1700	110–115	-25...-30 (-10...-15)
Слива	1800–2000	130–140	-25...-30 (-8...-10)
Абрикос	2600–2800	150–160	-23...-28
Черешня	2700–2900	160–200	-25...-30
Персик	3500–4000	210–230	-15...-17
Смородина	1400–1600	90–105	-40...-50 (-15...-16)
Крыжовник	1500–1600	95–105	-30...-35 (-18)
Малина	1100–1200	70–75	-30...-37 (-11)
Земляника	1660–1880	100–115	-10...-15 (-8...-10)
Агроклиматические условия в субъектах Российской Федерации			
Московская область	1880–2100	128–135	-32...-35
Кировская область	1600–2100	105–131	-38...-40
Республика Татарстан	2100–2200	132–141	-32...-38
Республика Башкортостан	2200–2230	135–139	-34...-38
Удмуртская Республика	1790–1980	116–126	-36...-40
Пермский край	1000–1940	104–124	-38...-42
Свердловская область	800–1840	80–121	-37...-46
Челябинская область	1000–2300	90–131	-36...-40

Примечание: \*Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР. – Ленинград :Гидрометеиздат, 1974. – 116 с.

Из косточковых культур биологические потребности вишни и сливы вполне обеспечиваются на территории Удмуртии, а вот выращивание абрикоса, черешни и персика – это, что называется, для любителей экстрима. Хотя имеются частные примеры их выращивания, в том числе персика в Московской и Владимирской областях.

Все постоянно слышат о глобальном потеплении. Официальные данные подтверждают это. Так, по данным Росгидромета, за период с 1976 по 2012 год сумма температур выше 10 °С увеличивалась в России в целом со скоростью 96 °С × сут./10 лет, а продолжительность этого периода возрастала со скоростью 4 сут./10 лет; в Приволжском федеральном округе соответственно 112,4 °С × сут./10 лет и 3,8 сут./10 лет [5].

Получается, что в Приволжском федеральном округе за 36 лет сумма температур выше 10 °С увеличилась более чем на 400 °С, а продолжительность этого периода – почти на 14 сут. Это существенно улучшает условия вегетации более теплолюбивых культур и сортов.

По нашим расчётам ежесуточных данных метеостанции Ижевска на основании справочно-информационного портала [20], среднемноголетнее значение суммы температур выше 10 °С составляет 2068 °С. В последние 2016–2021 гг. эта величина изменялась по годам неоднозначно – от 1891 °С в 2017 г. до 2471 °С в 2016 г., но в среднем за 6 лет составило 2138 °С, или больше на 6 % значения нормы. В пересчёте на скорость роста суммы температур выше 10 °С эта величина состави-

ла 117 °С × сут./10 лет. Однако продолжительность периода с суммой температур выше 10 °С в среднем за шесть лет не увеличилась, а стала ниже на 3 сут. (норма – 131 сут.), что может свидетельствовать о том, что дней с этой температурой было меньше, но температура была более высокой.

Таким образом, агрометеорологические условия на территории Удмуртской Республики в последние десятилетия стали более благоприятными для выращивания плодовых и ягодных культур.

По статистическим данным, валовые сборы плодов и ягод в Российской Федерации в хозяйствах всех категорий в 2020 г. составили 3661,4 тыс. т (табл. 2) [3].

Сельскохозяйственными организациями в 2020 г. произведено плодов и ягод только 992,4 тыс. т. Это составляет менее, чем 1/3 общего объема производства в хозяйствах всех категорий (табл. 3) [2].

Расчёты показали, что, если в сельскохозяйственных организациях выращивают только 27,1 %, а в крестьянских (фермерских) хозяйствах и в хозяйствах индивидуальных предпринимателей – 8,7 %, то основное производство плодовой и овощной продукции в России сосредоточено в хозяйствах населения – 64,2 % (рис. 1) [24].

Современная Удмуртия – развитый промышленно-аграрный регион Приволжского федерального округа (ПФО), однако по площади плодово-ягодных насаждений она занимает 11 место (из 14 субъектов) – 3,1 тыс. га, что составляет 4,5 % от площади плодово-ягодных насаждений ПФО и 0,8 % от площади насаждений Российской Федерации (табл. 4) [19].

По материал таблицы 4, динамика площадей Удмуртии показывает уменьшение на 20 %, что объясняется выводом из оборота старых насаждений и частичной их раскорчевкой.

В современных условиях трансформации аграрного сектора экономики страны одним из важнейших направлений, способствующих устойчивому экономическому росту сельскохозяйственного производства, являются хозяйства населения (подсобные хозяйства, садоводческие, огороднические и дачные земельные участки) – самостоятельный и равноправный сектор, который существенно дополняет сельскохозяйственные предприятия, производящие плодово-ягодную продукцию. Это особенно важно для регионов, не входящих в зону промышленного садоводства, таких, как обширная Нечернозёмная зона Российской Федерации, в том числе Удмуртская Республика.

**Таблица 2 – Динамика валовых сборов плодов и ягод в Российской Федерации в хозяйствах всех категорий, тыс. т**

Виды насаждений	Год								
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Плодово-ягодные насаждения всего	2511,8	2739,1	2779,6	2676,1	3055,6	2682,6	3337,0	3500,0	3661,4
В том числе: семечковые	1388,0	1527,4	1596,6	1495,3	1725,9	1521,2	1997,5	2179,3	2341,6
косточковые	463,3	511,0	494,5	502,7	624,0	59,1	615,6	597,1	601,7
ягодники	643,5	683,7	670,8	659,4	682,9	632,4	701,8	701,8	695,3

**Таблица 3 – Динамика валовых сборов плодов и ягод в Российской Федерации в сельскохозяйственных организациях, тыс. т**

Виды насаждений	Год								
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Плодово-ягодные насаждения всего	581,3	624,6	645,8	628,2	784,6	729,8	1046,3	962,2	992,4
В том числе: семечковые	540,1	582,8	592,1	596,2	729,4	686,0	985,3	918,2	949,7
косточковые	32,3	34,0	45,4	22,9	45,9	34,9	52,1	34,3	32,6
ягодники	8,8	7,6	7,7	8,8	8,9	8,1	8,4	9,3	9,7



Рисунок 1 – Структура производства фруктов и ягод по категориям хозяйств в Российской Федерации (в процентах от общего объема производства)

Таблица 4 – Динамика площадей плодово-ягодных насаждений в плодоносящем возрасте в хозяйствах всех категорий в некоторых субъектах Российской Федерации, тыс. га

Регион	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Российская Федерация	379,7	373,3	381,3	374,2	369,0	364,7
Московская область	16,6	16,3	17,0	16,5	16,3	16,3
Свердловская область	7,7	7,7	7,6	7,9	8,0	8,3
Челябинская область	9,3	9,1	8,9	8,9	8,7	8,7
Приволжский ФО	70,5	70,1	69,0	68,3	67,7	67,4
Кировская область	2,9	2,7	2,8	2,9	2,6	2,7
Республика Татарстан	6,5	6,4	6,2	6,6	6,8	6,8
Республика Башкортостан	8,1	7,9	8,0	8,4	8,5	8,3
Удмуртская Республика	3,9	3,7	3,5	3,3	3,0	3,1
Пермский край	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5

Состояние плодородства в Удмуртской Республике в 2013–2018 гг. имело следующую характеристику (табл. 5) [9].

Так, площадь плодовых и ягодных культур в хозяйствах всех категорий за пять лет снизилась на 30,4 % и составила 3261 га, в том числе насаждения в плодоносящем возрасте снизились на 21 %. Урожайность за указанный промежуток времени снизилась на 28,6 %, составив 6,5 т/га. В результате валовой сбор снизился на 47,2 %. Подобная неутешительная картина наблюдается в категории «сельскохозяйственные организации», где следует отметить очень низкую урожайность (в 2018 г.

0,6 т/га), что, как минимум, на порядок уступающую значению этого показателя хозяйств всех категорий.

По итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г., из общей площади плодово-ягодных насаждений в Удмуртской Республике 3324 га хозяйствам населения принадлежало 93,2 %, сельскохозяйственным организациям – 2,1 %, индивидуальным предпринимателям – 4,7 %. В этой площади семечковые культуры занимали 913,1 га, ягодники – 1227,5 га, косточковые культуры – 1164,9 га, орехоплодные – 18,8 га, виноградники – 2,0 га [9].

Таблица 5 – Динамика площадей, валовых сборов и урожайности плодово-ягодных насаждений по Удмуртской Республике

Категории хозяйств	Год					
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Хозяйства всех категорий						
Всего насаждений, га	4686	4102	3888	3324	3320	3261
в том числе: в плодоносящем возрасте	3741	3544	3295	2991	3050	2952
Валовой сбор, т	35546	34299	18351	39262	12705	18748
Урожайность с убранный площади, т/га	9,1	9,9	5,7	13,1	4,3	6,5
Сельскохозяйственные организации						
Всего насаждений, га	79	84	83	84	80	74
в том числе: в плодоносящем возрасте	77	79	72	72	79	73
Валовой сбор, т	24	34	28	97	54	11
Урожайность с убранный площади, т/га	0,3	0,4	0,4	1,3	0,6	0,6

По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике, с 2013 г. посадки семечковых (яблоня, груша) и косточковых (вишня, слива) культур сократились к 2020 г. на четверть, ягодников (смородина, крыжовник, малина, земляника) – на треть. Вместе с тем, население стало проявлять интерес к выращиванию винограда и орехоплодных культур; площадь виноградников увеличилась до 9 гектаров. В 2020 г. по площади плодово-ягодных насаждений на долю хозяйств населения приходилось уже 97 % [21].

В 2017 г. в Удмуртской Республике площадь, занимаемая плодово-ягодными насаждениями в сельскохозяйственных организациях, составила около 80 га [9]. В этот показатель входят сады, расположенные в Вавожском районе в колхозе (СХПК) имени Мичурина и СХПК «Колхоз Колос», где выращивают яблоню, грушу, малину, землянику садовую.

Плодово-ягодный сад в СХПК «Колхоз Колос» существовал ещё в 1960–1970 гг., но в дальнейшем посадки устарели и существование сада прекратилось. В 2013 г. усилиями хозяйства заложен новый сад, который в настоящее время радует своей продукцией (рис. 2).

Здесь выращивают сорта яблони Аромат Уктуса, Папировка, Грушовка московская, Серебряное копытце, Летнее полосатое, Уральский сувенир, Белый налив, Осеннее полосатое, Антоновка обыкновенная и другие. Схема посадки 7 × 5 м. По аналогичной схеме выращивают сорта груш – Радужная, Добрянка, Чижевского, Перун. Из ягодных культур растут жимолость,

смородина белая и красная, малина ремонтантная и обыкновенная, земляника садовая.

В 2015 г. в колхозе (СХПК) имени Мичурина был заложен плодовый сад площадью 4 гектара. На этой площади высажены яблони по схеме 5×3 м следующими сортами: Беркутовское, Жигулевское, Кутузовец, Куйбышевское, Северный Синап, Спартак, Мантет. Груша посажена по схеме 7×5 м сортами Лада и Чижевская. В настоящее время сад плодоносит, продукцию используют для потребления в свежем виде работниками хозяйства и для переработки (рис. 3).



Рисунок 2 – В колхозном саду СХПК «Колхоз Колос» Вавожского района председатель В. А. Красильников (справа) и ассистент кафедры плодовоовощеводства и защиты растений А. В. Никитина (слева), 2021 г.

В 2019 г. в Воткинском районе начало работу ягодоводческое хозяйство, где в настоящее время имеются питомники плодовых и ягодных культур, товарные насаждения

смородины и малины, предназначенные для механизированной уборки имеющегося в хозяйстве ягодоуборочным комбайном (рис. 4–5).



**Рисунок 3 – В плодовом саду колхоза (СХПК) имени Мичурина Вавожского района председатель В. А. Капеев (слева), главный агроном хозяйства Б. Б. Борисов (в центре) и ассистент кафедры плодоовощеводства и защиты растений А. В. Никитина (справа), 2021 г.**



**Рисунок 4 – Агроном ООО «Культура роста» Воткинского района Г. Н. Широкова в питомнике яблонь**



**Рисунок 5 – Посадки смородины чёрной на площади 7 га под комбайновую уборку ягод в ООО «Культура роста» Воткинского района**

Как в Российской Федерации, так и в Удмуртской Республике имеются успешные примеры ведения садоводства. Но для выполнения большой и сложной задачи, поставленной в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, – перейти в нашей стране на 60 % уровень самообеспеченности фруктами и ягодами, требуется решение комплекса многоуровневых задач и использования всех резервов, дающих значительное увеличение объёмов производимой плодово-ягодной продукции высокого качества, конкурентоспособной на мировом рынке. Развитие садоводства напрямую зависит от состояния и развития питомниководства, которое является базой для закладки садов и ягодников чистосортным сертифицированным посадочным материалом [8, 11].

#### Выводы:

1. Агрометеорологические условия территории Удмуртской Республики соответствуют биологическим потребностям основных ягодных культур и адаптированных сортов семечковых и косточковых культур.

2. Для увеличения производства плодов и ягод необходимо обновление системы ведения садоводства, поиск приоритетных направлений совершенствования инновационно-инвестиционной деятельности в этой отрасли, чтобы повысить заинтересованность сельских товаропроизводителей в развитии высокоэффективного и конкурентоспособного отечественного садоводства и питомниководства.

Авторы статьи выражают благодарность руководителям и специалистам СХПК «Колхоз Колос», колхоз (СХПК) имени Мичурина, ООО «Точка Роста» за активное сотрудничество и поддержку в вопросах садоводства и питомниководства.

#### Список литературы

1. Анализ рынка свежих фруктов в России в 2016–2020 гг., оценка влияния коронавируса и прогноз на 2021–2025 гг. // РБК: [сайт]. – URL: <https://marketing.rbc.ru/research/27855/> (дата обращения: 02.11.2021).
2. Валовой сбор плодов, ягод, винограда, чайного листа и хмеля в сельскохозяйственных организациях // Росстат: [сайт]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fpJOrKCQ/m\\_v\\_2.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fpJOrKCQ/m_v_2.xls) (дата обращения: 31.10.2021 г.).
3. Валовой сбор плодов, ягод, винограда, чайного листа и хмеля в хозяйствах всех категорий // Росстат: [сайт]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/NOS1GY52/m\\_v\\_1.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/NOS1GY52/m_v_1.xls) (дата обращения: 31.10.2021 г.).

4. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Удмуртской Республике в 2018 г.: статистический бюллетень (№ 099 по каталогу). – № 51. – Ижевск, 2019.

5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Климатический центр Росгидромета. – Москва: Росгидромет, 2014. – 1008 с. – URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2full.pdf> (дата обращения: 11.04.2021).

6. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. (утв. Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 21.10.2021).

7. Ежов, Л. А. История развития садоводства и научно-исследовательская работа с садовыми культурами в зоне Западного Урала / Л. А. Ежов, М. Г. Концевой // Проблемы развития садоводства и овощеводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2002. – С. 9–33.

8. Ежов, Л. А. Размножение садовых культур: стандартизация, производство и реализация посадочного материала / Л. А. Ежов. – Пермь, 2001. – 213 с.

9. Итоги Сельскохозяйственной переписи 2016 – Том 4. Окончательные итоги ВСХП-2016 «Посевные площади сельскохозяйственных культур и площади многолетних насаждений и ягодных культур». Книга 1 «Площади сельскохозяйственных культур и многолетних насаждений» // Удмуртстат: [сайт]. – URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/vsxp\\_2016/VSXP\\_2016%20Т\\_4\\_K1\\_web.pdf](https://gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/vsxp_2016/VSXP_2016%20Т_4_K1_web.pdf).

10. Ищенко, Н. В. Вызовы и угрозы развития садоводства России / Н. В. Ищенко // Экономический обзор. – 2020. – № 9–10 (9). – С. 3–6.

11. Касторнов, Н. П. Современное состояние и тенденции развития садоводства / Н. П. Касторнов, Д. Цюй // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1. – С. 136–138.

12. Концевой, М. Г. Новые культуры уральского сада (рекомендации по изучению биологии и технологии выращивания новых садовых культур) / М. Г. Концевой, Л. А. Ежов. – Пермь, 1997. – 336 с.

13. Концевой, М. Г. Плодовые культуры в Предуралье / М. Г. Концевой. – Ижевск: Удмуртия, 1974. – 280 с.

14. Концевой, М. Г. Садоводство в Удмуртии / М. Г. Концевой. – Ижевск: Удмуртское кн. изд-во, 1961. – 60 с.

15. Ленточкин, А. М. История и современное состояние плодового садоводства в Удмуртии / А. М. Ленточкин, А. В. Никитина, А. М. Бурдина // Роль агрономической науки в оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной

65-летию работы кафедры растениеводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в Удмуртии. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – С. 347–358.

16. Мишуоров, Н. П. Технологии и технические средства для интенсивного садоводства: науч. аналит. обзор. / Н. П. Мишуринов, В. Ф. Федоренко, А. И. Завражнов [и др.] – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 96 с.

17. Никитина, А. В. Современное состояние садоводства и питомниководства в Удмуртской Республике / А. В. Никитина // Сортовую агротехнику полевых культур – в производство: материалы Всеросс. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора кафедры растениеводства И. В. Осокина. – Пермь: ФБГОУ ВО ПГАТУ им. ак. Д. Н. Прянишникова, 2020. – С. 115–117.

18. Основные направления инновационного развития садоводства и питомниководства в России. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 132 с.

19. Площади, валовые сборы и урожайность плодово-ягодных и виноградных насаждений в Российской Федерации. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронная версия) // Росстат: [сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 31.10.2021 г.).

20. Погода и климат. Климатический монитор. Погода в Ижевске. Температура воздуха и осадки // Погода и климат : [сайт]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411&month=4-10&year=2016-2021> (дата обращения: 01.11.2021 г.).

21. Пресс-релиз (08 февраля 2021 г.): Вклад населения в сельское хозяйство Удмуртии // Удмуртстат: [сайт]. – URL: <https://udmstat.gks.ru/storage/mediabank/KXScwnZP/2021-02-08%20Пресс-релиз.%20Вклад%20населения%20в%20сельское%20хозяйство%20Удмуртии.pdf> (дата обращения: 01.11.2021 г.).

22. Соколов, О. В. Размещение и развитие садоводства в России / О. В. Соколов, Д. И. Жилияков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 7. – С. 103–111.

23. Соломахин, М. А. Актуальные вопросы инновационного развития садоводства в России / М. А. Соломахин // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК: материалы Всерос. (Нац.) науч.-практ. конф. с международным участием. – Курган, 2020. – С. 274–277.

24. Структура производства основных продуктов растениеводства по категориям хозяйств // Росстат: [сайт]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/6RtAekuM/Str\\_val\\_kat.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/6RtAekuM/Str_val_kat.xls) (дата обращения: 31.10.2021 г.).

25. Федоренко, В. Ф. Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства: науч. аналит. обзор. / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуринов, О. В. Кондратьева [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.

26. Федоров, А. В. Структура смешанного питомника Предуралья в современных условиях / А. В. Федоров, А. М. Швецов // Аграрная наука Северо-Востока. – 2008. – № 11. – С. 88–89.

27. Юдкин, Ф. М. Садоводство в Пермской области / Ф. М. Юдкин. – 3-е изд., испр. и доп. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1960. – 314 с.

28. Latruffe, L. Competitiveness, productivity and efficiency in the agricultural and agrifood sectors / L. Latruffe // OECD Food, agriculture and fisheries papers. – 2010. – № 30. – P. 63.

29. Vodyasyov, P. V. Trends of gardening development in the altaikrai / P. V. Vodyasyov // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2018. – № 11-1. – P. 172–174.

### Spisok literatury

1. Analiz rynka svezhih fruktov v Rossii v 2016–2020 gg., ocenka vliyaniya koronavirusa i prognoz na 2021–2025 gg. // RBK: [sajt]. – URL: <https://marketing.rbc.ru/research/27855/> (data obrashcheniya: 02.11.2021).

2. Valovoj sbor plodov, yagod, vinograda, chajnogo lista i hmelya v sel'skohozyajstvennyh organizacijah // Rosstat: [sajt]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fpJOrKCQ/m\\_v\\_2.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fpJOrKCQ/m_v_2.xls) (data obrashcheniya: 31.10.2021 g.).

3. Valovoj sbor plodov, yagod, vinograda, chajnogo lista i hmelya v hozyajstvah vsekh kategorij // Rosstat: [sajt]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/NOS1GY52/m\\_v\\_1.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/NOS1GY52/m_v_1.xls) (data obrashcheniya: 31.10.2021 g.).

4. Valovye sbory i urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur po Udmurtskoj Respublike v 2018 g.: statisticheskij byulleten' (№ 099 po katalogu). – № 51. – Izhevsk, 2019.

5. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii // Klimaticheskij centr Rosgidrometa. – Moskva: Rosgidromet, 2014. – 1008 s. – URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2full.pdf> (data obrashcheniya: 11.04.2021).

6. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii. (utv. Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21.01.2020 № 20. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (data obrashcheniya: 21.10.2021).

7. Ezhov, L. A. Istoriya razvitiya sadovodstva i nauchno-issledovatel'skaya rabota s sadovymi kul'turami v zone Zapadnogo Urala / L. A. Ezhov, M. G. Koncevoj // Problemy razvitiya sadovodstva i ovoshchevodstva: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2002. – S. 9–33.

8. Ezhov, L. A. Razmnozhenie sadovyh kul'tur: standartizaciya, proizvodstvo i realizaciya posadochnogo materiala / L. A. Ezhov. – Perm', 2001. – 213 s.

9. Itogi Sel'skohozyajstvennoj perepisi 2016 – Tom 4. Okonchatel'nye itogi VSKHP-2016 «Posevnye ploschadi sel'skohozyajstvennyh kul'tur i ploschadi mnogoletnih nasazhdenij i yagodnyh kul'tur». Kniga 1 «Ploschadi

sel'skokozyajstvennyh kul'tur i mnogoletnih nasazhdenij» // Udmurtstat: [sajt]. – URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/vsxp2016/VSPX\\_2016%20T\\_4\\_K1\\_web.pdf](https://gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/vsxp2016/VSPX_2016%20T_4_K1_web.pdf).

10. Ishchenko, N. V. Vyzovy i ugrozy razvitiya sadovodstva Rossii / N. V. Ishchenko // Ekonomicheskij obzor. – 2020. – № 9–10 (9). – S. 3–6.

11. Kastornov, N. P. Sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya sadovodstva / N. P. Kastornov, D. Cyuj // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 1. – S. 136–138.

12. Koncevoj, M. G. Novye kul'tury ural'skogo sada (rekommendacii po izucheniyu biologii i tekhnologii vyrashchivaniya novyh sadovyh kul'tur) / M. G. Koncevoj, L. A. Ezhov. – Perm', 1997. – 336 s.

13. Koncevoj, M. G. Plodovye kul'tury v Predural'e / M. G. Koncevoj. – Izhevsk : Udmurtiya, 1974. – 280 s.

14. Koncevoj, M. G. Sadovodstvo v Udmurtii / M. G. Koncevoj. – Izhevsk : Udmurtskoe kn. izd-vo, 1961. – 60 s.

15. Lentochkin, A. M. Istoriya i sovremennoe sostoyanie plodovodstva v Udmurtii / A. M. Lentochkin, A. V. Nikitina, A. M. Burdina // Rol' agronomicheskoy nauki v optimizacii tekhnologij vozdevaniya sel'skokozyajstvennyh kul'tur: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 65-letiyu raboty kafedry rastenievodstva FGBOU VO Izhevskaya GSKHA v Udmurtii. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. – S. 347–358.

16. Mishurov, N. P. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya intensivnogo sadovodstva: nauch. analit. obzor. / N. P. Mishurin, V. F. Fedorenko, A. I. Zavrashnov [i dr.]. – Moskva : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020. – 96 s.

17. Nikitina, A. V. Sovremennoe sostoyanie sadovodstva i pitomnikovodstva v Udmurtskoj Respublike / A. V. Nikitina // Sortovuyu agrotekhniku polevyh kul'tur – v proizvodstvo: materialy Vseross. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya professora kafedry rastenievodstva I. V. Osokina. – Perm': FBGOU VO PGATU im. ak. D. N. Pryanishnikova, 2020. – S. 115–117.

18. Osnovnye napravleniya innovacionnogo razvitiya sadovodstva i pitomnikovodstva v Rossii. – Moskva : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2017. – 132 s.

19. Ploshchadi, valovye sbory i urozhajnost' plodovoyagodnyh i vinogradnyh nasazhdenij v Rossijskoj Federacii. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo hozyajstva (ele-

tronnaya versiya) // Rosstat: [sajt]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya: 31.10.2021 g.).

20. Pogoda i klimat. Klimaticheskij monitor. Pogoda v Izhevsk. Temperatura vozduha i osadki // Pogoda i klimat : [sajt]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411&month=4-10&year=2016-2021> (data obrashcheniya: 01.11.2021).

21. Press-reliz (08 fevralya 2021 g.): Vklad naseleniya v sel'skoe hozyajstvo Udmurtii // Udmurtstat: [sajt]. – URL: <https://udmstat.gks.ru/storage/mediabank/KX-ScwnZP/2021-02-08%20Press-reliz.%20Vklad%20naseleniya%20v%20sel'skoe%20hozyajstvo%20Udmurtii.pdf> (data obrashcheniya: 01.11.2021 g.).

22. Sokolov, O. V. Razmeshchenie i razvitie sadovodstva v Rossii / O. V. Sokolov, D. I. Zhilyakov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 7. – S. 103–111.

23. Solomahin, M. A. Aktual'nye voprosy innovacionnogo razvitiya sadovodstva v Rossii / M. A. Solomahin // Dostizheniya i perspektivy nauchno-innovacionnogo razvitiya APK: materialy Vseros. (Nac.) nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. – Kurgan, 2020. – S. 274–277.

24. Struktura proizvodstva osnovnyh produktov rastenievodstva po kategoriyam hozyajstv // Rosstat: [sajt]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/6RtAekuM/Str\\_val\\_kat.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/6RtAekuM/Str_val_kat.xls) (data obrashcheniya: 31.10.2021 g.).

25. Fedorenko, V. F. Analiz sostoyaniya i perspektivnye napravleniya razvitiya pitomnikovodstva i sadovodstva: nauch. analit. obzor. / V. F. Fedorenko, N. P. Mishurin, O. V. Kondrat'eva [i dr.]. – Moskva : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. – 88 s.

26. Fedorov, A. V. Struktura smeshannogo pitomnika Predural'ya v sovremennyh usloviyah / A. V. Fedorov, A. M. SHvecov // Agrarnaya nauka Severo-Vostoka. – 2008. – № 11. – S. 88–89.

27. YUdkin, F. M. Sadovodstvo v Permskoj oblasti / F. M. YUdkin. – 3-e izd., ispr. i dop. – Perm': Permskoe kn. izd-vo, 1960. – 314 s.

28. Latruffe, L. Competitiveness, productivity and efficiency in the agricultural and agrifood sectors / L. Latruffe // OECD Food, agriculture and fisheries papers. – 2010. – № 30. – R. 63.

29. Vodyasyov, P. V. Trends of gardening development in the altaikrai / P. V. Vodyasyov // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2018. – № 11-1. – P. 172–174.

## Сведения об авторах:

**Никитина Анна Викторовна** – ассистент кафедры плодовоовощеводства и защиты растений, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: [anya-mashkovceva@yandex.ru](mailto:anya-mashkovceva@yandex.ru)).

**Ленточкин Александр Михайлович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодовоовощеводства и защиты растений, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: [lenalmih@mail.ru](mailto:lenalmih@mail.ru)).

A. V. Nikitina, A. M. Lentochkin  
Izhevsk State Agricultural Academy

## GARDENING IN UDMURT REPUBLIC

*Gardening is one of the most important branches of agriculture. Its main function is to provide population with fresh high-vitamin products. The purpose of the study was to analyze the state and assess the prospects for the development of gardening in the Udmurt Republic. In the course of fulfilling the set goals and objectives, a systematic approach was applied as well as methods of comparison, systematization and analysis of data were used. The principal sources of information there served the works of national scientists and abroad, those of in the field of gardening, also data from the Federal State Statistics Service, and legal and regulatory framework. The article presents the results of the study of the current state of the horticulture industry in the Russian Federation and the Udmurt Republic. The dynamics of the areas of fruit and berry plantations, the structure of the gross harvest yield were analyzed. It is shown that currently the production of fruit and berries lies mainly on the of the population's households where this indicator is 64.2 % in Russia, and 95.0 % in Udmurtia. In most subjects of the Russian Federation there is a shortage of fruit and berry products that directly depends on the economic and geographical location, and in each region it is different. According to the recommendations on the rational consumption of fruits and berries, the norm per person per year is 90–100 kg. In the Udmurt Republic in recent years, the consumption of this biologically valuable type of products amounted to 57 kg. The analysis allows us to conclude that in order to implement the serious tasks of the Food Security Doctrine in the Russian Federation, there is an opportunity in every region, including the Udmurt Republic, to make a certain contribution to solving the existing problem, and for this there is a need to update the gardening system, search for priority areas of improvement of innovation and investment activities in this industry.*

**Key words:** gardening; perennial plantings; garden area; gross harvest; consumption of fruit and berries.

### Authors:

**Nikitina Anna Viktorovna** – A Teacher at the Department of Horticulture and Plant Protection, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: anya-mashkovceva@yandex.ru).

**Lentochkin Aleksandr Mihajlovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Horticulture and Plant Protection, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: lenalmih@mail.ru).

УДК 634.75:635.032.034

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_30

Е. Н. Сомова, М. Г. Маркова

Удмуртский ФИЦ УРО РАН

## КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

*Исследовалась оптимизация условий культивирования in vitro жимолости синей и малины. Работу выполняли в 2016–2019 гг. Для инициации эксплантов контрольной для всех культур была среда Мурациге-Скуга (½ МС), дополнительно использовали: жимолости – ½ МС модифицированную с уменьшенным, по сравнению с базовой МС, содержанием NH<sub>4</sub> на 15 %, WoodiPlantMedium (1/2 WPM); малины – Quióipin-Leroivre (½ QL) и ½ Андерсона. На этапах микроразмножения и укоренения изучали действие светодиодных фитооблучателей (СД-облучатель) с сочетанием в спектре красного, синего и белого света 2:1:1, 1:1:1, 2:1 соответственно, СД-облучателей с меняющимся спектром и мигающего. Выживаемость эксплантов жимолости составила 62,2 % (27,9 % к.) на среде ½ WPM, при использовании СД 2К:1С:1Б достигнут наибольший коэффициент размножения (КР) 5,1 (2,6 к.) на МС мод. + 6-БАП 1,0 мг/л+кинетин 0,5 мг/л и высокая укореняемость жимолости 89,0 % (76,0 % к.) на МС мод. + ИМК 0,5 мг/л. Культивирование малины красной на QL + 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л и облучение СД 2К:1С:1Б обеспечили КР 5,3 (2,7 к.), добавление в QL ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100мкл/л и облучение СД 1К:1С:1Б способствовало 100 % укореняемости. Внесение в QL 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 мг/л + ГК 0,5 мг/л и освещение СД 1К:1С:1Б увеличили КР малины ремонтантной в 1,6 раза (с 2,6 до 4,1), а использование QL + ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 50 мкл/л и СД 2К:1С:1Б повысило ее укореняемость до 96 % (67 % к.).*

**Ключевые слова:** Жимолость синяя (*Lonicera caerulea*); малина обыкновенная (*Rubus idaeus*); клональное микроразмножение; светодиодный фитооблучатель.

**Актуальность.** Клональное микроразмножение ягодных и других растений – наиболее надежный и перспективный метод, позволяющий получать посадочный материал, свободный от различных заболеваний [2]. Работу в лабораторных условиях осуществляют круглый год, нужную партию растений планируют к определенному сроку, иногда за очень короткий промежуток времени [4]. Оптимальная питательная среда, регуляторы роста и спектральный состав света – самые важные факторы биопродуктивности растений *in vitro* [3].

С целью получения посадочного материала метод клонального микроразмножения обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с традиционным черенкованием и прививкой, поэтому вопрос экономической эффективности также очень важен [5].

**Цель исследований** – совершенствование биотехнологических методов при возделывании жимолости синей и малины.

**Объект и методы.** Эксперименты проводили в 2012–2020 гг. согласно «Технологическому процессу получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур, 2013» и ГОСТ Р 54051-2010 «Плодовые и ягодные культуры. Стерильные культуры и адаптированные микрорастения. Технические условия». Объектами служили: на этапе введения в культуру ткани – инициальные экспланты, на этапе собственно микроразмножения – микрочеренки, на этапе адаптации – микрорастения жимолости синей, малины красной и ремонтантной.

На этапе введения в стерильную культуру применяли питательные среды с половинной дозой макро- и микросолей. Контрольной была среда Мурасиге-Скуга ( $\frac{1}{2}$  MS), дополнительно изучали возможность использования: для жимолости –  $\frac{1}{2}$  MS модифицированную с уменьшенным содержанием аммиачного азота  $\text{NH}_4$  на 15 % по сравнению с базовой MS и WoodiPlantMedium ( $\frac{1}{2}$  WPM); для малины Quoirin-Lepoivre ( $\frac{1}{2}$  QL) и  $\frac{1}{2}$  Андерсона. Стерилизовали экспланты 33 %-ным раствором пергидроли.

На этапах собственно микроразмножения (5 пассажей) и укоренения использовали следующие питательные среды: для жимолости – MS модифицированная, WPM; для малины – QL, Андерсона; контрольной служила среда MS. В оптимально выделившуюся для жимолости питательную среду на этапе собственно микроразмножения перед ав-

токлавированием вносили, мг/л: 6-бензиламинопурин (6-БАП) в концентрации 1,5 (к.), 6-БАП 2,0, 6-БАП 1,0 + кинетин 0,5; на этапе укоренения – индолил-3-масляную кислоту (ИМК) в концентрации 0,5.

На этапе адаптации растения опрыскивали дистиллированной водой (к.), водным раствором НВ-101 100 мкл/л, Рибав-Экстра 1,0 мл/л, Биосила 1,0 мл/л. При культивировании малины красной и ремонтантной использовали, мг/л: на этапе пролиферации 6-БАП 1,0 (к.), 6-БАП 1,0 + ИМК 0,2, 6-БАП 1,0 + гиббереллиновая кислота (ГК) 0,5, 6-БАП 1,0 + ИМК 0,2 + ГК 0,5, 6-БАП 1,0 + кинетин 0,5; на этапе укоренения ИМК 0,5 (к.), ИМК 0,5 + Рибав-Экстра 1,0, ИМК 0,5 + НВ-101 50 мкл/л, ИМК 0,5 + НВ-101 100 мкл/л, ИМК 0,5 + НВ-101 150 мкл/л. Адаптация микрорастений малины проведена по общепринятой методике.

Дополнительно на этапах собственно микроразмножения и укоренения изучали действие светодиодных фитооблучателей (СД-облучатель) с сочетанием в спектре красного, синего и белого света 2:1:1, 1:1:1, 2:1 соответственно [7].

Контрольным был люминесцентный фитооблучатель. Фотопериод составлял 14 ч., освещенность 75...85 мМоль/м<sup>2</sup>×сек.<sup>-1</sup>, 6500 К, температура воздуха 22...27 °С, влажность 50...60 % [8]. Экспериментальные светодиодные фитооблучатели с различными характеристиками, которые наряду с экономией электроэнергии улучшают качество освещения микрорастений, разработаны в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА на кафедре автоматизированного электропривода [6].

На этапе адаптации использовали субстраты на основе низинного торфа и речного песка в соотношении 3:1 (контроль), низинного торфа и вермикулита 3:1, на основе верхового торфа [1]. Препараты с фитозащитными и ростостимулирующими свойствами применяли методом опрыскивания водными растворами [9].

В каждом варианте работали с объемом выборки 10 единиц, все эксперименты проводили в трехкратной повторности.

Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (М., 2001).

**Результаты и обсуждение.** На этапе введения в стерильную культуру оптимальной для всех сортов жимолости была питательная среда  $\frac{1}{2}$  WPM, обеспечившая значитель-

ное увеличение выживаемости эксплантов до 62,2 %, в сравнении с контрольной питательной средой (27,9 %). Культивирование на среде  $\frac{1}{2}$  QL значительно увеличило выживаемость апексов малины красной в 1,7 раза, ремонтантной – в 1,3 раза. Культивирование жимолости синей на питательной среде МС, модифицированной с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л, и освещении светодиодным фитооблучателем со спектром 2К:1С:1Б способствовало увеличению коэффициента размножения (КР) в 2 раза, в сравнении с контролем (2,7), КР составил 5,5 (табл. 1). Вышеуказанные условия и добавление индуктора ризогенеза ИМК 0,5 мг/л обеспечили, в сравнении с контролем (77,0 %), существенное увеличение укореняемости микрочеренков жимолости синей до 90,0 %.

Культивирование малины красной на среде QL с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л при облучении СД 2К:1С:1Б увеличило, в сравнении с контролем (2,5), КР в 1,9 раза (4,7). Внесение в питательную среду ГК 0,5 мг/л обеспечило, в сравнении с контролем (1,2 см), ми-

кrochenки малины красной высотой до 1,8 см с последующей высадкой их на укоренение без этапа элонгации (удлинения). Укоренение микрочеренков малины красной на питательной среде QL с добавлением ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100мкл/л и освещении СД 1К:1С:1Б обеспечило 100 % результат при 80,0 % в контроле.

Культивирование малины ремонтантной на среде QL с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 мг/л + ГК 0,5 мг/л при облучении СД 1К:1С:1Б увеличило, в сравнении с контролем (2,3), КР в 1,8 раза (4,2). Внесение в питательную среду ГК 0,5 мг/л обеспечило в среднем, в сравнении с контролем (1,5 см), микрочеренки малины ремонтантной высотой до 3,0 см, что позволило высадить 70 % микрочеренков на укоренение также без этапа элонгации. Значительное увеличение укореняемости микрочеренков малины ремонтантной до 97,0 % достигнуто благодаря совместному внесению в среду QL ИМК 0,5 мг/л и НВ-101 50 мкл/л при облучении СД 2К:1С:1Б, в контроле – 78,0 %.

Таблица 1 – Оптимальные условия для эффективного микроразмножения ягодных культур *in vitro*

Условия и приемы	Коэффициент размножения	Укореняемость, %
Жимолость синяя		
МС + 6-БАП 1,0 мг/л, ЛПО (контроль)	2,7	–
МС мод. + 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л, СД 2К:1С:1Б	5,5	–
МС+ИМК 0,5 мг/л, ЛПО (контроль)	–	77,0
МС мод. + ИМК 0,5 мг/л, СД 2К:1С:1Б	–	90,0
НСР <sub>05</sub>	1,5	8,3
Малина красная		
QL + 6-БАП 1,0 мг/л, ЛПО (контроль)	2,5	–
QL + 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л, СД 2К:1С:1Б	4,7	–
QL + ИМК 0,5 мг/л, ЛПО (контроль)	–	80,0
QL + ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100мкл/л, СД 1К:1С:1Б	–	100
НСР <sub>05</sub>	0,7	11,9
Малина ремонтантная		
QL + 6-БАП 1,0 мг/л, ЛПО (контроль)	2,3	–
QL + 6-БАП 1,0мг/л+ИМК 0,2 мг/л + ГК 0,5мг/л, СД 1К:1С:1Б	4,2	–
QL + ИМК 0,5 мг/л, ЛПО (контроль)	–	78,0
QL + ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 50мкл/л, СД 2К:1С:1Б	–	97,0
НСР <sub>05</sub>	0,5	9,3

К концу этапа укорененные микрочеренки жимолости синей и малины соответствовали ГОСТ Р54051-2010.

На этапе адаптации значительное увеличение приживаемости микрорастений жимолости до 94,0 % обеспечило применение субстрата на основе верхового торфа в сочетании с обработкой 0,01 % водным раствором НВ-101. Такие условия увеличили выход кондиционных адаптированных микрорастений жимолости до 95,1 % при 68,9 % в контроле.

Проведение адаптации укорененных микрочеренков малины красной и ремонтантной по общепринятой методике привело к 100 % выходу адаптированных микрорастений.

При проведении вышеперечисленных условий к концу этапа адаптированные микрорастения жимолости синей и малины соответствовали ГОСТ Р54051-2010.

Подбор оптимальных питательных сред, регуляторов роста и светового режима в клональном микроразмножении жимолости синей и малины позволил значительно увеличить КР и выход адаптированных микрорастений, что явилось основой усовершенствованной методики для каждой из культур (табл. 2).

Применение улучшенной методики увеличило в 3,5 раза выход адаптированных микрорастений жимолости синей, снизило их себестоимость на 24,1 %, что позволило в конечном итоге получить стандартный посадочный материал с закрытой корневой системой в течение одного вегетационного периода при уровне рентабельности 126,0 %, что на 43,5 % выше,

чем выращивание этой культуры по традиционной методике.

Соблюдение усовершенствованной методики клонального микроразмножения малины позволило значительно увеличить выход адаптированных микрорастений: в 6,7 раза малины красной, в 3,4 раза – малины ремонтантной.

Уровень рентабельности при культивировании малины *in vitro* по улучшенной методике составил 136,1 % малины красной и 137,0 % ремонтантной.

**Выводы.** Оптимальной питательной средой для жимолости синей на этапе введения в культуру *in vitro* оказалась  $1/2$ WPM, обеспечивающая выживаемость эксплантов 62,2 % (27,9 % в контроле). Питательная среда МС модифицированная (с пониженным содержанием аммиачного азота  $NH_4$  на 15 %) с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л при освещении СД-облучателем со спектром 2К:1С:1Б обеспечила увеличение КР в 2 раза (с 2,7 до 5,5).

Значительное увеличение укореняемости микрочеренков жимолости синей до 90,0 % достигнуто на питательной среде МС мод. с добавлением ИМК 0,5 мг/л при освещении СД-облучателем 2К:1С:1Б (77,0 % в контроле). Условия адаптации микрорастений жимолости синей в субстрате на основе верхового торфа с опрыскиванием 0,01 % раствором НВ-101 обеспечили приживаемость до 94,0 % (70,0 % в контроле), при этом выход кондиционных адаптированных микрорастений жимолости синей составил 95,1 % (68,9 % в контроле).

Таблица 2 – Эффективность получения микрорастений ягодных культур *in vitro* по традиционной и усовершенствованной методикам

Методика клонального микроразмножения	Выход микрорастений, шт.	Себестоимость одного микрорастения, руб.	Условно чистый доход с одного микрорастения, руб.	Рентабельность, %
Жимолость синяя				
Традиционная	205	54,8	45,2	82,5
Усовершенствованная	719	41,6	52,4	126,0
Малина красная				
Традиционная	122	50,8	49,2	96,8
Усовершенствованная	814	37,5	62,5	166,6
Малина ремонтантная				
Традиционная	269	51,9	48,1	92,7
Усовершенствованная	922	40,5	55,5	137,0

На всех этапах микроразмножения *in vitro* малины оптимальной питательной средой была QL. Добавление в данную среду 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л при облучении СД-облучателем 2К:1С:1Б обеспечило максимально высокий коэффициент размножения 4,7 (в контроле 2,5), а внесение ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100мккл/л и освещение СД-облучателем 1К:1С:1Б обеспечило 100 % укореняемость микрочеренков малины красной.

Увеличить КР малины ремонтантной в 1,8 раза (4,2), в сравнении с контролем (2,3), позволило добавление в среду QL 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 мг/л + ГК 0,5 мг/л и облучение СД 1К:1С:1Б, а внесение ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 50мккл/л и облучение СД 2К:1С:1Б повысило укореняемость микрочеренков до 97,0 % при 78,0 % в контроле.

Подбор оптимальных условий для клонального микроразмножения жимолости синей и малины позволил разработать усовершенствованную методику для каждой из культур. Применение данной методики позволило увеличить выход адаптированных микрорастений: в 3,5 раза жимолости синей, в 6,7 раза малины красной, в 3,4 раза малины ремонтантной. При этом снизилась их себестоимость: жимолости синей – на 24,1 %, малины красной – на 30,1 %, малины ремонтантной – на 22,0 %. Также вырос уровень рентабельности: на 43,5 % по жимолости синей, на 69,8 % по малине красной и на 44,3 % по малине ремонтантной.

### Список литературы

1. Колбанова, Е. В. Влияние фитогормонов в составе питательной среды на пролиферацию у растений-регенерантов сортов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica*) / Е. В. Колбанова // Вестник Белорусской государственной академии наук. – Минск, 2020. – Т. 65. – № 1. – С. 88–97.

2. Куликов, И. М. Развитие садоводства в России: тенденции, проблемы, перспективы / И. М. Куликов, И. А. Минаков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – С. 9–15.

3. Маркова, М. Г. Влияние регуляторов роста и светодиодных фитооблучателей на адаптацию земляники садовой / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова. – 2019. – № 6. – С. 12–15.

4. Современный биотехнологический подход к производству посадочного материала садовых культур / Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина, Л. С. Ворохобова [и др.] // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Барнаул: Алтайский ГАУ. – 2017. – С. 239–241.

5. Шипунова, А. А. Клональное микроразмножение плодовых и декоративных культур в условиях промышленного производства / А. А. Шипунова // Биотехнология как инструмент сохранения разнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): м-лы VII Международной научно-практ. конф., посвящ. 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. – Симферополь: Ариал, 2016. – С. 138–139.

6. Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок / Н. П. Кондратьева, Р. И. Ильясов, Р. Г. Большин [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – № 3. – С. 32–37.

7. Пат. 127286 РФ. МПК. Полезная модель «Светодиодная система для облучения меристемных растений» / Р. А. Валеев, С. И. Юран, Н. П. Кондратьева [и др.] // Заявлено 17.07.2012; опубл. 27.04.2013 г. – 5 с.

8. Supplemental blue led lighting array to improve the signal quality in hyperspectral imaging of plants / A. K. Mahlein, E. C. Oerke, H. W. Dehne [et al.] // Sensors. – 2015. – Vol. 15. – № 6. – P. 12834–12840.

9. Adaptation of regenerated strawberry plants to ex vitro using biological preparations / A. Subin, G. Tkalenko, V. Boroday, et al // Агробиология. – 2016. – № 2 (128). – С. 85–90.

### Spisok literatury

1. Kolbanova, E. V. Vliyaniye fitogormonov v sostave pitatel'noj sredy na proliferaciyu u rastenij-regenerantov sortov zhimolosti sinej (*Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica*) / E. V. Kolbanova // Vescinacyyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnyh navuk. – Minsk, 2020. – T. 65. – № 1. – S. 88–97.

2. Kulikov, I. M. Razvitie sadovodstva v Rossii: tendencii, problemy, perspektivy / I. M. Kulikov, I. A. Mina-kov // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2017. – S. 9–15.

3. Markova, M. G. Vliyaniye reguljatorov rosta i svetodiodnyh fitoobluchatelej na adaptaciyu zemlyaniki sadovoj / M. G. Markova, E. N. Somova. – 2019. – № 6. – S. 12–15.

4. Sovremennyy biotekhnologicheskij podhod k proizvodstvu posadochnogo materiala sadovyh kul'tur / T. V. Plaksina, I. D. Borodulina, L. S. Vorohobova [i dr.] // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu: materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Barnaul: Altajskij GAU. – 2017. – S. 239–241.

5. Shipunova, A. A. Klonal'noe mikrorazmnozhenie plodovyh i dekorativnyh kul'tur v usloviyah promyshlennogo proizvodstva / A. A. SHipunova // Biotekhnologiya kak instrument sohraneniya raznoobraziya rastitel'nogo

mira (fiziologo-biohimicheskie, embriologicheskie, geneticheskie i pravovye aspekty): m-ly VII Mezhdunar. nauchno-prakt. konf., posvyashch. 30-letiyu otdela biotekhnologii rastenij Nikitskogo botanicheskogo sada. – Simferopol': Arial, 2016. – S. 138–139.

6. Effektivnost' mikroprocessornoj sistemy avtomaticheskogo upravleniya rabotoj svetodiodnyh obluchatel'nyh ustanovok / N. P. Kondrat'eva, R. I. Il'yasov, R. G. Bol'shin [i dr.] // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2018. – № 3. – S. 32–37.

7. Pat. 127286 RF. MPK. Poleznaya model' «Svetodiodnaya sistema dlya oblucheniya mer-

istemnyh rastenij» / R. A. Valeev, S. I. Yuran, N. P. Kondrat'eva [i dr.] // Zayavleno 17.07.2012; opubl. 27.04.2013 g. – 5 s.

8. Mahlein, A. K. Supplemental blue led lighting array to improve the signal quality in hyperspectral imaging of plants / A. K. Mahlein, E. C. Oerke, H. W. Dehne [et al.] // Sensors. – 2015. – Vol. 15. – № 6. – P. 12834–12840.

9. Adaptation of regenerated strawberry plants to ex vitro using biological preparations / A. Subin, G. Tkalenko, V. Boroday [et al.] // Agrobiologiya. – 2016. – № 2 (128). – С. 85–90.

### Сведения об авторах:

**Сомова Елена Николаевна** – старший научный сотрудник, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru).

**Маркова Марина Геннадьевна** – научный сотрудник, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru).

Ye. N. Somova, M. G. Markova

*Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*

### CLONAL MICRO DISSEMINATION OF BERRY CROPS

*The aim of the research is to optimize the conditions for in vitro cultivation of blue honeysuckle and raspberry. The work was carried out in 2016–2019. The Murasige-Skuga medium (½ MS) was the control medium for the initiation of explants of all cultures. Additionally, the following media were used: for honeysuckle – ½ MS modified with a reduced NH<sub>4</sub><sup>+</sup> content by 15 % compared to the base MS, Woodi Plant Medium (½ WPM); for raspberries – Quoirin-Lepoivre (½ QL) and ½ Anderson medium. The action of LED phytoirradiators (LED-irradiator) with a combination of red, blue and white light in the spectrum 2:1:1, 1:1:1, 2:1, respectively, LED-irradiators with a changing spectrum and flashing was studied at the stages of microspreading and rooting. The survival rate of honeysuckle explants on 1/2 WPM medium was 62.2 % (27.9 % control). The highest multiplication factor of 5.1 (2.6 control) was obtained using an LED illuminator 2 red : 1 blue : 1 white on the medium MS modified + 6-BAP 1.0 mg/L + kinetin 0.5 mg/L. High rooting rate of honeysuckle of 89.0 % (76.0 % control) was obtained on the medium MS modified + IBA 0.5 mg/L. Cultivation of red raspberries on medium QL + 6-BAP 1.0 mg/L + GA 0.5 mg/L and irradiation with a LED irradiator 2 red : 1 blue : 1 white led to a multiplication factor of 5.3 (2.7 control). An addition, into QL medium an IMA 0.5 mg/L + HB-101 100 µl/L and irradiation with a LED irradiator 1 red : 1 blue : 1 white ensured 100 % rooting. Introducing into QL medium a 6-BAP 1.0 mg/L + IBA 0.2 mg/L + GA 0.5 mg/L and illumination with an LED-irradiator 1 red : 1 blue : 1 white have increased the multiplication factor of remnant raspberries by 1.6 times (from 2.6 to 4.1), and the use of QL + IBA 0.5 mg/L + HB-101 50 µl/L medium and LED-irradiation 2 red : 1 blue : 1 white have increased its rooting rate to 96 % (67 % control).*

**Key words:** honeysuckle blue (*Lonicera caerulea*); common raspberry (*Rubus idaeus*); clonal microspreading; LED phytoirradiator.

### Authors:

**Somova Yelena Nikolayevna** – Senior Researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru).

**Markova Marina Gennadievna** – Researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru).

А. В. Федоров<sup>1</sup>, Д. А. Зорин<sup>1</sup>, Г. А. Солтани<sup>2</sup><sup>1</sup>Удмуртский ФИЦ УрО РАН<sup>2</sup>ФГБУ «Сочинский национальный парк»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИВИВКИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СОСЕН В РОССИИ

Быстрота размножения и выращивания разных видов сосен зависит от способов и эффективности из размножения. По причине плохого укоренения черенков большинства видов сосен основным и одним из эффективных способов вегетативного размножения является прививка. В настоящее время коллекция сосен сочинского «Дендрария» сокращается. Причинами являются возраст растений и ухудшение условий произрастания. Репродукция семенным путем осложнена, поэтому был проведен эксперимент по размножению вегетативным способом. Цель настоящих исследований – изучение фундаментальных основ использования прививки в роде *Pinus* в целях интродукции и сохранения биоразнообразия в условиях Удмуртии и г. Сочи. Выявлено, что при прививках видов сосен хорошую совместимость с сосной обыкновенной в условиях Удмуртии проявили: *Pinus nigra*, *Pinus peuce*. Ниже приживаемость была у *Pinus tigrivar. pumilio* и *Pinus banksiana*. Успешный результат в г. Сочи был получен в 8 вариантах (привой-подвой): *Pinus sabiniana* – *Pinus sylvestris*; *Pinus parviflora* cv. *Glauca* – *Pinus parviflora*; *Pinus parviflora* cv. *Glauca* – *Pinus koraiensis*; *Pinus* × *hunnellii* – *Pinus koraiensis*; *Pinus* × *hunnellii* – *Pinus elliotii*; *Pinus* × *schwerinii* – *Pinus elliotii*; *Pinus sylvestris* cv. *Fastigiata* – *Pinus tabuliformis*; *Pinus gerardiana* – *Pinus thunbergii*.

**Ключевые слова:** сосны; биоразнообразие; национальная коллекция; интродукция; метод родовых комплексов; прививка; привойно-подвойная комбинация.

**Актуальность.** Род *Pinus* L. является самым крупным среди хвойных растений и включает, согласно The Plant List, 119 видов, 14 гибридов, 12 подвидов, 30 разновидностей и 1 форму [15].

По данным С. А. Мамаева [5], на Урале в культуре произрастают следующие виды интродуцированных сосен: сосна кедровая европейская – *Pinus cembra* L., сосна кедровая маньчжурская – *Pinus koraiensis* Sieb. Et Zucc., кедровый стланик – *Pinus pumila* (Pall.) Regel, сосна веймутова – *Pinus strobus* L., сосна румелийская – *Pinus peuce* Griseb., сосна смолистая – *Pinus resinosa* Ait., сосна погребальная – *Pinus funebris* Kom., сосна горная – *Pinus tugo* Turra, сосна черная австрийская – *Pinus nigra* Ait., сосна Банка – *Pinus banksiana* Lamb., сосна Муррея – *Pinus murrayana* Balf. Для проведения интродукционных испытаний рекомендуются следующие виды: сосна желтая – *Pinus ponderosa* Dougl., сосна Коха – *Pinus kochiana* Klozsch, сосна скрученная – *Pinus concorta* Dougl., сосна виргинская – *Pinus virginiana* Mill., сосна жесткая – *Pinus rigida* Mill., сосна желтая горная – *Pinus scopulorum* Lemm., сосна остистая – *Pinus aristata* Engelm., сосна Бальфура – *Pinus balfouriana* Jeffrey, сосна горная веймутова – *Pinus smonticola* Dougl., сосна горная калифорнийская – *Pinus flexilis* James, сосна белоствольная – *Pinus albicaulis* Engelm.

Следует отметить, что в зоне Урала интродуцированные виды *Pinus* могут повреждаться в результате воздействия неблагоприятных факторов. М. А. Мкртчян и В. П. Путенихин [6] выявили повреждение сосны Банка, сосны веймутовой и сосны желтой в коллекциях Ботанического сада-института в г. Уфе ожогами в зимне-весенний период, связанное с экстремальными погодными условиями.

В сочинском «Дендрарии» прошли интродукционные испытания 88 видов, 15 разновидностей, 8 форм и 8 гибридов [1, 2, 3, 10]. Основные работы по интродукции и изучению сосен были проведены Сочинской научно-исследовательской опытной станцией субтропического лесного и лесопаркового хозяйства (СочНИЛОС) под руководством академика ВАСХНИЛ, профессора А. С. Яблокова в 1968–1971 гг. В настоящее время эта самая крупная российская коллекция сосен насчитывает 74 таксона (58 видов, включая 7 гибридов, 9 разновидностей и 7 форм) [4, 7, 8, 9, 10, 11]. Интродукция родовым комплексом привела к получению новых видов и форм [14]. В настоящее время продолжается вступление сосен последнего массового периода интродукции (1972–1992 гг.) в генеративную фазу. На площади 46 га произрастают более тысячи экземпляров сосен в возрасте от 5 до 130 лет.

В последние десятилетия наблюдается сокращение численности коллекции сочинско-

го «Дендрария», что вызывает тревогу. Ее потери означают утрату части генетических ресурсов, которыми в настоящее время обладает наша страна.

Периодичность семеношения, низкое качество семян либо бесплодность ввиду возраста отдельных сосен, отсутствие адаптации либо гибридное происхождение обуславливают необходимость использования вегетативного размножения путем прививок.

Второй причиной применения прививок для поддержания коллекции сосен является преодоление неблагоприятных природных факторов за счет использования устойчивого подвоя.

**Цель исследований:** изучение фундаментальных основ использования прививки в роде *Pinus* в целях интродукции и сохранения биоразнообразия в условиях Удмуртии и г. Сочи.

**Материалы и методы.** В 2016 г. в условиях Удмуртской Республики заложен опыт по прививке 9 видов сосен на сосну обыкновенную: *Pinus mugovar. pumilio*, *Pinus koraiensis*, *Pinus contortavar. latifolia*, *Pinus resinosa*, *Pinus banksiana*, *Pinus densiflora*, *Pinus nigra*, *Pinus peuce*, *Pinus sibirica*.

Использовались следующие способы прививки:

1. В расщеп с совмещением камбия.
2. Улучшенная копулировка.
3. Вприклад сердцевинной на камбий с заглублением основания черенка в почву.
4. В приклад сердцевинной на камбий.

Учет приживаемости проведен в сентябре 2016 г.

В условиях г. Сочи подвоем служили четырехлетние саженцы различных видов сосен: *Pinus elliottii*, *Pinus koraiensis*, *Pinus massoniana*, *Pinus parviflora*, *Pinus sylvestris*, *Pinus tabulaeformis*, *Pinus thunbergii*.

Для привоя использовали черенки сосен из коллекции сочинского «Дендрария»: редких видов – *Pinus durangensis*, *Pinus echinata*, *Pinus gerardiana*, *Pinus leiophylla*, *Pinus oocarpa*, *Pinus roxburghii*, *Pinus sabiniana*, гибридов – *Pinus × hunnewellii*, *Pinus × schwerinii* и сортов – *Pinus parviflora* cv. *Glauca*, *Pinus patula* cv. *Macrocarpa*, *Pinus sylvestris* cv. *Fastigiata*.

Привойно-подвойные комбинации были случайными, без учета внутривидового сходства видов с целью проверки как можно большего числа вариантов комбинаций. Прививки проводились в начале марта. Сроки прививки зависят от климатических особенностей региона, а успешность срастания – от конкретных метеорологических условий [12].

Использовались два способа прививки верхушечными черенками – вприклад камбием на камбий, и прививка в расщеп через верхушечную почку (1/2 почки подвоя удалялась) [13].

**Результаты и обсуждение.** В условиях Удмуртской Республики было выявлено, что при прививках видов сосен на сосну хорошую совместимость с сосной обыкновенной проявили: *Pinus nigra*, *Pinus peuce*. Ниже приживаемость была у *Pinus mugovar. pumilio* и *Pinus banksiana*.

Проведенные прививки и дальнейший учет показал отсутствие приживаемости на *Pinus sylvestris* видов: *Pinus koraiensis*, *Pinus contortavar. latifolia*, *Pinus densiflora*. Следует отметить, что в год проведения исследований сложились крайне неблагоприятные условия для приживаемости прививок.

Успешный результат в условиях сочинского «Дендрария» получен в 8 вариантах (привойно-подвой):

1. *Pinus sabiniana* – *Pinus sylvestris*.
2. *Pinus parviflora* cv. *Glauca* – *Pinus parviflora*.
3. *Pinus parviflora* cv. *Glauca* – *Pinus koraiensis*.
4. *Pinus × hunnewellii* – *Pinus koraiensis*.
5. *Pinus × hunnewellii* – *Pinus elliottii*.
6. *Pinus × schwerinii* – *Pinus elliottii*.
7. *Pinus sylvestris* cv. *Fastigiata* – *Pinus tabulaeformis*.
8. *Pinus gerardiana* – *Pinus thunbergii*.

В 3, 4, 6 вариантах черенки перед прививкой замачивались на 20 часов в ИМК (70 мг/л). В расщеп через верхушечную почку привиты варианты 2, 3, 4, 5, 6, 8, что говорит о предпочтительности этого способа прививки. В большинстве из привойно-подвойных комбинаций (варианты 1, 2, 3, 4, 7) прослеживаются близкородственные связи видов привоя и подвоя.

**Заключение.** Для решения вопросов совместности, лучшей приживаемости, срастания, дальнейшего роста и развития привитых растений необходимо изучение в конкретных метеорологических условиях привойно-подвойных комбинаций, в зависимости от состояния и возраста привоя и подвоя, сроков прививки, сроков заготовки черенков, способов и техники прививки, методов повышения эффективности прививки, агротехники дальнейшего ухода.

Выявлено, что при прививках видов сосен хорошую совместимость с сосной обыкновенной в условиях Удмуртии проявили: *Pinus nigra*,

*Pinus peuce*. Ниже приживаемость была у *Pinus mugo* var. *pumilio* и *Pinus banksiana*.

Полученные результаты будут использоваться для сохранения и пополнения коллекции сосен сочинского «Дендрария». Представленные здесь коллекционные экземпляры являются образцами генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей, сохраняемых в условиях дендрологического парка, являющегося ООПТ федерального значения, и предназначенных для обмена, обеспечения различных пользователей растительным материалом с целью изучения и использования в научных, селекционных и образовательных программах, а также для других целей. Это наиболее полная коллекция рода *Pinus* в России, поэтому ее можно считать национальной коллекцией.

В России вопрос о национальных коллекциях живых растений в настоящее время остается вне интересов государства, в отличие от других стран, где они являются составной частью государственной системы сохранения и рационального использования генетических ресурсов.

### Список литературы

1. Истратова, О. Т. Интродукция видов рода *Pinus* L. на Черноморское побережье Кавказа / О. Т. Истратова // Тр. СочНИЛОС. – Сочи, 1973. – Вып. 8. – С. 3–68.
2. Истратова, О. Т. Род Сосна / О. Т. Истратова, Ю. Н. Карпун // Итоги и перспективы интродукции древесных растений в России. – Сочи, 1994. – Вып. 2. – 136 с.
3. Истратова, О. Т. Сосны сочинского «Дендрария» / О. Т. Истратова. – Сочи: НИИгорлесэкол, 1993. – 48 с.
4. Каталог культивируемых древесных растений России / Под ред. Ю. Н. Карпуна. – Сочи, Петрозаводск, 1999. – 173 с.
5. Мамаев, С. А. Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении / С. А. Мамаев. – Свердловск: УНЦ АН СССР. – 1983. – 112 с.
6. Мкртчян, М. А. Устойчивость некоторых североамериканских сосен при интродукции в Башкирском Предуралье / М. А. Мкртчян, В. П. Путенихин // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы X Международного симпозиума. Т. 1. Пушино, 17–21 июня 2013 г. – М.: РУДН, 2013. – С. 29–31.
7. Солтани, Г. А. Гибриды в коллекции сосен сочинского «Дендрария» / Г. А. Солтани // Лесная генетика и селекция на рубеже тысячелетий: материалы научно-практ. конференции (Воронеж, 26–29 июня 2001 г.). – Воронеж: НИИЛГиС, 2001. – С. 46.

8. Солтани, Г. А. Раритеты коллекции сочинского «Дендрария» / Г. А. Солтани // Hortusbot. – 2019. – Т. 14. – С. 186–245. – URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=6545> (дата обращения 15.10.2021 г.).

9. Солтани, Г. А. Коллекционные растения парка «Дендрарий». Аннотированный каталог / Г. А. Солтани, И. В. Анненкова, Г. Л. Орлова, А. В. Егюшин. – Сочи: ИП Кривлякин, 2016. – 178 с.

10. Редкие таксоны рода Сосна (*Pinus* L.) в коллекции сочинского «Дендрария» / Г. А. Солтани, Г. Л. Орлова // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы Шестой Междунар. науч. конф. (Санкт-Петербург, 20–25 июня 2016 г.). – СПб.: СИНЭЛ, 2016а. – С. 260–261.

11. Солтани, Г. А. Сосны в составе зелёных насаждений г. Сочи / Г. А. Солтани, Г. Л. Орлова // Экологические проблемы Сочи и стратегия устойчивого развития агломерации город-курорт Сочи: материалы II научно-практ. конф. (Сочи, июнь, 2016, ФБГУН СНИЦ РАН). – Сочи: Изд. Дом Sochi 23, 2016б. – С. 112–115.

12. Федоров, А. В. Прививка *Pinus sibirica* Du Tour. в Среднем Предуралье / А. В. Федоров, Д. А. Зорин // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14. – № 4 (92). – С. 530–537.

13. Федоров, А. В. Фундаментальные основы использования прививки в роде *Pinus* в целях интродукции и сохранения биоразнообразия / А. В. Федоров, Д. А. Зорин. – Ижевск: Шелест, 2017. – 87 с.

14. Businsky, R. Two new spontaneous hybrids of American hard pines from Pinussect. Trifoliae (Pinaceae) found in the unique Russian Sochi Arboretum / R. Businsky // FeddesRepertorium. – 2012. – V. 123. – № 3. – P. 209–217.

15. The Plant List: [сайт]. – URL: <http://www.theplantlist.org> (дата обращения 15.10.2021 г.)

### Spisok literatury

1. Istratova, O. T. Introdukciya vidov roda *Pinus* L. na Chernomorskoe poberezh'e Kavkaza / O. T. Istratova // Tr. SochNILOS. – Sochi, 1973. – Vyp. 8. – С. 3–68.
2. Istratova, O. T. Rod Sosna / O. T. Istratova, YU. N. Karpun // Itogi i perspektivy introdukcii drevesnyh rastenij v Rossii. – Sochi, 1994. – Vyp. 2. – 136 s.
3. Istratova, O. T. Sosny sochinskogo «Dendrariya» / O. T. Istratova. – Sochi: NIIGorlesekol, 1993. – 48 s.
4. Katalog kul'tiviruemyh drevesnyh rastenij Rossii / Pod red. YU. N. Karpuna. – Sochi, Petrozavodsk, 1999. – 173 s.
5. Mamaev, S. A. Vidy hvojnyh na Urале i ih ispol'zovanie v ozelenenii / S. A. Mamaev. – Sverdlovsk: UNC AN SSSR. – 1983. – 112 s.
6. Mkrtychyan, M. A. Ustojchivost' nekotoryh severoamerikanskikh sosen pri introdukcii v Bashkir-

skom Predural'e / M. A. Mkrtchyan, V. P. Putenihin // *Novye i netradicionnye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya: materialy X Mezhdunarodnogo simpoziuma*. T. 1. Pushchino, 17–21 iyunya 2013 g. – M.: RUDN, 2013. – S. 29–31.

7. Soltani, G. A. Gibrity v kollekcii sosen sochinskogo «Dendrariya» / G. A. Soltani // *Lesnaya genetika i selekciya na rubezhe tysyacheletij: materialy nauchno-prakt. konferencii (Voronezh, 26–29 iyunya 2001 g.)*. – Voronezh: NIILGiS, 2001. – S. 46.

8. Soltani, G. A. Raritety kollekcii sochinskogo «Dendrariya» / G. A. Soltani // *Hortusbot.* – 2019. – T. 14. – S. 186–245. – URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=6545> (data obrashcheniya 15.10.2021 g.).

9. Soltani, G. A. Kollekcionnye rasteniya parka «Dendrarij». Annotirovannyj katalog / G. A. Soltani, I. V. Annenkova, G. L. Orlova, A. V. Egoshin. – Sochi: IP Krivlyakin, 2016. – 178 s.

10. Redkie taksony roda Sosna (*Pinus* L.) v kollekcii sochinskogo «Dendrariya» / G. A. Soltani, G. L. Orlova // *Biologicheskoe raznoobrazie. Introdukciya rastenij: materialy SHestoj Mezhdunar. nauch. konf. (Sankt-Pe-*

*terburg, 20–25 iyunya 2016 g.)*. – SPb.: SINEL, 2016a. – S. 260–261.

11. Soltani, G. A. Sosny v sostave zelyonyh nasazhdenij g. Sochi / G. A. Soltani, G. L. Orlova // *Ekologicheskie problemy Sochi i strategiya ustojchivogo razvitiya aglomeracii gorod-kurort Sochi: materialy II nauchno-prakt. konf. (Sochi, iyun', 2016, FBGUN SNIC RAN)*. – Sochi: Izd. Dom Sochi 23, 2016b. – S. 112–115.

12. Fedorov, A. V. Privivka *Pinus sibirica* Du Tour. v Srednem Predural'e / A. V. Fedorov, D. A. Zorin // *Nauchnaya zhizn'*. – 2019. – T. 14. – № 4(92). – S. 530–537.

13. Fedorov, A. V. Fundamental'nye osnovy ispol'zovaniya privivki v rode *Pinus* v celyah introdukcii i sohraneniya bioraznoobraziya / A. V. Fedorov, D. A. Zorin. – Izhevsk: SHelest, 2017. – 87 s.

14. Businsky, R. Two new spontaneous hybrids of American hard pines from *Pinus sect. Trifoliae* (Pinaceae) found in the unique Russian Sochi Arboretum / R. Businsky // *Feddes Repertorium*. – 2012. – V. 123. – № 3. – R. 209–217.

15. The Plant List : [sajt]. – URL: <http://www.thepantlist.org> (data obrashcheniya 15.10.2021 g.)

#### Сведения об авторах:

**Федоров Александр Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: [udmgardern@mail.ru](mailto:udmgardern@mail.ru)).

**Зорин Денис Александрович** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: [zor-d@udman.ru](mailto:zor-d@udman.ru)).

**Солтани Галина Александровна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Сочинский национальный парк (354002, Российская Федерация, г. Сочи, Курортный пр., 74, e-mail: [soltany2004@yandex.ru](mailto:soltany2004@yandex.ru)).

A. V. Fedorov<sup>1</sup>, D. A. Zorin<sup>1</sup>, G. A. Soltani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Federal State Budget Institute «Sochi National Park»*

#### VACCINATION USAGE TO PRESERVE BIODIVERSITY OF PINE IN RUSSIA

*Pine is an important forestry and ornamental tree. For the widespread introduction of species, garden forms and varieties into practice of green building, the study of the methods of their vegetative reproduction, which allows you to preserve all their valuable characteristics and properties, is of particular importance. At the same time, the speed of reproduction and cultivation of these plants depends on the methods and efficiency of their reproduction. Often, representatives of the genus *Pinus* introduced in other regions lack seed production. Therefore, it is possible to obtain planting material only by vegetative means. Due to poor rooting of cuttings of most pine species, the main and one of the most effective methods of vegetative propagation is grafting. At present, the collection of pines of the Sochi Arboretum is decreasing. The reasons are the age of the plants and the deterioration of growing conditions. Reproduction by seed is complicated due to their absence, so an experiment was carried out on reproduction by a vegetative method. Thus, the purpose of the research was to study the fundamental principles of the use of grafting in the genus *Pinus* for the introduction and preservation of biodiversity in the conditions of Udmurtia and Sochi. It had been revealed that when grafting pine species, *Pinus nigra*, *Pinus peuce* showed good compatibility with Scots pine under the conditions of Udmurtia. *Pinus mugo* var. *pumilio* and *Pinus banksiana*. A successful result in Sochi was obtained in 8 variants (scion-rootstock): *Pinus sabiniana* – *Pinus sylvestris*; *Pinus parviflora* cv. *Glauca* – *Pinus parviflora*; *Pinus parviflora* cv. *Glauca* – *Pinus koraiensis*; *Pinus* × *hunnnewellii* – *Pinus koraiensis*; *Pinus* × *hunnnewellii* – *Pinus elliotii*; *Pinus* × *schwerinii* – *Pinus elliotii*; *Pinus sylvestris* cv. *Fastigiata* – *Pinus tabuliformis*; *Pinus gerardiana* – *Pinus thunbergii*.*

**Key words:** pines; biodiversity; national collection; introduction; method of generic complexes; grafting; scion-rootstock combination.

**Authors:**

**Fyodorov Aleksandr Vladimirovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: udmgardern@mail.ru).

**Zorin Denis Aleksandrovich** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plant, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: zor-d@udman.ru).

**Soltani Galina Aleksandrovna** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Sochi National Park (74, Kurortnyj pr., Sochi, 354002, Russian Federation, e-mail: soltany2004@yandex.ru).

УДК 633.811:631.526.32.(470.5)

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_40

Е. Н. Черемных, О. А. Ардашева, А. В. Федоров

Удмуртский ФИЦ УрО РАН

## ЧАЙНО-ГИБРИДНЫЕ РОЗЫ В КОЛЛЕКЦИИ ОТДЕЛА ИНТРОДУКЦИИ И АККЛИМАТИЗАЦИИ РАСТЕНИЙ УДМФИЦ УРО РАН

*Садовые сорта роз прихотливы к условиям внешней среды и не во всех регионах могут успешно расти, поэтому при их интродукции возникает необходимость всестороннего изучения с целью выявления перспективных для условий региона сортов роз. Интродукционное изучение сортов чайно-гибридных роз проводилось в коллекции Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН. Коллекция корнесобственных роз заложена в 2018 г., изучаемая группа чайно-гибридных сортов насчитывает 4 наименования. Проводились фенологические наблюдения, оценка устойчивости к болезням и вредителям. По комплексу декоративных качеств оценивалась перспективность сортов. По продолжительности цветения можно выделить сорта *Angeliq*, *Troika* (127 дней). Всего на розах в течение вегетационного периода отмечено 2 возбудителя болезней. Наибольшее поражение болезнями наблюдали у сортов *Prestige*, *Angeliq* (4–5 баллов поражение), а наименьшая степень поражения отмечена у сорта *France Info* по 1 баллу. Для оценки декоративности предлагается использовать 7 признаков. Для оценки перспективности использования сортов розы учитывать следующие признаки: устойчивость к болезням и вредителям и суммарная декоративность.*

*Наиболее декоративными сортами по суммарной оценке являются сорта *Troika*, *Angeliq*, данные сорта отнесены к 1 классу перспективности, рекомендуемые для использования в декоративном садоводстве без ограничений по традиционной технологии выращивания.*

**Ключевые слова:** роза; группа чайно-гибридная; сорта; фенология; фазы развития; болезни; перспективность.

**Актуальность.** Отсутствие удобной методики оценки декоративных качеств сортов розы усложняет проведение работ по сортоизучению и интродукции новых сортов. При отсутствии такой методики невозможно провести объективное сравнительное изучение и оценить перспективность сортов для дальнейшего использования.

Род роза (лат. *Rosa*) относится к семейству розоцветных (лат. *Rosales*).

Чайно-гибридные розы и их клаймберы (Hybrid Tea and Climbing Hybrid Tea) – класс сортов роз из группы «Современные садовые розы» по классификации, принятой в 1976 г.

Всемирной федерацией общества розоводов (World Federation of Rose Societies) [11].

Первая чайно-гибридная роза ‘La France’ была получена в 1867 г. в результате скрещивания ремонтантной и чайной роз. Этот сорт считается родоначальником класса чайно-гибридных роз – одной из наиболее популярных современных групп [9]. Создателем этого сорта был французский селекционер роз Жан-Батист Андре Гийо (Jean-Baptiste André Guillot). Появление чайно-гибридных роз было выдающимся событием, так как они по своим качествам превзошли все известные до них формы и сорта. И в настоящее время, несмотря на бо-

лее чем столетнюю историю и непрерывную работу по улучшению качества сортов, они являются ведущими и наиболее широко используются в декоративных насаждениях и оранжерейной культуре для получения срезки [4, 5].

Отличительными чертами чайно-гибридных роз являются высочайшее качество цветка и непрерывность цветения. Сорта данной группы весьма разнообразны, отличаются по высоте, бывают махровыми и густомахровыми, собраны в небольшие соцветия или единичные, окраска и фактура лепестков самая разнообразная. Аромат цветков включает богатую гамму запахов, от густых до тонких и легких. Большое значение придается форме и пропорциональному строению куста, его хорошей облиственности, цвету листьев [1–3, 4].

Наиболее обильным и декоративным является второе цветение в условиях города Ижевска [10].

**Цель исследований** – расширение ассортимента чайно-гибридных роз в коллекции.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись чайно-гибридные сорта роз: *Angelique*, *Troika*, *France Info*, *Prestige*. Исследования проводились в условиях открытого грунта на территории отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН.

**Фенологические наблюдения.** Наблюдения проводили по традиционной методике, отмечали начало вегетации, бутонизацию, начало цветения, массовое цветение, окончание цветения, начало осеннего расцветивания листьев. Окончание периода вегетации растений не отмечали в связи с тем, что сорта имеют частично субтропическое происхождение, и, следовательно, продолжительность их вегетации более длительна по сравнению с вегетационным периодом растений в средней полосе.

**Учет поражения болезнями и вредителями.** Для оценки степени поражения болезнями и вредителями использовали глазомерную 4-балльную шкалу:

- здоровые растения;
- слабое поражение органа или растения (поражено до 10 % поверхности);
- поражение среднее, сильно пораженные органы не встречаются (поражено 11–25 % поверхности);
- среднее поражение, некоторые органы или растения поражены сильно (поражено 26–50 % поверхности);
- сильное поражение органов или растений, их гибель (поражено более 50 % поверхности).

**Оценка декоративности.** При оценке декоративности учитывали некоторые морфологические признаки, фенологические признаки, комплексную устойчивость, биологические особенности цветения (обильность, кратность, ароматность). Методику оценки разрабатывали самостоятельно, на основе используемых в декоративном садоводстве.

**Оценка перспективности использования.** При разработке методики оценки перспективности использования за основу взята методика, применяемая в интродукционной работе в ботанических садах.

**Результаты исследований.** При озеленении территории УдмФИЦ УрО РАН в 2018 г. заложена коллекция из корнесобственных роз, включающая 4 сорта из группы чайно-гибридных роз. В течение сезона коллекция пополняется. Чайно-гибридная группа представлена сортами: *Angelique*, *Troika*, *France Info*, *Prestige*.

Данные сорта незначительно отличаются по высоте: *Angelique* 80 см, *Prestige*, *Troika* 60 см, *France Info* 40 см.

Представленная коллекция сортов чайно-гибридных роз имеет гармоничные цветовые переходы от розового оттенка до бордового.

При агротехническом уходе корнесобственные розы по сравнению с привитыми требуют меньше трудозатрат, так как отпадает необходимость удаления поросли подвоя. Остальные агротехнические мероприятия по культивированию чайно-гибридных и других групп роз из коллекции одинаковы. Весеннюю обрезку чайно-гибридных роз проводят в мае, оставляя на побеге 4–6 почек, самая верхняя почка должна быть на внешней стороне побега. После обрезки проводим перекопку с внесением комплексных минеральных удобрений. У роз чайно-гибридной группы нами выявлено несколько периодов цветения за сезон. После каждого цветения, кроме последнего, проводится обрезка отцветших соцветий до первой сформированной почки, что стимулирует последующую бутонизацию. После каждого цветения вносятся комплексные минеральные удобрения. В августе-сентябре при подкормках исключают азотные удобрения, чтобы растения замедлили интенсивный рост и подготовились к зимнему периоду. Первые поливы проводим 1 раз в неделю, а последующие поливы – 2 раза в неделю. В течение всего периода вегетации осуществляется прополка, рыхление.

При подготовке растений к зимнему неблагоприятному периоду проводили обрез-

ку растений (удаление невызревших побегов, укорачивание цветоносов на 4 почки), мульчирование торфом, применением специальных конструкций для укрытия из не тканого полотна.

В процессе развития растения проходили следующие фенологические фазы: образование листьев, ветвление, образование молодых побегов, все эти фазы можно объединить в одну – «фаза вегетации». Фазы бутонизация и цветение относятся к генеративному циклу.

В 2020 г. начало вегетации наблюдали у всех сортов данной группы 10 мая (табл. 1).

Это объясняется тем, что средняя температура воздуха в апреле 2020 г. (3,8 °С) на 0,7 °С выше среднемноголетних данных. Образование бутонов у всех сортов началось примерно в одно время (01.06.). Соответственно и начало цветения у этих сортов началось во второй декаде июня, массовое цветение – во второй декаде июля, окончание цветения отмечается 20 октября, т.к. температура воздуха в третьей декаде октября резко понижается. По суммарной продолжительности цветения можно выделить сорта, отличающиеся наиболее продолжительным цветением: *Angelique*, *Troika* (127 дней).

Сезонные колебания условий окружающей среды могут оказывать существенное влияние на характер цветения роз. Были проведены оценочные исследования характера цветения и факторы, определяющие сезонные колебания

[12]. Условия для возделывания роз в открытом грунте специфичны. Высокая влажность воздуха в совокупности с относительно высокими летними температурами дают возможность развиваться грибным патогенам [1, 6].

Всего на розах в течение вегетационного периода отмечено 2 возбудителя болезней (табл. 2). Мучнистая роса (возбудитель *Sphaerotheca pannosa* Lew. var. *Rosae* Voron.), пероноспороз (ложная мучнистая роса, возбудитель – *Pseudoperonosporasp*) [7, 8].

Наибольшее поражение болезнями наблюдали у сортов *Prestige*, *Angelique* (4–5 баллов поражения), а наименьшая степень поражения отмечена у сорта *France Info* – по 1 баллу.

В настоящее время не существует надежной, удобной в использовании и достоверной методики оценки декоративных качеств сортов роз. Для оценки декоративности предлагается использовать 7 признаков (табл. 3).

Наиболее декоративными сортами по суммарной оценке являются сорта *Troika*, *Angelique*.

Для оценки перспективности использования сортов розы необходимо учитывать следующие признаки: устойчивость к болезням и вредителям и суммарная декоративность.

Наибольшая часть сортов данной группы относится к 1 классу перспективности. Очень перспективные сорта, рекомендуемые для использования в декоративном садоводстве без ограничений по традиционной технологии выращивания.

Таблица 1 – Фенологические наблюдения за развитием и ростом растений розы, 2020 г.

Вариант	Дата						
	Набухание почек	Появление листьев	Появление побегов	Появление бутонов	Начало цветения	Массовое цветение	Конец цветения
Angelique	23.04	10.05	10.05	01.06	15.06	15.07	20.10
Troika	23.04	10.05	12.05	01.06	15.06	15.07	20.10
Prestige	25.04	10.05	10.05	01.06	18.07	30.07	25.08
France Info	26.04	10.05	10.05	01.07	19.07	30.07	05.09

Таблица 2 – Поражение сортов розы болезнями, 2020 г.

Сорт	Заболевание	
	мучнистая роса	пероноспороз
Troika	2	1
Prestige	2	2
France Info	1	1
Angelique	2	3

Таблица 3 – Сводная оценка декоративности по комплексу признаков чайно-гибридных роз

Сорт	Длительность цветения (КЗ = 5)		Обильность цветения (КЗ = 5)		Особенности окраски цвета (КЗ = 3)		Аромат (КЗ = 3)		Декоративные качества листа (КЗ = 2)		Общая привлекательность (КЗ = 3)		Оригинальность (КЗ = 4)		Общая сумма баллов
	балл	сумма	балл	сумма	балл	сумма	балл	сумма	балл	сумма	балл	сумма	балл	сумма	
Angelique	5	25	1	5	3	9	1	3	0	0	1	3	4	16	61
France Info	2	10	1	5	3	9	2	6	1	2	3	9	3	12	53
Prestige	2	10	1	5	3	9	1	3	0	0	2	6	3	12	45
Troika	5	25	1	5	3	9	1	3	1	2	3	9	4	16	69

**Вывод.** Благодаря своим декоративным качествам, обильному и длительному цветению чайно-гибридные розы актуальны и перспективны для культивирования и широкого применения в озеленении городской территории. В результате наших исследований и комплексной сортооценки отобраны 2 сорта – *Troika* и *Angelique*.

**Список литературы**

1. Бударин, А. А. Методы оценки садовых роз / А. А. Бударин // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2012. – № 46. – С. 30–34.
2. Бударин, А. А. Перспективные садовые группы роз для влажных субтропиков России / А. А. Бударин // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – № 49. – С. 69–73.
3. Бударин, А. А. Сортимент роз в структуре садово-парковых насаждений в регионе влажных субтропиков Краснодарского края / А. А. Бударин // Цветоводство: история, теория, практика: материалы VII Междунар. науч. конф., Минск, Беларусь, 24–26 мая 2016 г. – Минск, 2016. – С. 278–280.
4. Былов, В. Н. Розы / В. Н. Былов, Н. Л. Михайлов, Е. И. Сурина // Розы. Итоги интродукции. – М.: Наука, 1988. – 440 с.
5. Зорина, Е. В. Биологические особенности выгоночных роз в защищенном грунте Южного Приморья: автореф. ... канд. биол. наук / Е. В. Зорина. – Владивосток, 2008. – 24 с.
6. Карпун, Н. Н. Сортосвая устойчивость садовых роз к грибным болезням в условиях влажных субтропиков России / Н. Н. Карпун, А. А. Бударин, К. В. Клемешова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 55. – С. 145–152.
7. Коробов, В. И. Методические указания по технологии выращивания роз для декоративного оформления на Черноморском побережье

Кавказа / В. И. Коробов, Г. К. Солнцев. – Сочи, 1983. – 25 с.

8. Коробов, В. И. Устойчивость садовых роз к чёрной пятнистости в связи с их происхождением / В. И. Коробов // Материалы XXII научного совещания ботанических садов Северного Кавказа, посвящённого 25-летию субтропического ботанического сада Кубани. – Сочи, 2003. – С. 41–42.

9. Тыщенко, Е. Л. Хозяйственно-биологический потенциал перспективных сортов роз для ландшафтного строительства на юге России: автореф. ... канд. с.-х. наук / Е. Л. Тыщенко. – Краснодар, 2005. – 26 с.

10. Федоров, А. В. Биоэкологические особенности и декоративность сортов роз в коллекции Удмуртского ФИЦ УрО РАН / А. В. Федоров, О. А. Ардашева, Е. Н. Черемных // Цветоводство: история, теория, практика: материалы IX Международной научной конференции. – 2019. – С. 147–152.

11. Modern Roses XI. The World Encyclopedia of Roses. – Academic Press, 2000.

12. Olusegun O. O. Evaluation of Flowering Pattern, Yield and Yield Determinants of Hybrid Tea Rose in Response to Seasonal Variations and Applied Organic Manure Rates / O. O. Olusegun, U. A. Sola, M. I. Sukurat // American Journal of Plant Sciences. – 2015. – Vol. 6 – № 3.

**Spisok literatury**

1. Budarin, A. A. Metody ocenki sadovyh roz / A. A. Budarin // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. – 2012. – № 46. – S. 30–34.
2. Budarin, A. A. Perspektivnye sadovye gruppy roz dlya vlazhnyh subtropikov Rossii / A. A. Budarin // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. – 2013. – № 49. – S. 69–73.
3. Budarin, A. A. Sortiment roz v strukture sadovo-parkovyh nasazhdenij v regione vlazhnyh subtropikov Krasnodarskogo kraja / A. A. Budarin // Cvetovodstvo:

istoriya, teoriya, praktika: materialy VII Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, Belarus', 24–26 maya 2016 g. – Minsk, 2016. – S. 278–280.

4. Bylov, V. N. Rozy / V. N. Bylov, N. L. Mihajlov, E. I. Surina // Rozy. Itogi introdukcii. – M.: Nauka, 1988. – 440 s.

5. Zorina, E. V. Biologicheskie osobennosti vygon- ochnyh roz v zashchishchennom grunte YUzhnogo Primor'ya: avtoref. ... kand. biol. nauk / E. V. Zorina. – Vladivostok, 2008. – 24 s.

6. Karpun, N. N. Sortovaya ustojchivost' sadovyh roz k gribnym bolezniam v usloviyah vlazhnyh subtropikov Rossii / N. N. Karpun, A. A. Budarin, K. V. Klemeshova // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. – 2015. – Vyp. 55. – S. 145–152.

7. Korobov, V. I. Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii vyrashchivaniya roz dlya dekorativnogo oformleniya na Chernomorskom poberezh'e Kavkaza / V. I. Korobov, G. K. Solncev. – Sochi, 1983. – 25 s.

8. Korobov, V. I. Ustojchivost' sadovyh roz k chyornoj pyatnistosti v svyazi s ih proiskhozhdeniem / V. I. Ko-

robov // Materialy XXII nauchnogo soveshchaniya botanicheskikh sadov Severnogo Kavkaza, posvyashchyonogo 25-letiyu subtropicheskogo botanicheskogo sada Kubani. – Sochi, 2003. – S. 41–42.

9. Tyshchenko, E. L. Hozyajstvenno-biologicheskij potencial perspektivnyh sortov roz dlya landshaftnogo stroitel'stva na yuge Rossii: avtoref. ... kand. s.-h. nauk / E. L. Tyshchenko. – Krasnodar, 2005. – 26 s.

10. Fedorov, A. V. Bioekologicheskie osobennosti i dekorativnost' sortov roz v kollekcii Udmurtskogo FIC UrO RAN / A. V. Fedorov, O. A. Ardasheva, E. N. Cheremnykh // Cvetovodstvo: istoriya, teoriya, praktika: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – 2019. – S. 147–152.

11. Modern Roses XI. The World Encyclopedia of Roses. – Academic Press, 2000.

12. Olusegun O. O. Evaluation of Flowering Pattern, Yield and Yield Determinants of Hybrid Tea Rose in Response to Seasonal Variations and Applied Organic Manure Rates / O. O. Olusegun, U. A. Sola, M. I. Sukurat // American Journal of Plant Sciences. – 2015. – Vol. 6 – № 3.

#### Сведения об авторах:

**Черемных Екатерина Николаевна** – младший научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: ekatcherr@gmail.com).

**Ардасева Ольга Альбертовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34).

**Федоров Александр Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский Федеральный Исследовательский Центр УрО РАН (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: udmgardern@mail.ru).

Ye. N. Cheremnykh, O. A. Ardasheva, A. V. Fyodorov

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

#### TEA-HYBRID ROSES IN THE COLLECTION OF INTRODUCTION DEPARTMENT OF INTRODUCTION AND ACCLIMATIZATION OF PLANTS, UDMURT FEDERAL RESEARCH CENTER OF THE URAL BRANCH OF THE RAS

*A rose, as an ornamental plant, is an ancient culture, and has medicinal and economic significance. Garden varieties of roses are whimsical to environmental conditions and can not grow successfully in all regions, while being of great importance in the landscaping of populated areas. Therefore, when introducing garden roses, there is a need for their comprehensive study in order to identify rose varieties that are promising to have been adapted to the conditions of the region. The introductinal study of tea-hybrid roses' varieties was carried out for the collection of the Department of Plant Introduction and Acclimatization of the UdmFIC Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The collection of root-related roses was founded in 2018; the group of tea-hybrid varieties under investigation has 4 names. Phenological observations, assessment of resistance to diseases and pests were carried out. the prospects of the varieties were evaluated in respect of their complex of decorative qualities, According to the duration of flowering, Angelique and Troika varieties can be distinguished (127 days). In total, 2 pathogens were detected on roses during the growing season. The greatest disease damage was observed in the Prestige, Angelique varieties (4–5 points of impact), and the lowest degree of damage was noted in the France Info variety, by 1 point. To assess the decorative effect, it is proposed to use 7 features, and to assess the prospects of using rose varieties, he following features should be considered: resistance to diseases and pests and total decorative effect.*

*According to the totality of assessment, the most decorative varieties are the varieties Troika, Angelique, being referred to class 1 potentials recommended for introducing into decorative gardening with non-restrictions in traditional cultivation technology.*

**Key words:** rose; tea-hybrid group; varieties; phenology; phases of development; diseases; perspectives.

**Authors:**

**Cheremnykh Yekaterina Nikolayevna** – Junior Researcher,  
Department of Introduction and Acclimatization of Plants,  
Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS  
(34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: ekatcherr@gmail.com).

**Ardasheva Ol'ga Al'bertovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,  
Department of Introduction and Acclimatization of Plant, Udmurt Federal Research Center  
of the Ural Branch of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation).

**Fyodorov Aleksandr Vladimirovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department  
of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch  
of the RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: udmgardern@mail.ru).

Н. П. Кондратьева, Р. И. Корепанов, Д. В. Бузмаков, И. Р. Ильясов  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ RGB ФИТООБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МИКРОКЛОНАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Дана оценка эффективности светодиодных RGB фитооблучательных установок при выращивании микроклональных растений жимолости и винограда. Нами были проведены испытания на базе микроклональной лаборатории УдмФИЦ УрО РАН на микроклональных культурах жимолости «Восторг» и винограда «РФ 48». Растения выращивались при температуре  $25 \pm 2$  °C на протяжении 30 дней – для этапов накопления площади листьев и наращивания корней, и на этапе адаптации – 25 дней. Основным критерием эффективности являлся показатель площади зеленых листьев. Измерения осуществлялись каждые 5 дней. Площадь листьев каждого микроклонального растения, расположенного в пробирке, измерялась в двух проекциях с трехкратной повторностью. С помощью полученных данных были построены математические зависимости, описывающие нарастание площади листьев. Полученные математические зависимости позволили нам разработать математические модели, которые показывают скорость прироста зеленой массы растений в зависимости от влияния различных спектров разработанных фитооблучательных установок, на каждом этапе при выращивании винограда и жимолости. Критерием эффективности облучения меристемных растений принимается максимум прироста зеленой массы растений. Наиболее эффективной оказалась ФОУ 1<sub>отрэкp</sub> на всех этапах выращивания винограда «РФ 48» и жимолости «Восторг», кроме этапа высаживания в грунт винограда «РФ 48», где наиболее эффективной оказалась ФОУ 2<sub>уб</sub>. Для проведения оценки эффективности светодиодных RGB фитооблучательных установок нами была доработана формула эксергии излучения И. И. Свентицкого с учетом спектрального коэффициента пропускания монохроматического излучения, т.к. растения находятся в стеклянных пробирках. Данная формула позволяет определить экономически эффективную энергию, измеряемую в Вт/(мм<sup>2</sup>×рубль). Анализ расчета экономически эффективной энергии при выращивании винограда «РФ 48» показывает, что на этапах наращивания корней и накопления площади листьев ФОУ 1<sub>отрэкp</sub> имеет наибольшую полезную активную энергию, а на этапе высаживания в грунт наибольшую полезную активную энергию имеет ФОУ 2<sub>уб</sub>. При выращивании жимолости «Восторг» на всех трех этапах ФОУ 1<sub>отрэкp</sub> имеет наибольшую полезную активную энергию.

**Ключевые слова:** микроклональные растения; фитооблучательные установки; эксергия; фотосинтетически активная радиация; светодиоды; экономически эффективная энергия.

**Введение.** Микроклональная технология – принципиально новая биотехнология, занимающая значительное место в научно-техническом прогрессе, используемая при выращивании растений. Микроклональная технология позволяет повысить морфогенетический потенциал растения во много раз, что является важной задачей хозяйственной деятельности человека [6, 10, 11]. Эта технология позволяет решить ряд практических проблем, таких, как получение сортовых линий на основе соматклональной изменчивости; гаплоидов и гомозиготных растений с применением мутагенов и стрессовых условий; массовое размножение оздоровленных растений и т. д. Данные проблемы решаются благодаря биологическим особенностям клеток растений *in vitro* и кроме этого на их способности в результате деления и дифференциации воспроизводить целое растение.

Микроклональная технология – это бесполое вегетативное размножение, при котором получают генетически идентичные формы, что способствует сохранению генетически однородного посадочного материала [7]. При использовании данной технологии возможно размножать в короткие сроки трудноразмножающиеся виды и высокоценные растения, которые имеются в наличии в одном экземпляре, а также стерильные генотипы. Множественность, быстрота и высокий коэффициент размножения достигает 1 : 1 000 000 и позволяют в 2–3 раза уменьшить сроки отбора и получения новых растений в селекционных исследованиях. Выращивание в искусственных контролируемых условиях из меристемных тканей позволяет достигать элиминации вирусов и других патогенных микроорганизмов и получать здоровый посадочный материал [8, 9]. С помощью микроклональной технологии размноже-

ния растений становится возможным избежать периода покоя растений и размножить растения в контролируемых условиях вне зависимости от времени года, что, в свою очередь, может обеспечить увеличение производительности и повышение его рентабельности.

**Цель и задачи исследования** – оценить эффективность светодиодных RGB фитооблучательных установок при выращивании микроклональных растений жимолости и винограда.

**Условия, материалы и методы исследования.** Для теоретического обоснования наиболее эффективного спектра излучения для микроклональных растений были проведены эксперименты с использованием трех фитооблучательных установок с различными спектрами излучения. Полученные экспериментальные данные легли в основу математических моделей ввиду того, что биологические объекты трудно описать математически, т.к. на них влияет большое количество факторов. Поэтому математические модели для биологических объектов обычно строятся по экспериментальным данным.

Производственные испытания с разными фитооблучательными установками проводились в микроклональной лаборатории УдмФИЦ УрО РАН на микроклональных культурах жимолости «Восторг» и винограда «РФ 48». Растения выращивались при температуре  $25 \pm 2$  °C на протяжении 30 дней – для этапов накопления площади листьев и наращивания корней, и на этапе адаптации – 25 дней. Основным критерием эффективности являлся показатель площади зеленых листьев. Измерения осуществлялись каждые 5 дней. Площадь листьев каждого микроклонального растения, расположенного в пробирке, измерялась в двух проекциях с трехкратной повторностью.

В опытах сравнивались три варианта [2, 4]:

1. ФОУ 1<sub>отракр</sub>: ленточная светодиодная RGB фитооблучательная установка с отражающими экранами в режиме комбинирования спектрального состава мощностью 30 Вт (рис. 1).

2. ФОУ 2<sub>уф</sub>: ленточная светодиодная RGB фитооблучательная установка с ультрафиолетовыми светодиодами в режиме комбинирования спектрального состава мощностью 30 Вт (рис. 2).

3. ФОУ 3<sub>отракрмакс</sub>: ленточная RGB светодиодная фитооблучательная установка с отражающими экранами, работающая без смешивания цветов в режиме максимальной мощности светодиодов 42 Вт.

**Результаты исследования.** Для описания роста растения необходимо построить кривые роста Гомпертца по методике, предложенной профессором Г. Н. Зайцевым [1]. Уравнение для построения кривых роста имеет вид:

$$S_{\text{фОУ}} = \frac{S_1}{1 + 10^{\gamma + \beta \times x}}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{фОУ}}$  – площадь листьев, мм<sup>2</sup>;

$S_1$  – расстояние между верхней и нижней асимптотами, мм<sup>2</sup>;

$\beta, \gamma$  – параметры уравнения, определяющие наклон и изгиб кривой Гомпертца;

$x$  – точки измерения (в нашем случае количество пятидневок).

Данные для расчета на этапе наращивания корней, полученные экспериментально, приведены в таблицах 1–3. В данных таблицах  $x$  – номер измерения;  $y$  – среднее значение измеренной площади листьев, мм<sup>2</sup>;  $S_1$  – расстояние между верхней и нижней асимптотами, мм<sup>2</sup> [3, 5].

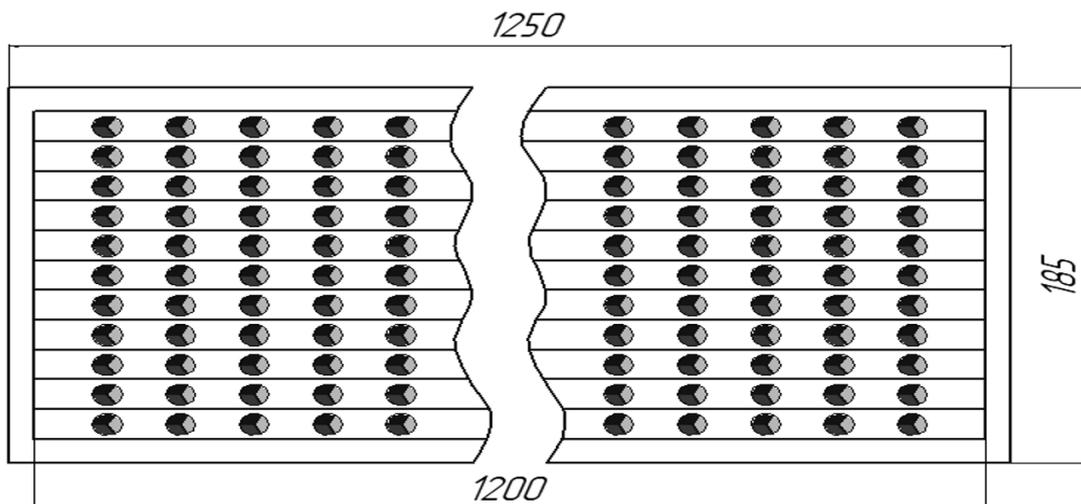


Рисунок 1 – Структурная схема ФОУ 1<sub>отракр</sub>

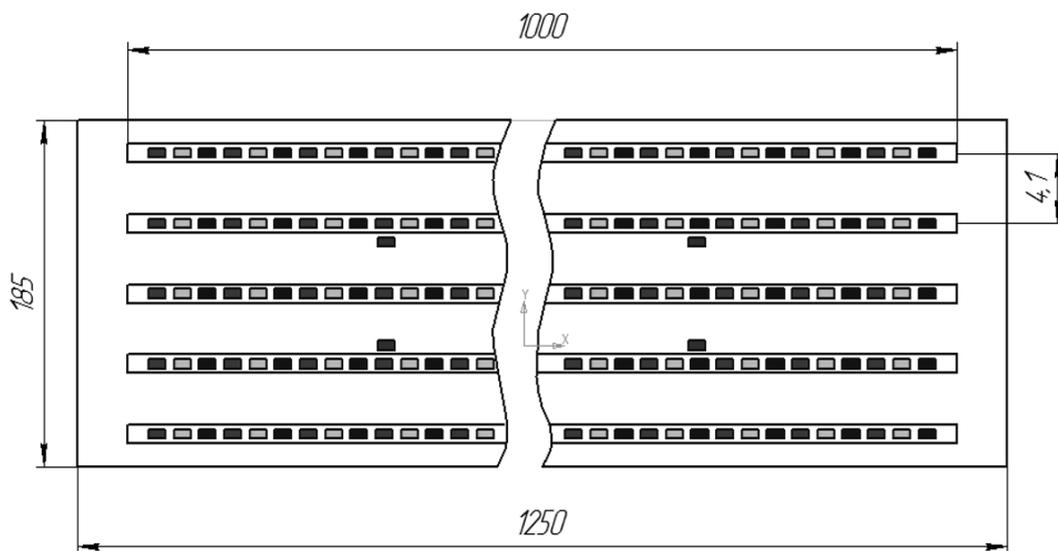


Рисунок 2 – Структурная схема ФОР  $2_{yф}$

Таблица 1 – Данные для построения кривой Гомпертца, описывающей нарастание площади листьев микроклонального винограда «РФ 48» под ФОР  $1_{отрэкp}$  на этапе наращивания корней

$x$	$x^2$	$v$	$S_i/y$	$S_i/y - 1$	$\log(S_i/y - 1) = z$	$xz$	$y'$	$(y' - y)^2$
6	36	100,788	–	–	–	–	95,534	27,608
5	25	87,335	1,154	0,154	-0,812	-4,06	76,677	113,595
4	16	71,082	1,418	0,418	-0,379	-1,516	52,575	342,493
3	9	56,9	1,771	0,771	-0,113	-0,399	30,186	865,202
2	4	42,77	2,357	1,357	0,133	0,266	13,249	871,489
1	1	11,101	9,079	8,079	0,907	0,907	1,679	88,774
15	55	–	–	–	-0,264	-4,802	–	2309,161

Таблица 2 – Данные для построения кривой Гомпертца, описывающей нарастание площади листьев микроклонального винограда «РФ 48» под ФОР  $2_{yф}$  на этапе наращивания корней

$x$	$x^2$	$v$	$S_i/y$	$S_i/y - 1$	$\log(S_i/y - 1) = z$	$xz$	$y'$	$(y' - y)^2$
6	36	66,685	–	–	–	–	63,389	10,863
5	25	59,035	1,129	0,129	-0,889	-4,445	59,013	0,0005
4	16	46,185	1,444	0,444	-0,353	-1,412	49,765	12,816
3	9	37,935	1,758	0,758	-0,12	-0,36	35,66	5,176
2	4	27,41	2,433	1,433	0,156	0,312	20,77	44,089
1	1	7,499	8,893	7,893	0,897	0,897	9,983	6,17
15	55	–	–	–	-0,309	-5,008	–	79,114

Таблица 3 – Данные для построения кривой Гомпертца, описывающей нарастание площади листьев микроклонального винограда «РФ 48» под ФОР  $3_{отрэкpмакс}$  на этапе наращивания корней

$x$	$x^2$	$v$	$S_i/y$	$S_i/y - 1$	$\log(S_i/y - 1) = z$	$xz$	$y'$	$(y' - y)^2$
6	36	42,410	–	–	–	–	40,391	4,076
5	25	36,375	1,166	0,166	-0,779	-3,895	37,564	1,414

$x$	$x^2$	$y$	$S_1/y$	$S_1/y - 1$	$\log(S_1/y - 1) = z$	$xz$	$y'$	$(y' - y)^2$
4	16	32,880	1,289	0,289	-0,539	-2,156	31,863	1,017
3	9	24,075	1,762	0,762	-0,118	-0,354	22,912	1,353
2	4	17,960	2,362	1,362	0,134	0,268	13,307	21,650
1	1	4,410	9,617	8,617	0,935	0,935	7,542	9,809
15	55				-0,367	-5,202		29,51

Для нахождения параметров  $\beta$ ,  $\gamma$  кривой Гомпертца необходимо решить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} Ny + \beta \Sigma x = \Sigma z, \\ \gamma \Sigma x + \beta \Sigma x^2 = \Sigma xz. \end{cases} \quad (2)$$

Подставим значения из таблицы 1 в данную систему уравнений и получим:

$$\begin{cases} 5\gamma + 15\beta = -0,264, \\ 15\gamma + 55\beta = -4,802. \end{cases}$$

Для решения системы уравнений умножим первое уравнение на 3 и вычтем из него второе уравнение, получим:

$$\begin{aligned} -10\beta &= 4,01, \\ \beta &= -0,401. \end{aligned}$$

Найденное значение  $\beta$  подставим в первое уравнение и решим его:

$$\begin{aligned} 5\gamma + 15 \times (-0,401) &= -0,264, \\ 5\gamma &= 5,751, \\ \gamma &= 1,15. \end{aligned}$$

При облучении ФОУ 1<sub>отрэкp</sub> получаем следующую зависимость прироста площади листьев от дней наблюдения:

$$S_{\text{ФОУ 1отрэкp}} = \frac{100,788}{1 + 10^{(1,15 - 0,401t)}}. \quad (3)$$

Ошибка уравнения регрессии:

$$m_{x-y} = \sqrt{\frac{\Sigma(y' - y)^2}{N - n}} = \sqrt{\frac{2309,161}{6 - 3}} = 27,744. \quad (4)$$

Далее производим аналогичный расчет для остальных фитооблучательных установок.

При облучении ФОУ 2<sub>yf</sub> получаем следующую зависимость прироста площади листьев от дней наблюдения:

$$S_{\text{ФОУ 2yf}} = \frac{66,685}{1 + 10^{(1,162 - 0,408x)}}. \quad (5)$$

Ошибка уравнения регрессии:

$$m_{x-y} = \sqrt{\frac{\Sigma(y' - y)^2}{N - n}} = \sqrt{\frac{79,114}{6 - 3}} = 5,135. \quad (6)$$

При облучении ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub> получаем следующую зависимость прироста площади листьев от дней наблюдения:

$$S_{\text{ФОУ 3отрэкpмакс}} = \frac{42,41}{1 + 10^{(1,16 - 0,41x)}}. \quad (7)$$

Ошибка уравнения регрессии:

$$m_{x-y} = \sqrt{\frac{\Sigma(y' - y)^2}{N - n}} = \sqrt{\frac{29,51}{6 - 3}} = 3,136. \quad (8)$$

Полученные математические зависимости позволили нам разработать математические модели, которые показывают скорость прироста зеленой массы растений в зависимости от влияния различных спектров разработанных фитооблучательных установок, на каждом этапе при выращивании винограда и жимолости. Критерием эффективности облучения меристемных растений принимается максимум прироста зеленой массы растений:

$$\frac{PPFD \times (1 + 10^{\gamma + \beta \times x})}{S_1} \rightarrow \max, \quad (9)$$

где  $S_1$  – площадь листьев, набранная за этап выращивания под фитооблучательной установкой, мм<sup>2</sup>;

$\beta$ ,  $\gamma$  – параметры уравнения, определяющие наклон и изгиб кривой Гомпертца;

$x$  – точки измерения (в нашем случае количество пятидневок);

$PPFD$  – фотосинтетически активная радиация фитооблучательной установки,  $\frac{\text{МКМОЛЬ}}{(\text{с} \cdot \text{мм}^2)}$ .

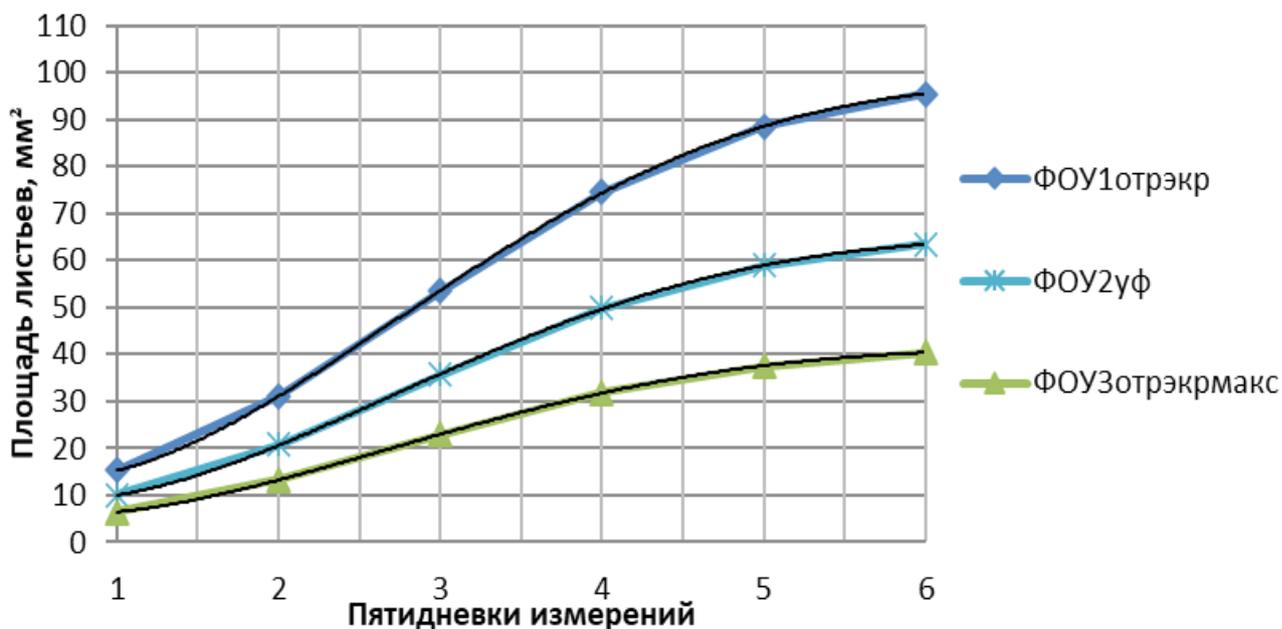


Рисунок 3 – Динамика изменения площади листьев винограда «РФ 48» на этапе наращивания корней *in vitro*

Фотосинтетически активная радиация фитооблучательной установки рассчитывается на основании спектрального состава излучения, который был измерен прибором ТКА.

Рассчитывается площадь листьев на этапе наращивания корней для первой ФОУ 1<sub>отрэкp</sub> по выражению:

$$S_{\text{ФОУ } 1_{\text{отрэкp}}} = \frac{100,788}{1 + 10^{(1,15 - 0,401x)}} = 95,49 \text{ мм}^2. \quad (11)$$

Определяется скорость прироста зеленой массы для ФОУ 1<sub>отрэкp</sub>:

$$\frac{PPFD \times (1 + 10^{y + \beta \times x})}{S_{\text{ФОУ } 1_{\text{отрэкp}}}} = 91\,054,99 \frac{\text{мкмоль}}{\text{с}}. \quad (12)$$

Рассчитывается площадь листьев на этапе наращивания корней для ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub> по выражению:

$$S_{\text{ФОУ } 3_{\text{отрэкpмакс}}} = \frac{42,41}{1 + 10^{(1,16 - 0,41x)}} = 40,39 \text{ мм}^2. \quad (13)$$

Определяется скорость прироста зеленой массы для ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub>:

$$\frac{PPFD \times (1 + 10^{y + \beta \times x})}{S_{\text{ФОУ } 3_{\text{отрэкpмакс}}}} = 20\,100,44 \frac{\text{мкмоль}}{\text{с}}.$$

Аналогично определим скорость прироста зеленой массы для остальных фитооблучательных установок на всех этапах выращивания.

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что наиболее эффективной является ФОУ 1<sub>отрэкp</sub> на всех этапах выращивания винограда «РФ 48» и жимолости «Восторг», кроме этапа высаживания в грунт винограда «РФ 48», где наиболее эффективной оказалась ФОУ 2<sub>уф</sub>.

Таблица 4 – Результаты расчетов скорости прироста зеленой массы при выращивании микроклональных растений

Меристемная культура	Этап выращивания	Скорость прироста зеленой массы, мкмоль/с		
		ФОУ 1 <sub>отрэкp</sub>	ФОУ 2 <sub>уф</sub>	ФОУ 3 <sub>отрэкpмакс</sub>
Виноград «РФ 48»	Этап нарастания площади листьев	91 054,99	62 366,43	20 100,44
	Этап наращивания корней	89 119,28	84 473,25	32 764,44
	Этап высаживания в грунт	44 175,37	47 311,82	17 719,78
Жимолость «Восторг»	Этап нарастания площади листьев	37 161,72	29 493,11	14 746,56
	Этап наращивания корней	32 730,69	26 184,55	12 988,37
	Этап высаживания в грунт	67 539,68	62 363,51	27 908,96

Исходя из этого, можно сделать вывод, что на этапе высаживания в грунт винограда «РФ 48» ультрафиолетовое излучение оказало положительный эффект.

Для проведения оценки эффективности светодиодных RGB фитоблужательных установок нами была доработана формула эксергии излучения И. И. Свентицкого с учетом спектрального коэффициента пропускания монохроматического излучения, т.к. растения находятся в стеклянных пробирках. Данная формула позволит определить экономически эффективную энергию, измеряемую в Вт/(мм<sup>2</sup> × руб.).

$$\eta = \frac{\tau \times e_{см} \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} \int_{t_2}^{t_1} \varphi(\lambda)_c K(\lambda)_\phi dt d\lambda}{C_{эз}}, \quad (14)$$

$\eta \rightarrow max,$

где  $\tau$  – спектральный коэффициент пропускания монохроматического излучения (для стеклянной пробирки  $\tau = 0,9$ );

$e_{см}$  – эксергия монохроматического излучения,  $e_{см} = 0,95$ ;

$\varphi(\lambda)_c$  – распределение излучения по спектру, о. е.;

$K(\lambda)_\phi$  – спектральная эффективность фотосинтеза, Вт/мм<sup>2</sup>;

$C_{эз}$  – стоимость энергозатрат, руб.

На этапе наращивания корней винограда РФ 48 выражения имеют следующий вид:

$$\eta_{\text{ФОУ 1отрэкp}} = \frac{0,9 \times 0,95 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{t_1}^{t_2} y = 0,1633t^4 - 3,0618t^3 + 17,642t^2 - 18,095t + 18,619 \text{ при } 1 < t < 6 \text{ при } R^2 = 1 k(\lambda)_\phi dt d\lambda}{\mathcal{E}_{\text{ФОУ 1отрэкp}}},$$

$$\eta_{\text{ФОУ 2уф}} = \frac{0,9 \times 0,95 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{t_1}^{t_2} y = 0,1171t^4 - 2,1625t^3 + 12,325t^2 - 12,945t + 12,669 \text{ при } 1 < t < 6 \text{ при } R^2 = 1 k(\lambda)_\phi dt d\lambda}{\mathcal{E}_{\text{ФОУ 2уф}}},$$

$$\eta_{\text{ФОУ 3отрэкpмакс}} = \frac{0,9 \times 0,95 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{t_1}^{t_2} y = 0,0772t^4 - 0,2666t^3 + 1,5668t^2 - 0,2258t + 4,0148 \text{ при } 1 < t < 6 \text{ при } R^2 = 1 k(\lambda)_\phi dt d\lambda}{\mathcal{E}_{\text{ФОУ 3отрэкpмакс}}}.$$

Предполагается, что полученные растения, выращенные под фитоблужательной установкой ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub>, при данных площадях листьев являются пригодными к дальнейшему использованию и применению.

Учитывая это, можно сказать, что при выращивании микроклонального винограда и жимолости ленточными RGB фитоблужательными установками в режиме комбинирования спектров, растения достигнут таких же показа-

телей, как и растения, выращенные под фитоблужательной установкой ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub> за более короткий промежуток времени, следовательно, уменьшится время на выращивание на каждом этапе, а также сократится потребление энергозатрат, необходимых для одного растения.

Рассмотрим этап наращивания корней винограда «РФ 48». На этапе укоренения под ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub> площадь листьев на протяжении 6 пятидневок изменилась на:

$$S_6 - S_1 = 33,98 \text{ мм}^2. \quad (15)$$

Рассчитаем, сколько пятидневок потребуется для достижения такого же результата под ФОУ 1<sub>отрэкp</sub>:

$$33,98 = \frac{100,79}{1 + 10^{(1,15 - 0,401x)}},$$

$$2,96 = 1 + 10^{(1,15 - 0,401x)},$$

$$1,96 = 10^{(1,15 - 0,401x)},$$

$$10^{0,29} = 10^{(1,15 - 0,401x)},$$

$$0,29 = 1,15 - 0,401x,$$

$$x = 2,14 \text{ пятидневок},$$

$$t = 11 \text{ дней}.$$

Аналогично рассчитаем, сколько пятидневок потребуется для достижения такого же результата под ФОУ 2<sub>уф</sub> и под ФОУ 3<sub>отрэкpмакс</sub>.

Для ФОУ 2<sub>уф</sub>  $x = 2,94$  пятидневок.

Произведем расчет энергозатрат, необходимых для выращивания микроклонального винограда «РФ 48» на данном этапе:

$$C_{эз} = P_{л} \times T_{\text{ФОУ}} \times \beta, \quad (16)$$

где  $C_{эз}$  – стоимость энергозатрат, руб.;

$P_{л}$  – мощность ФОУ, кВт;

$T_{\text{ФОУ}}$  – фактическое время работы ФОУ, ч;

$\beta$  – стоимость 1кВт·ч, руб./кВт·ч.

Время работы для ФОРУ 3<sub>отрэкрмакс</sub>:

$$T_{\text{ФОРУ } 3_{\text{отрэкрмакс}}} = 480 \text{ ч.}$$

Время работы для ФОРУ 1<sub>отрэкр</sub>:

$$T_{\text{ФОРУ } 1_{\text{отрэкр}}} = 142 \text{ ч.}$$

Время работы для ФОРУ 2<sub>уф</sub>:

$$T_{\text{ФОРУ } 2_{\text{уф}}} = 182 \text{ ч.}$$

Энергозатраты за период этапа для ФОРУ 1<sub>отрэкр</sub>:

$$C_{\text{ээФОРУ } 1_{\text{отрэкр}}} = 3,57 \times 0,03 \times 142 = 15,21 \text{ руб./этап.}$$

Энергозатраты за период этапа для ФОРУ 2<sub>уф</sub>:

$$C_{\text{ээФОРУ } 2_{\text{уф}}} = 3,57 \times 0,03 \times 182 = 19,49 \text{ руб./этап.}$$

Энергозатраты за период этапа для ФОРУ 3<sub>отрэкрмакс</sub>:

$$C_{\text{ээФОРУ } 3_{\text{отрэкрмакс}}} = 3,57 \times 0,042 \times 480 = 71,97 \text{ руб./этап.}$$

**Вывод.** Разработанные математические модели позволяют обосновать наиболее эффективный спектральный состав излучения при выращивании микроклональных растений винограда и жимолости для каждого этапа развития.

Предложенная методика определения экономически эффективной энергии оптического излучения позволяет оценить эффективность ленточных RGB светодиодных фитоблужательных установок при выращивании микроклонального винограда и микроклональной жимолости. Рассчитанная по этой методике экономически эффективная энергия оптического излучения показала, что использование эффективного спектра увеличивает полезную энергию оптического излучения на 50...70 %.

### Список литературы

1. Зайцев, Г. Н. Методика биометрических расчетов / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 255 с.
2. Кондратьева, Н. П. Обоснование разработки инженерных решений для реализации комбинированного режима облучения растений / Н. П. Кондратьева, Е. А. Козырева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 5. – С. 17–18.
3. Результаты опытов по выращиванию меристемных растений под светодиодной фитоустановкой с меняющимся спектральным составом излучения / Н. П. Кондратьева, Р. И. Корепанов, И. Р. Ильясов [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – Т. 1. – № 14 (1). – С. 5–10.

новкой с меняющимся спектральным составом излучения / Н. П. Кондратьева, Р. И. Корепанов, И. Р. Ильясов [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – Т. 1. – № 14 (1). – С. 5–10.

4. Разработка микропроцессорной системы дозирования фотосинтетически активной радиации / Р. Г. Большин, И. Р. Ильясов, Н. П. Кондратьева [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 9 (76). – С. 46–56.

5. Корепанов, Р. И. Результаты опытов по дозированию фотосинтетически активной радиации микропроцессорной системой, управляющей работой LED фитоустановками / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая [и др.] // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 3 (28). – С. 56–64.

6. Меристема. – URL: <http://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/meristemnyi-kartofel.html> (дата обращения: 02.09.21).

7. Меристематическая ткань. – URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1033540> (дата обращения: 02.09.21).

8. McGovern, P. E. Ancient wine: the search for the origins of viticulture / P. E. McGovern. – Princeton University Press, 2004. – P. 520.

9. Murashige, T. Ann. Rev. Plant Physiol / T. Ann Murashige. – 1974. – P. 135–166.

10. Effect of treatment of seeds of grain crops by ultraviolet radiation before sowing / N. P. Kondratyeva, K. A. Baturina, I. R. Ilyasov [et. al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience – 2019–2020. – P. 012039.

11. The results of experiments on the irradiation of meristem grapes with various LED irradiation installations / N. P. Kondratyev, R. G. Bolshin, M. G. Krasnolutsкая [et. al.] // Innovations in agriculture. – 2018. – № 2 (27). – P. 112–118.

### Spisok literatury

1. Zajcev, G. N. Metodika biometricheskikh raschetov / G. N. Zajcev. – M.: Nauka, 1973. – 255 s.
2. Kondrat'eva, N. P. Obosnovanie razrabotki inzhenernykh reshenij dlya realizacii kombinirovannogo rezhima oblucheniya rastenij / N. P. Kondrat'eva, E. A. Kozyreva // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2002. – № 5. – S. 17–18.
3. Rezul'taty opytov po vyrashchivaniyu meristemnyh rastenij pod svetodiodnoj fitoustanovkoj s menyayu-shchimsya spektral'nyim sostavom izlucheniya / N. P. Kondrat'eva, R. I. Korepanov, I. R. Ilyasov [i dr.] // Aгротехника i energoobespechenie. – 2017. – Т. 1. – № 14 (1). – S. 5–10.
4. Razrabotka mikroprocessornoj sistemy dozirovaniya fotosinteticheski aktivnoj radiacii / R. G. Bol'shin, I. R. Ilyasov, N. P. Kondrat'eva [i dr.] // Vestnik NGIEI. – 2017. – № 9 (76). – S. 46–56.
5. Korepanov, R. I. Rezul'taty opytov po dozirovaniyu fotosinteticheski aktivnoj radiacii mikroprocessornoj

sistemoj, upravlyayushchej rabotoj LED fitoustanovkami / N. P. Kondrat'eva, R. G. Bol'shin, M. G. Krasnoluckaya [i dr.] // Vestnik VIESKH. – 2017. – № 3 (28). – S. 56–64.

6. Meristema. – URL: <http://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/meristemnyi-karstofel.html> (data obrashcheniya: 02.09.21).

7. Meristematicheskaya tkan'. – URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1033540> (data obrashcheniya: 02.09.21).

8. McGovern, P. E. Ancient wine: the search for the origins of viticulture / P. E. McGovern. – Princeton University Press, 2004. – R. 520.

9. Murashige, T. Ann. Rev. Plant Physiol / T. Ann Murashige. – 1974. – P. 135–166.

10. Effect of treatment of seeds of grain crops by ultraviolet radiation before sowing / N. P. Kondrateva, K. A. Baturina, I. R. Ilyasov [et. al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience – 2019–2020. – P. 012039.

11. The results of experiments on the irradiation of meristem grapes with various LED irradiation installations / N. P. Kondratyev, R. G. Bolshin, M. G. Krasnolutsкая [et. al.] // Innovations in agriculture. – 2018. – № 2 (27). – P. 112–118.

### Сведения об авторах:

**Кондратьева Надежда Петровна** – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

**Корепанов Роман Игоревич** – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: romakorepanov@yandex.ru).

**Бузмаков Даниил Васильевич** – аспирант кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

**Ильясов Ильнур Равильевич** – аспирант кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

N. P. Kondratyeva, R. I. Korepanov, D. V. Buzmakov, I. R. Ilyasov  
Izhevsk State Agricultural Academy

### ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF LED RGB PHYTO IRRADIATION PLANTS IN CULTIVATION OF MICROCLONAL PLANTS

*The aim of our research was to evaluate the effectiveness of RGB LED phytoradiators when growing microclonal plants of honeysuckle and grapes. We carried out tests on the basis of the microclonal laboratory of the UdmFIC UB RAS on microclonal cultures of honeysuckle "Delight" and grapes "RF 48". Plants were grown at a temperature of  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 30 days – for the stages of accumulation of leaf area and root growth, and at the stage of adaptation – 25 days. The main criterion for efficiency was the indicator of the area of green leaves. Measurements were taken every 5 days. The leaf area of each microclonal plant in a test tube was measured in two projections with three replicates. Using the data obtained, mathematical relationships were constructed that describe the increase in leaf area. The obtained mathematical relationships allowed us to develop mathematical models that show the growth rate of green mass of plants, depending on the influence of various spectra of the developed phyto-irradiation installations, at each stage when growing grapes and honeysuckle. The criterion for the effectiveness of irradiation of meristem plants is the maximum increase in the green mass of plants.  $FOU_{1_{otracr}}$  turned out to be the most effective at all stages of growing grapes "RF 48" and honeysuckle "Delight", except for the stage of planting grapes "RF 48" in the ground, where  $FOU_{2_{uf}}$  turned out to be the most effective. To assess the effectiveness of RGB LED phyto-irradiation installations, we improved the formula for the exergy of radiation by I. I. Sventitsky, taking into account the spectral transmittance of monochromatic radiation, since the plants are in glass test tubes. Which allows you to determine the cost-effective energy, measured in  $W / (\text{mm}^2 \times \text{ruble})$ . Analysis of the calculation of cost-effective energy when growing grapes "RF 48" shows that at the stages of root growth and accumulation of leaf area,  $FOU_{1_{otracr}}$  has the greatest useful active energy, and at the stage of planting in the ground,  $FOU_{2_{uf}}$  has the greatest useful active energy. When growing honeysuckle "Delight" at all three stages of  $FOU_{1_{otracr}}$  has the greatest useful active energy.*

**Key words:** microclonal plants; phyto-irradiation installations; exergy; photosynthetically active radiation; LEDs; cost effective energy.

**Authors:**

**Kondratyeva Nadezhda Petrovna** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Automated Electric Drive Department, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

**Korepanov Roman Igorevich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: romakorepanov@yandex.ru).

**Buzmakov Daniil Vasilievich** – Postgraduate student of the Department of Automated Electric Drive, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

**Ilyasov Ilnur Ravilievich** – Postgraduate student of the Department of Automated Electric Drive, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

УДК 631.363.25: 681.521.71

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_54

В. И. Широбоков, С. Н. Шмыков, В. А. Баженов, В. Ф. Первушин

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОКРОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ ДЛЯ ДРОБИЛОК ЗЕРНА

*Проведено исследование экспериментальной установки для отделения пыли из пневмосистемы молотковых дробилок зерна. Наиболее распространенными устройствами для улавливания пыли являются циклоны, которые широко применяют для сухой очистки воздуха от всех видов пыли. В дробилках зерна наряду с циклонами для улавливания пыли применяются тканевые фильтры. Эффективность очистки воздуха в рукавных тканевых пылеуловителях в основном зависит от свойств фильтровальной ткани. Существующие пылеуловители полностью не удовлетворяют требованиям к очистке воздуха от пыли из-за недостаточно высокой их эффективности. Поэтому повышение эффективности работы существующих и новых, более эффективных устройств для отделения или улавливания пыли, является актуальной задачей.*

*Для проведения исследований изготовлена экспериментальная установка. Экспериментальные исследования процесса работы пылеуловителя были проведены с использованием методов однофакторного эксперимента.*

*В результате проведенных исследований установлено, что полученные уравнения аппроксимации с достаточной достоверностью позволяют решить ряд инженерных задач при проектировании пылеуловителей для конкретных дробилок; предельная минимальная частота вращения составляет  $7,5 \text{ с}^{-1}$  (447 об./мин.), что соответствует концентрации пыли в жидкости пылеуловителя – 36,8 %; уровень жидкости в пылеуловителе линейно увеличивается с увеличением концентрации пыли в ней; высота лопастей, определенная по уравнениям аппроксимации для предельной концентрации пыли 36,8 %, должна составлять не менее 0,002 м; исходя из лабораторных исследований, при проектировании пылеуловителя для дробилки типа КДМ с диаметром лопастей мешалки, равной диаметру воздуховода 0,15 м, минимальная частота вращения лопастей не должна быть ниже  $4,15 \text{ с}^{-1}$ .*

**Ключевые слова:** пылеуловитель; дробилки зерна; эффективность; вентилятор; мешалка; напор; плотность жидкости; модель.

**Актуальность.** Для измельчения зерна на корм сельскохозяйственным животным широко используются молотковые дробилки открытого и закрытого типов. Для повышения эффективности работы молотковых дробилок на кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» выполнен ряд исследований по упрочнению рабочих органов зерновых дробилок [2,

3, 12, 14, 15], однако немаловажным вопросом остается пылеобразование и улавливание пылевидной фракции. В процессе дробления зерна содержание пылевидной фракции в готовом продукте в большинстве случаев остается высокой. Кроме того пылевидная фракция выводится наружу по причине неэффективной работы устройств для улавли-

вания пыли, предусмотренных на дробилках. Анализ работы этих дробилок, а также существующих конструкций пылеуловителей, показывает необходимость совершенствования конструктивно-технологических параметров оборудования для измельчения материалов [1, 4, 11, 14].

Из анализа устройств для отделения пыли [13] очевидным становится то, что эффективность их использования низка по следующим причинам: сложны по устройству, большие массо-габаритные показатели, малоэффективны в плане улавливания пыли, выводимой из пневмосистемы дробилки с избыточным воздухом. Наиболее распространены циклоны для улавливания пыли. Они применяются для сухой очистки воздуха от всех видов пыли и одновременного отделения готового продукта из воздушно-продуктовой смеси. Однако циклоны пропускают мелкодисперсную фракцию, которая должна улавливаться тканевыми фильтрами.

Тканевые пылеуловители полностью не удовлетворяют требованиям к очистке воздуха от пыли из-за недостаточно высокой их эффективности. В связи с этим разработана конструкция пылеуловителя для дробилок зерна [10], обеспечивающая улавливание мелкодисперсной фракции пыли мокрым способом. Проведенные ранее исследования показали высокую эффективность разработанного мокрого пылеуловителя [5, 7, 8, 9].

В то же время не выяснено следующее: очевидно, что изменение концентрации пыли в жидкости первой ступени пылеуловителя приведёт к снижению оборотов лопастей мешалки, что, в свою очередь, снизит эффективность улавливания пыли. А повышение концентрации пыли в пылеуловителе приведет к изменению уровня жидкости и, как следствие, мешалка окажется вне поверхности жидкости, и её вращение не будет оказывать

влияния на качество очистки воздуха от пыли. Кроме того, не установлена высота лопастей мешалки в первой ступени мокрого пылеуловителя.

**Целью работы** является исследование конструктивно-технологических параметров мокрого пылеуловителя.

**Задачами исследований** являются:

- исследование зависимости частоты вращения лопасти пылеуловителя от концентрации пыли в жидкости;
- исследование изменения уровня жидкости в первой ступени пылеуловителя от концентрации пыли в ней с целью обоснования высоты лопастей первой ступени пылеуловителя.

**Методика исследования.** Для выполнения лабораторных исследований изготовлена лабораторная установка по схеме, соответствующей разработанной конструкции пылеуловителя [10] (рис. 1).

Исходя из предыдущих исследований [5, 7, 8, 9, 15], в качестве целевой функции выбрана частота вращения лопастей.

Перечень приборов и аппаратуры представлен в таблице 1.

**Результаты исследования.** Схема экспериментальной лабораторной установки приведена на рисунке 1. Принцип работы её состоит в следующем: пылевоздушная смесь под действием компрессора поступает через воздухопровод всасывающий 1 в пылеуловитель 3. В пылеуловителе пыль оседает на поверхность жидкости в первой, а затем второй ступенях очистки, и очищенный воздух выходит наружу. Под действием воздушного потока в пылеуловителе вращаются лопасти, частота вращения которых устанавливается тахометром посредством датчика 2.

Привод лопастей пылеуловителя осуществляется крыльчаткой вентилятора, которая вращается за счёт воздушного потока.

Таблица 1 – Приборы и аппаратура, использованные в экспериментальных исследованиях

Наименование	Марка	Количество	Назначение
Весы лабораторные	PS 500	1	Определение массы проб
Штангенциркуль	ШЦ-200	1	Измерение уровня жидкости
Тахометр дистанционный	DT-2234A	1	Определение частоты вращения лопастей
Анемометр	АПР-2	1	Определение скорости воздуха
Секундомер	СДС <sub>пр.1</sub>	1	Регистрация времени опыта
Цифровой фотоаппарат	Panasonic	1	Фотография

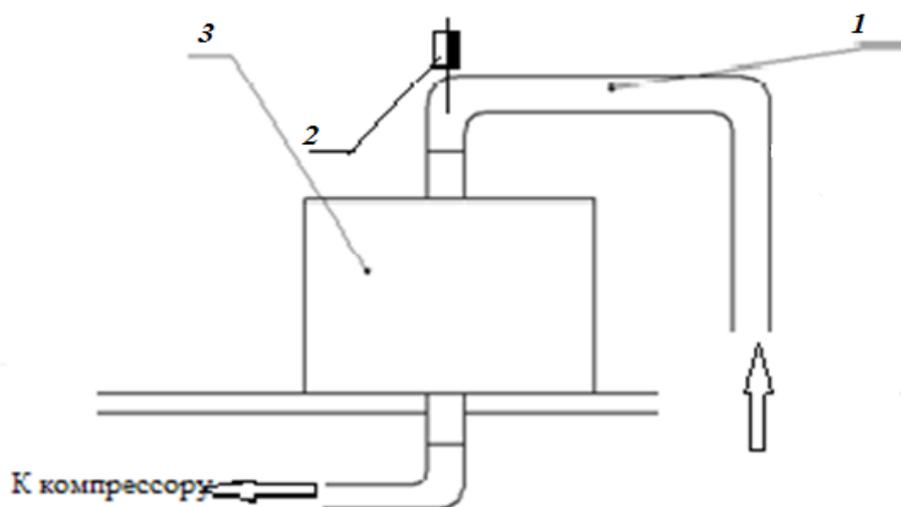


Рисунок 1 – Экспериментальная установка:  
1 – воздухопровод всасывающий; 2 – датчик; 3 – пылеуловитель



Рисунок 2 – Общий вид пылеуловителя с датчиком оборотов

Результаты исследования изменения частоты вращения лопастей пылеуловителя и уровня жидкости в зависимости от концентрации в ней пыли представлены в таблице 2. В качестве исходного материала принята пшеничная зерновая пыль, а исходный объём воды в первой ступени пылеуловителя составил  $0,6 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ . Опыты проводились

с пятикратной повторностью. Средняя скорость воздуха в пневмосистеме пылеуловителя составила 4,4 м/с при диаметре воздухопровода 0,047 м.

На рисунке 3 приведено графическое изображение зависимости частоты вращения лопастей от концентрации пыли в жидкости первой ступени.

Таблица 2 – Результаты исследований зависимости частоты вращения лопасти пылеуловителя от концентрации пыли в жидкости

№, пп	Концентрация пыли		Частота вращения вала, об./мин.
	кг	%	
1	0,00	0,00	1811,65
2	0,10	16,70	1011,30
3	0,15	25,00	860,65
4	0,20	33,33	747,65
5	0,25	41,67	314,50

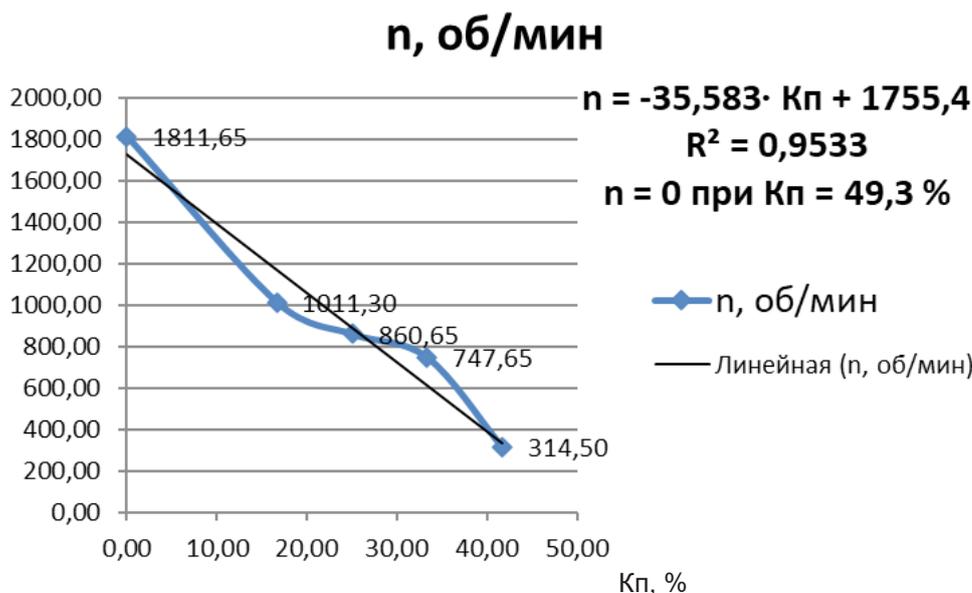


Рисунок 3 – Зависимость частоты вращения лопастей от концентрации пыли в пылеуловителе

Как показывают лабораторные исследования, частота вращения лопастей пылеуловителя снижается с повышением концентрации пыли в жидкости.

Полученное уравнение аппроксимации с достаточной достоверностью описывает экспериментальные исследования и позволило установить, что при концентрации пыли 49,3 % лопасти пылеуловителя останавливаются.

Для четырёхлопастного пылеуловителя [10] с целью эффективного удаления пыли с поверхности жидкости по полученным результатам можно определить предельное значение частоты вращения лопастей из условия: окружная скорость лопастей должна быть не менее скорости воздуха в пневмосистеме делённой на четыре. Для условий лабораторных исследований средняя скорость воздуха составляет 4,4 м/с, следовательно, окружная скорость лопастей должна составить не менее 1,1 м/с. Отсюда предельная частота вращения составляет 7,5 с<sup>-1</sup> (447 об./мин.), что соответствует концентрации пыли в жидкости пылеуловителя – 36,8 % (рис. 3).

Таким образом, аналогичные конструкции пылеуловителей позволяют эффектив-

но удалять пыль из воздуха при концентрации пыли в жидкости не более 36,8 %. Основываясь на этом, можно установить параметры проектируемого пылеуловителя к конкретной дробилке, используя известную теорию подобия [6]:

$$\omega_n / \omega_m = (D_m / D_n)^{0,5}, \quad (1)$$

где  $\omega_n, \omega_m$  – соответственно, угловая скорость проектируемой конструкции и модели, с<sup>-1</sup>;

$D_m / D_n$  – соответственно, диаметры лопастей модели и проектируемой конструкции.

Так, например, исходя из лабораторных исследований, при проектировании пылеуловителя для дробилки типа КДМ с диаметром лопастей мешалки, равной диаметру воздуховода 0,15 м, минимальная частота вращения лопастей не должна быть ниже 4,15 с<sup>-1</sup>. Или, задавшись частотой вращения лопасти проектируемого пылеуловителя, по выражению (1) можно определить их диаметр.

Результаты исследований зависимости изменения уровня жидкости в первой ступени пылеуловителя от концентрации пыли приведены в таблице 3 и на рисунке 4.

Таблица 3 – Результаты лабораторных исследований скорости испарения жидкости от концентрации пыли в ней

№, пп	Концентрация пыли		Уровень воды, м		Скорость испарения жидкости, м³/с · 10 <sup>-8</sup> с 1 м²
	кг	%	до опыта	после опыта	
1	0,00	0,00	0,0390	0,0370	6,41
2	0,10	16,70	0,0410	0,0400	6,19
3	0,15	25,00	0,0424	0,0405	6,09
4	0,20	33,33	0,0440	0,0427	5,87

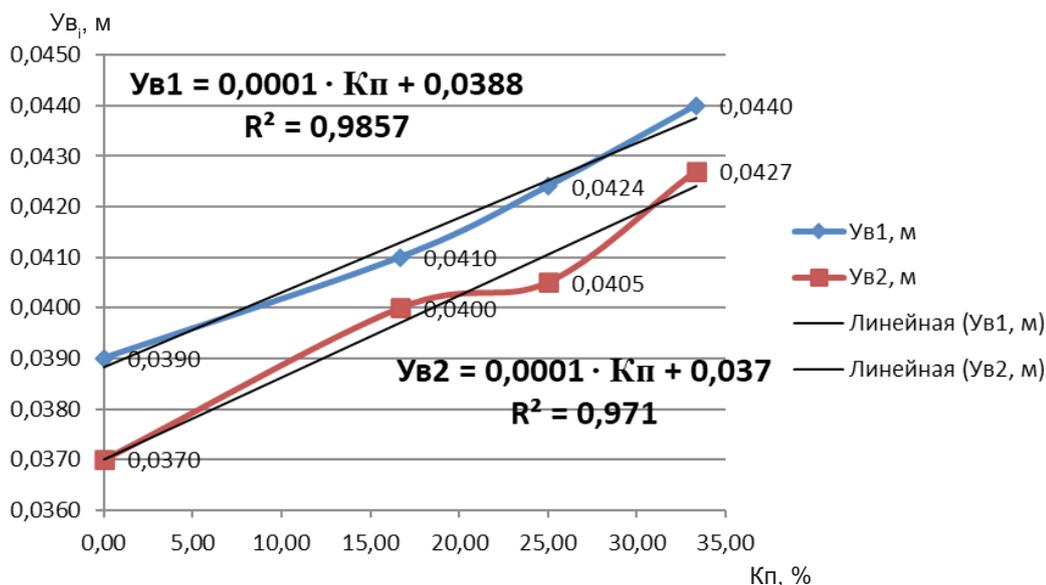


Рисунок 4 – Зависимости изменения уровня жидкости в первой ступени пылеуловителя от концентрации пыли

Как показывают исследования, уровень жидкости в пылеуловителе линейно увеличивается с увеличением концентрации пыли в ней. Это объясняется добавлением пыли в пылеуловитель (до опыта). Снижение уровня жидкости после опыта объясняется испарением под действием скоростного напора воздуха.

Высота лопастей определяется разницей между уровнями жидкости и по уравнениям аппроксимации для предельной концентрации пыли 36,8 % (рис. 4), зависящая от объёма жидкости в первой ступени пылеуловителя, который для лабораторной установки составил 0,006 м³. Для лабораторной установки высота лопастей должна быть не менее 0,002 м.

На рисунке 5 показана схема изменения уровня жидкости за время проведения исследований, где показаны размеры пылеуловителя первой ступени, исходный  $H_{и}$  и конечный  $H_{к}$  уровни жидкости, а также положение лопастей пылеуловителя относительно уровней жидкости. Очевидным является то, что с повышением уровня жидкости, превышающей высоту лопасти, лопасть перестаёт выполнять функции очистки поверхности жидкости, что ухудшает эффективность работы пылеуловителя.

График зависимости скорости испарения жидкости первой ступени пылеуловителя в пересчёте на 1 м² от концентрации пыли приведен на рисунке 6.

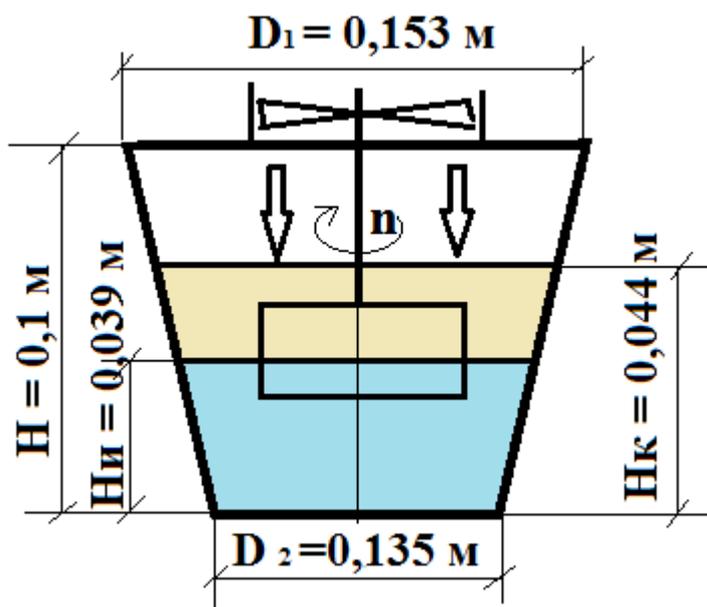


Рисунок 5 – Схема работы пылеуловителя

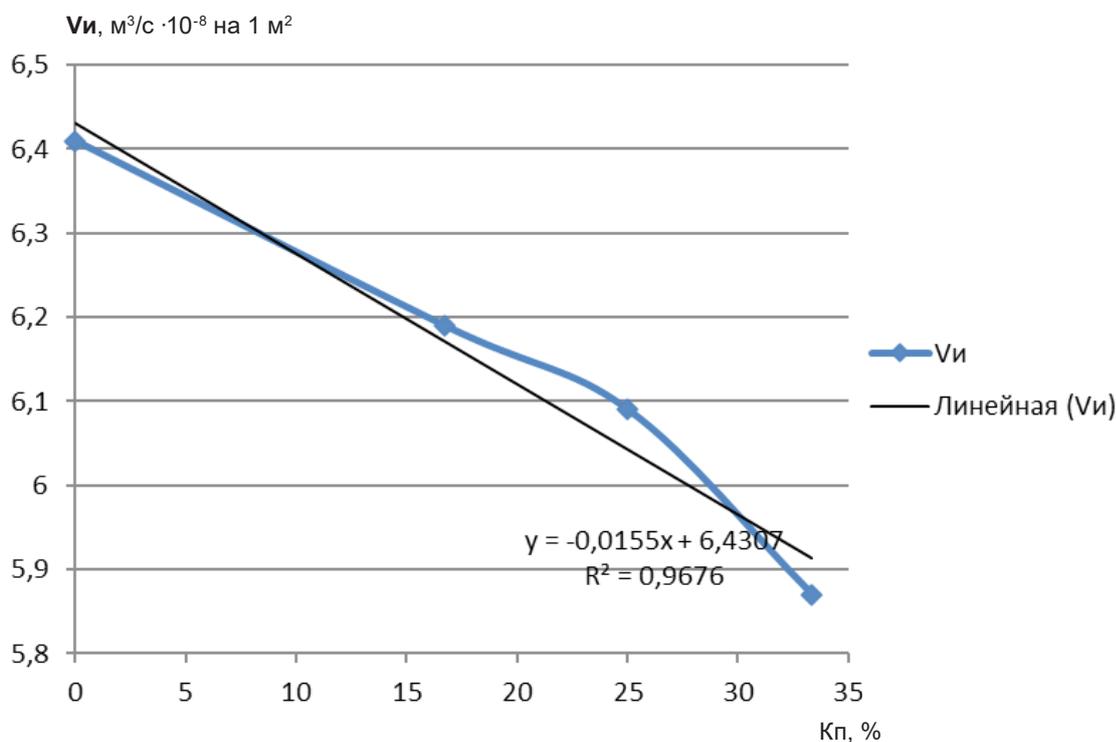


Рисунок 6 – Зависимость скорости испарения жидкости от концентрации пыли

С увеличением концентрации пыли в жидкости первой ступени пылеуловителя скорость испарения линейно снижается.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенных исследований лабораторной модели пылеуловителя установлено следующее:

- полученные уравнения аппроксимации с достаточной достоверностью позволяют решать ряд инженерных задач при проектировании пылеуловителей для конкретных дробилок;
- предельная минимальная частота вращения составляет  $7,5 \text{ с}^{-1}$  (447 об./мин.), что соответствует концентрации пыли в жидкости пылеуловителя – 36,8 %;
- уровень жидкости в пылеуловителе линейно увеличивается с увеличением концентрации пыли в ней;
- высота лопастей, определённая по уравнениям аппроксимации для предельной концентрации пыли 36,8 %, должна составлять не менее 0,002 м;
- исходя из лабораторных исследований, при проектировании пылеуловителя для дробилки типа КДМ с диаметром лопастей мешалки, равной диаметру воздуховода 0,15 м, минимальная частота вращения лопастей не должна быть ниже  $4,15 \text{ с}^{-1}$ .

**Список литературы**

1. Влияние износа решета на качественные и энергетические показатели работы дробилки / В. И. Ширококов, А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков [и др.]

// Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию заслуженного работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора с.-х. наук, профессора А. И. Любимова. В 2-х томах. – Ижевск, 2020. – С. 126–132.

2. Ипатов, А.Г. Анализ структуры и свойства восстановительных покрытий из порошковых композиций на основе железа / А. Г. Ипатов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2021. – № 1 (65). – С. 39–44.

3. Ипатов, А. Г. Сравнительные трибологические свойства сверхтвердых антифрикционных покрытий на основе карбида бора / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК : м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России, Ижевск, 24–26 февраля 2021 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 32–35.

4. Исследование показателей работы дробилки закрытого типа / В. И. Ширококов, П. В. Дородов, Л. Я. Новикова [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – № 11. – С. 16–17.

5. Исследование пылеуловителя для дробилок зерна / Л. Я. Новикова, С. П. Игнатъев, В. А. Баженов, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2016. – № 1 (46). – С. 25–31.

6. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников – М.: Колос, 1978. – 558 с.

7. Новикова, Л. Я. Параметры пылевоздушной среды и их влияние на эффективность очистки воздуха в мокром пылеуловителе / Л. Я. Новикова,

С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Вестник ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – № 3 (59). – С. 59–63.

8. Новикова, Л. Я. Совершенствование системы улавливания пыли в дробилках зерна / Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России. – Ижевск, 2021. – С. 52–57.

9. Новикова, Л. Я. Эффективность качества очистки воздуха от скорости пылевоздушной смеси / Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Аграрная наука сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. конф. 12–15 февраля 2019 года, Ижевск. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 111–116.

10. Пат. 180147 Российская Федерация, МПК B01D447/02 (2006.01), B01D45/14 (2006.01), Пылеуловитель для дробилок зерна / В. И. Ширококов, Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, П. В. Дородов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА – № 2018108479; заявл. 07.03.2018; опубл. 05.06.2018, Бюл. № 16. – 2 с.: ил.

11. Совершенствование технологической схемы дробилки зерна / В. А. Ширококов, Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. А. Баженов // Научные инновации в развитии отраслей АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. 18–21 февраля 2020 года, г. Ижевск. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – Т. 3. – С. 80–84. – 199 с.

12. Трибологические показатели упрочняющих и восстановительных керамических покрытий на основе карбида бора / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков, К. Г. Волков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 7. – С. 12–19.

13. Ширококов, В. И. Анализ устройств для улавливания пыли / В. И. Ширококов Л. Я. Новикова // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 11–14 фев. 2014 г. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – Т. 3. – С. 160–165.

14. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / A. G. Ipatov, G. Ya. Ostaev, S. N. Shmykov [et. al.] // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 921–928.

15. Quality and energy indicators of grain crusher as a function of screen wear / V. Shirobokov, O. Fedorov, A. Ipatov [et. al.] // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 710–715.

### Spisok literatury

1. Vliyanie iznosa resheta na kachestvennye i energeticheskie pokazateli raboty drobilki / V. I. SHirobokov, A. G. Ipatov, S. N. SHmykov [i dr.] // Agrar-

noe obrazovanie i nauka – v razvitii zhivotnovodstva: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 70-letiyu zaslužennogo rabotnika sel'skogo hozyajstva RF, pochetnogo rabotnika VPO RF, laureata gosudarstvennoj premii UR, rektora FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, doktora s.-h. nauk, professora A. I. Lyubimova. V 2-h tomah. – Izhevsk, 2020. – S. 126–132.

2. Ipatov, A.G. Analiz struktury i svojstva vosstanovitel'nyh pokrytij iz poroshkovyh kompozicij na osnove zheleza / A. G. Ipatov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 39–44.

3. Ipatov, A. G. Sravnitel'nye tribologicheskie svojstva sverhtverdyh antifrikcionnyh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK : m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii, Izhevsk, 24–26 fevralya 2021 goda. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. – S. 32–35.

4. Issledovanie pokazatelej raboty drobilki zakrytogo tipa / V. I. SHirobokov, P. V. Dorodov, L. YA. Novikova [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. – 2020. – № 11. – S. 16–17.

5. Issledovanie pileulovitelya dlya drobilok zerna / L. YA. Novikova, S. P. Ignat'ev, V. A. Bazhenov, V. I. SHirobokov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2016. – № 1 (46). – S. 25–31.

6. Mel'nikov, S. V. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodcheskih ferm / S. V. Mel'nikov – M.: Kolos, 1978. – 558 s.

7. Novikova, L. YA. Parametry pylvozdušnoj sredy i ih vliyanie na effektivnost' oчитki vozduha v mokrom pileulovitele / L. YA. Novikova, S. N. SHmykov, V. I. SHirobokov // Vestnik FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – 2019. – № 3 (59). – S. 59–63.

8. Novikova, L. YA. Sovershenstvovanie sistemy ulavlivaniya pyli v drobilkah zerna / L. YA. Novikova, S.N. SHmykov, V. I. SHirobokov // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii. – Izhevsk, 2021. – S. 52–57.

9. Novikova, L. YA. Effektivnost' kachestva oчитki vozduha ot skorosti pylvozdušnoj smesi / L. YA. Novikova, S. N. SHmykov, V. I. SHirobokov // Agrarnaya nauka sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: m-ly Mezhdunar. konf. 12–15 fevralya 2019 goda, Izhevsk. V 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. – Т. 3. – С. 111–116.

10. Пат. 180147 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D447/02 (2006.01), B01D45/14 (2006.01), Pyleulovitel' dlya drobilok zerna / V. I. SHirobokov, L.YA. Novikova, S. N. SHmykov, P. V. Dorodov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Izhevskaya GSKHA – № 2018108479; zayavl. 07.03.2018; opubl. 05.06.2018, Byul. № 16. – 2 s.: il.

11. Sovershenstvovanie tekhnologicheskoy skhemy drobilki zerna / V. A. SHirobokov, L. YA. Novikova, S. N. SHmykov, V. A. Bazhenov // Nauchnye innovacii v razvitiit ottraslej APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 18–21 fevralya 2020 goda, g. Izhevsk. V 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. – T. 3. – S. 80–84. – 199 s.

12. Tribologicheskie pokazateli uprochnyayushchih i vosstanovitel'nyh keramicheskikh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. SHmykov, K. G. Volkov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2021. – № 7. – S. 12–19.

13. SHirobokov, V. I. Analiz ustrojstv dlya ulavlivaniya pyli / V. I. SHirobokov L. YA. Novikova // Nauka, in-

novacii i obrazovanie v sovremennom APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 11–14 fev. 2014 g. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2014. – T. 3. – S. 160–165.

14. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / A. G. Ipatov, G. Ya. Ostaev, S. N. Shmykov [et. al.] // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – T. 9. – № 2. – S. 921–928.

15. Quality and energy indicators of grain crusher as a function of screen wear / V. Shirobokov, O. Fedorov, A. Ipatov [et. al.] // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – T. 8. – № 3. – S. 710–715..

### Сведения об авторах:

**Широбоков Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: vlh150@yandex.ru).

**Шмыков Сергей Николаевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: fos1973@yandex.ru).

**Баженов Владимир Аркадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

**Первушин Владимир Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: pervushin54@mail.ru).

V. I. Shirobokov, S. N. Shmykov, V. A. Bazhenov, V. F. Pervushin  
Izhevsk State Agricultural Academy

### INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF A WET DUST COLLECTOR FOR GRAIN CRUSHERS

*The article is devoted to the study of an experimental installation for the separation of dust from the pneumatic system of hammer crushers of grain. The most common devices for capturing dust are cyclones, which are widely used for dry air purification from all types of dust. In grain crushers, along with cyclones, fabric filters are used to capture dust. The efficiency of air purification in bag fabric dust collectors mainly depends on the properties of the filter cloth. The existing dust collectors do not fully meet the requirements for air purification from dust due to their insufficiently high efficiency. Therefore, improving the efficiency of existing and new, more efficient devices for separating or trapping dust is an urgent task.*

*For conducting research, an experimental installation was made containing.. Experimental studies of the dust collector operation process were carried out using the methods of a one-factor experiment.*

*As a result of the conducted studies, it was established: the obtained approximation equations with sufficient reliability allow us to solve a number of engineering problems when designing dust collectors for specific crushers; the maximum minimum rotation speed is  $7.5 \text{ s}^{-1}$  (447 rpm), which corresponds to the dust concentration in the dust collector liquid – 36.8 %; the liquid level in the dust collector increases linearly with an increase in the dust concentration in it; the height of the blades determined by the approximation equations for the maximum dust concentration of 36.8 % should be at least 0.002 m; based on laboratory studies, when designing a dust collector for a KDM type crusher with a diameter of the stirrer blades equal to the diameter of the air duct of 0.15 m, the minimum speed of rotation of the blades should not be lower than  $4.15 \text{ s}^{-1}$ .*

**Key words:** dust collector; grain crushers; efficiency; fan; agitator; pressure; liquid density; model.

**Authors:**

**Shirobokov Vladimir Ivanovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: fos1973@yandex.ru).

**Shmykov Sergey Nikolaevich** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: fos1973@yandex.ru).

**Bazhenov Vladimir Arkad'evich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Automated Electric Drive", Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

**Pervushin Vladimir Fedorovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: pervushin54@mail.ru).

УДК 621.822:621.893

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_4\_62

А. Г. Ипатов<sup>1</sup>, Е. В. Харанжевский<sup>2</sup>, К. Г. Волков<sup>1</sup>, С. Н. Шмыков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет

## **МЕХАНИЗМ ПРИСПОСОБЛИВАЕМОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ ТРЕНИЯ**

*Высокая термостойкость и химическая нейтральность керамических структур обеспечивают возможность их эксплуатации в подшипниковых сопряжениях при высоких температурах и кинематических режимах. Полноценная информация о стабильности трибологических свойств и механизмах адаптации керамических сопряжений в условиях высоких скоростей и температуры отсутствует. В данной работе нами исследовано состояние трибологических характеристик тонких керамических покрытий на основе карбида бора в условиях высоких скоростей трения и температур. Для реализации поставленной цели разработана методика проведения трибологических исследований в условиях высоких скоростей трения, динамического нагружения и отсутствия интенсивной смазки. Анализ формирования трибопленки в условиях высоких скоростей трения выявили на основе динамики изменения коэффициента трения.*

*В результате трибологических исследований выявили противоположную динамику изменения коэффициента трения в керамическом сопряжении при скоростях 6 м/с в сравнении со стандартным сопряжением на основе закаленной стальной поверхности: для керамических покрытий наблюдается скачкообразное снижение коэффициента трения с выделением большого количества тепла. Выделяемая энергия синтезирует в зоне контакта устойчивую трибопленку на основе борной кислоты, что и обеспечивает значительное снижение коэффициента трения. Формирование трибопленки происходит лишь при температурах выше 250 °С, что достигается за счет высокой скорости трения и динамического нагружения. Полученные результаты подтверждают наши предположения о возможности синтеза трибопленок при значительном отклонении от рекомендуемых параметров эксплуатации. Результаты исследований имеют высокую практическую значимость и могут быть использованы при проектировании тяжело нагруженных и высокоскоростных подшипниковых сопряжениях.*

**Ключевые слова:** керамическое покрытие; коэффициент трения; карбид бора; высокая температура; самоорганизация структуры.

**Введение.** Обеспечение повышения надежности и долговечности подшипниковых сопряжений в узлах машин и механизмов сводится к использованию металлических сплавов с высокими антифрикционными свойствами. Высокая износостойкость, задиристость и несущая способность формируются благодаря хорошей совместимости материалов контактирующих поверхностей и их исходными физико-механическими свойствами [5, 11].

Однако при эксплуатации, в силу термической активации контактирующих поверхностей, термодинамика взаимодействия контактирующих поверхностей меняется [9] и эффект приспособляемости теряется. Приспособляемость трибосистем заключается в способности системы создавать защитные упорядоченные структуры при определенной энергии активации и соответствующие минимальной энтропии производства. Конкретная энергия активации защитных структур уменьшает диапазон рабочих нагрузок, температур и скоростей эксплуатации антифрикционных материалов.

Однако в работе [1] обоснована возможность формирования упорядоченных защитных структур, обеспечивающих эффективные трибологические характеристики трибосистем в условиях, далеких от равновесных. При определенных значениях энтропии формируются новые диссипативные структуры, которые являются неравновесными, но устойчивыми. Примерами таких диссипативных структур являются молекулярно-агрегированные слои – жидкие кристаллы (ЖК), трибополимеры, нестехиометрические соединения. Некоторые из названных структур распадаются немедленно после прекращения трения, другие (трибополимеры, ЖК, нестехиометрические соединения и т. п.) метастабильны [1, 4].

Использование теории развития упорядоченных диссипативных структур в неравновесных условиях дает возможность использовать традиционные и вновь создаваемые антифрикционные материалы совершенно в иных условиях эксплуатации, отличных от рекомендованных режимов. В данной работе нами проанализирована возможность структурно-энергетической приспособляемости трибосистем на основе керамических антифрикционных покрытий в условиях, отличных от равновесных.

**Цель исследований:** анализ приспособляемости керамических антифрикционных покрытий в условиях высоких динамических и кинематических режимах эксплуатации.

### Материалы и методика исследований.

Для реализации поставленной задачи нами была использована методика трибологических испытаний с использованием машины трения СМТ-2070 [3]. Для анализа использовали керамические упрочняющие и восстанавливающие покрытия, синтезированные с использованием короткоимпульсного лазерного излучения на основе металлокерамических соединений [6, 10]. Керамические материалы в машиностроении находят все большее применение, что связано с их высокими физико-механическими свойствами. При этом трибологические свойства и их диапазон применения в трибосистемах в контакте со стандартными материалами плохо изучен, что снижает их практическую значимость в условиях машиностроения. Известно, что керамические покрытия, нанесенные на стальные детали, обладают превосходными свойствами, такими, как высокая твердость, сопротивление истиранию, термостойкость, и могут резко снизить коэффициент трения скольжения [14]. В ряде работ рассмотрены особенности формирования и свойства различных керамических покрытий, однако анализ произведен в узком диапазоне нагрузок и скоростей, что не дает полного представления о возможностях синтезируемых керамических покрытий [2].

В работе выполнили сравнительные трибологические исследования керамических покрытий [2, 11] и стандартной закаленной стальной поверхности в контакте с антифрикционным сплавом, широко используемым в условиях машиностроения, – бронзой БрАЖ9-4.

В ходе исследований контролировали коэффициент трения и величины износа. Для каждого сопряжения было проведено пять идентичных экспериментов для измерения изменения коэффициента трения. Удельная скорость износа  $k$  была рассчитана по объему  $V$  материала, удаленного в результате износа на единицу расстояния проскальзывания  $L$  на единицу нормальной нагрузки  $P$  на контакт, как показано ниже:

$$k = V / (L P) = (\Delta m) / (\rho L P), \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – изменение массы образца (контртела), гр.;

$\rho$  – плотность образца, г/мм<sup>3</sup>.

Результаты исследований и их обсуждение. На рисунке 1 показаны сравнительные характеристики коэффициента трения для сопряжений на основе стальной закаленной поверхности и керамического покрытия в контакте с бронзой БрАЖ9-4.

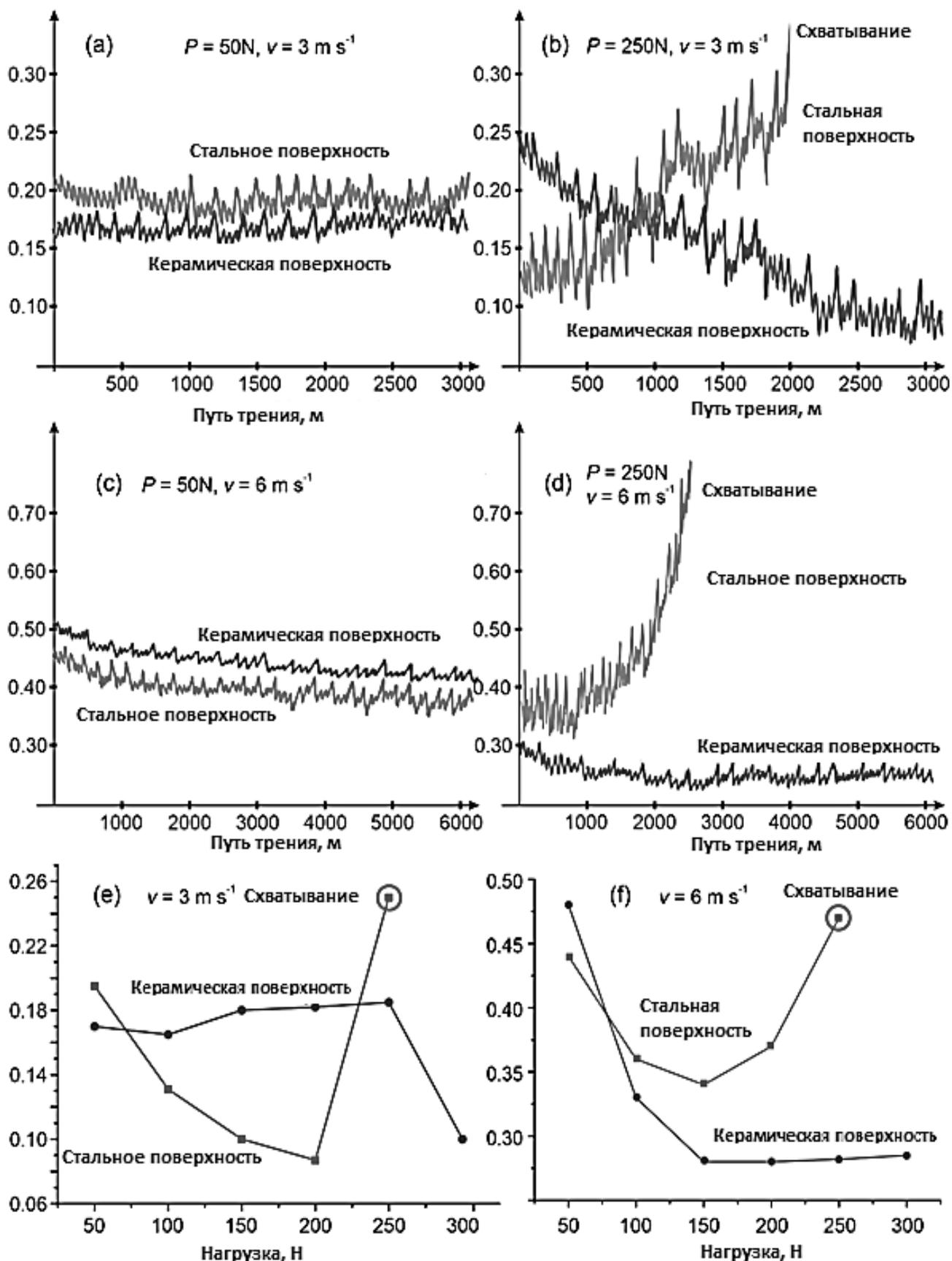


Рисунок 1 – Сравнительная характеристика коэффициента трения при различных режимах испытаний трибосопряжений в контакте с бронзой БрАЖ9-4:  
 (a)  $v = 3\text{ м / с}$ ,  $P = 50\text{ Н}$ ; (б)  $v = 3\text{ м/с}$ ,  $P = 250\text{ Н}$ ; (c)  $v = 6\text{ м/с}$ ,  $P = 50\text{ Н}$ ; (d)  $v = 6\text{ м/с}$ ,  $P = 250\text{ Н}$ ;  
 (e) при нагрузках от 50 до 250 Н для скорости скольжения  $v = 3\text{ м / с}$ ;  
 (f) при нагрузках от 50 до 250 Н для скорости скольжения  $v = 6\text{ м/с}$

При относительно низкой нагрузке 50 Н (рис. 1 а, в), независимо от скорости скольжения, наблюдается сходство коэффициента трения для трибосопряжений с керамической и стальной поверхностью. Кривые коэффициента трения для обоих материалов дисков практически совпадают, а значение коэффициента трения сопряжения «керамическое покрытие – бронза» стабильна на всем пути трения и составляет от 0,16 до 0,18 (рис. 1 а). Для сравнения, коэффициент трения сопряжения закаленная сталь – алюминиевая бронза составляет 0,18–0,21 при тех же условиях. В то же время керамические покрытия имеют меньшую приработку контактирующих поверхностей. Поверхность из закаленной стали в сочетании с алюминиевой бронзой имеет более быструю приработку, на что указывает плавное уменьшение коэффициента трения в диапазоне испытаний (рис. 1 е). Низкая приработка керамического покрытия объясняется высокой твердостью поверхности и отсутствием пластической деформации неровностей в микроконтактах.

Динамика изменения трения керамической и стальной поверхностей об алюминиевую бронзу возникает при увеличении нормальной нагрузки и скорости скольжения. Стальная закаленная поверхность показывает постепенное снижение коэффициента трения во время испытаний на износ с увеличением нормальной нагрузки. Такая тенденция сохраняется до нагрузки 200 Н при низкой скорости (рис. 1 е) и 150 Н при высокой скорости скольжения (рис. 1 ф). Наряду с постепенным снижением коэффициента трения пары «сталь – брон-

за» керамическое покрытие демонстрирует стабильное трение практически на том же уровне коэффициента трения вплоть до нагрузки 250 Н. Однако при данной нагрузке трение стальных и керамических покрытий имеет противоположную динамику (рис. 1 б).

В то время как керамическое покрытие демонстрирует переход к сверхнизкому трению с коэффициентом трения ниже 0,1, трение стальной поверхности характеризуется постоянным увеличением коэффициента трения и переходом к сильному адгезионному износу (истиранию) с дальнейшим заеданием соприкасающихся поверхностей.

Противоположную динамику изменения коэффициента трения можно объяснить температурным режимом работы трибосопряжений (рис. 2).

На рисунке 2 представлена динамика изменения температуры в зоне контакта от прикладываемой нормальной нагрузки для анализируемых поверхностей. Трибосопряжение «закаленная поверхность – БрАЖ9-4» в начальный период испытаний характеризуется низкой температурой. Однако при достижении 160 °С наблюдается скачкообразное повышение коэффициента трения и заедание контактирующих поверхностей. Низкая термическая прочность сопряжения объясняется низкой стабильностью фазы вторичного сорбита микроструктуры стальной поверхности при высоких температурах. Повышение температуры приводит к увеличению диффузионной активности компонентов поверхности с последующим сильным адгезионным износом контактных материалов.

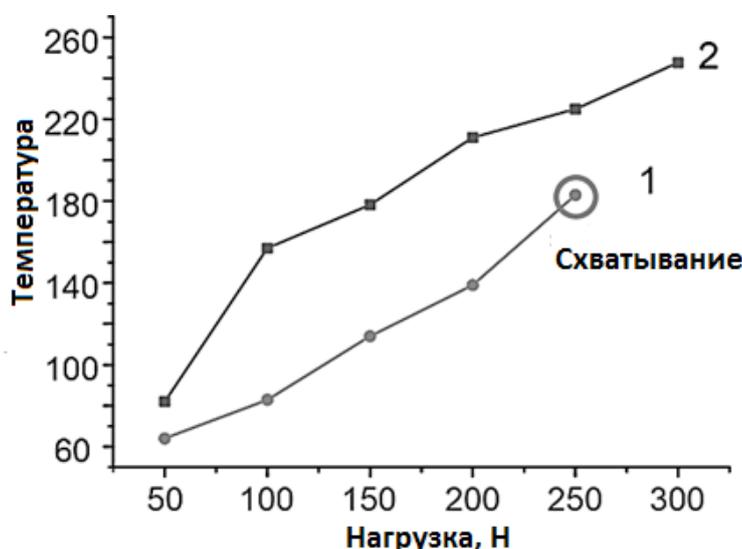


Рисунок 2 – Сравнительная динамика изменения температуры в зоне трения различных трибосопряжений: (1) стальному диску и (2) керамическому покрытию. Скорость скольжения  $v = 6$  м/с

Истирание поверхностей свидетельствует о взаимном растворении компонентов в контакте «сталь – бронза» (рис. 3). Керамическое покрытие из-за его более высокой термической прочности и инертности к диффузии не подвергается схватыванию, как показывают результаты на рисунке 1, и может выдерживать высокие кинематические и динамические нагрузки. Максимальная зарегистрированная температура образца, контактирующего с покрытием, составляет 255 °С (рис. 2) при нормальной нагрузке 350 Н. При испытаниях на постоянной нагрузке температурный фон образцов стабилизируется на несколько секунд с начала каждого испытания и остается стабильным на всем протяжении трения. При высоких температурах сопряжение «керамическое покрытие – алюминиевая бронза» имеет наименьший коэффициент трения, соответствующий 0,22–0,24 для скорости скольжения 6 м/с.

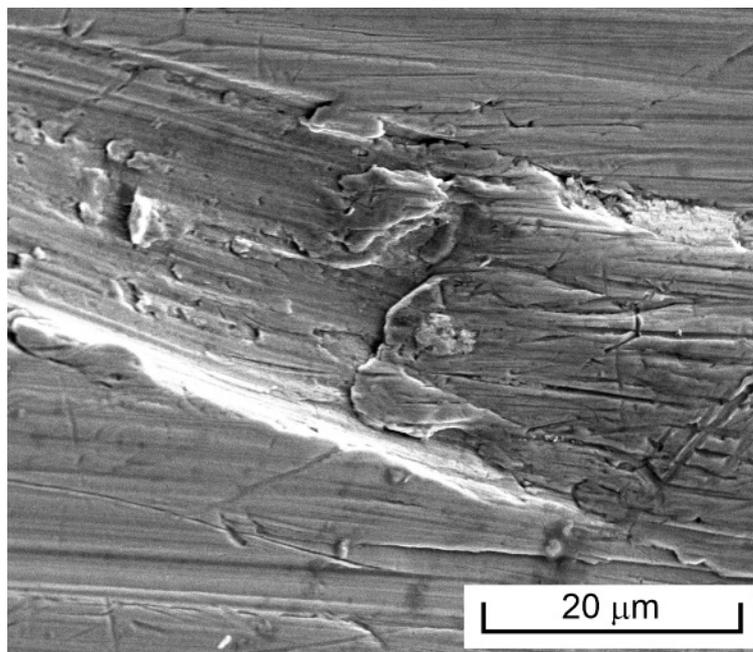
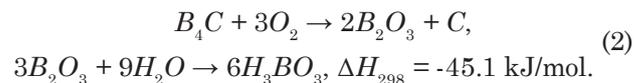


Рисунок 3 – Структура стальной поверхности после схватывания

Для объяснения снижения коэффициента трения в условиях высоких кинематических и динамических нагрузок необходимо рассмотреть компонентный состав покрытия. В структуре исследуемого керамического покрытия оксид бора играет важную роль в формировании защитного антифрикционного покрытия – трибопленки, с низким коэффициентом трения. В проведенных испытаниях трибопленка была сформирована в зоне контакта карбида бора с поверхностью контртела. Обнаруженные реакции на границе скольжения включают окис-

ление  $B_4C$  в  $B_2O_3$ , который превращается в борную кислоту  $H_3BO_3$  в результате реакции с водой [11, 14]:



Борная кислота имеет слоистую триклинную кристаллическую структуру, напоминающую  $MoS_2$ , графит и гексагональный нитрид бора (h-BN). Атомные слои параллельны базисной плоскости и состоят из атомов бора, кислорода и водорода. Эти атомы плотно упакованы и прочно связаны друг с другом ковалентными, ионными и водородными связями, тогда как атомные слои широко разнесены и удерживаются вместе слабой силой Ван-дер-Ваальса. Когда эта слоистая структура скользит по поверхности, она легко срезается, обеспечивая сверхнизкое трение [7, 12].

Реакция (2) имеет отрицательное изменение свободной энергии Гиббса даже при комнатной температуре [8], но практически первая стадия реакции (2) наблюдается на воздухе при температурах выше 527 °С [13]. Таким образом, процесс формирования трибопленки происходит при увеличении энтропии системы в неравновесных условиях в состоянии высокой беспорядочности, что характеризует получение диссипативных структур. Для формирования диссипативных устойчивых структур требуется высокая интенсивность тепловыде-

ления при фрикционном контакте, что определяется увеличением кинематической и динамической нагрузки.

**Выводы.** Трибологические исследования, направленные на анализ адаптации керамических покрытий на основе карбида бора в условиях высоких удельных нагрузок и скоростей, подтвердил предположения о приспособляемости трибосопряжения с формированием устойчивой трибопленки. Формирование трибопленки происходит при режимах повышенного температурного фона трения, когда стандартные металлические материалы разрушаются и сопряжения выходят из строя. Формирование трибопленки обеспечивает переход на режим эксплуатации сопряжения со сверхнизким коэффициентом трения. Полученные результаты обладают высокой практической значимостью и могут быть использованы при проектировании подшипниковых сопряжений, эксплуатирующихся при отсутствии интенсивной смазки и высоких температурах.

### Список литературы

1. Гершман, И. С. Термодинамические особенности трения и изнашивания ультрамелкозернистых материалов / И. С. Гершман, С. В. Чертовских, Л. Ш. Шустер // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 4 (3).
2. Ипатов, А. Г. Структура и трибологические свойства сверхтвердых упрочняющих покрытий на основе карбида бора / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков // Технический сервис машин. – 2020. – № 2 (139). – С. 134–140.
3. Мартюшев, А. А. Анализ работоспособности упрочненных ножей ротационной косилки KRONE EASYCUT B 870 CV / А. А. Мартюшев, А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2021. – № 3 (67). – С. 68–72.
4. Основы трибологии / Под ред. А. В. Чичинадзе. – М.: Наука и техника, 1995. – 778 с.
5. Трибологические показатели упрочняющих и восстановительных керамических покрытий на основе карбида бора / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков, К. Г. Волков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 7. – С. 12–19.
6. Харанжевский, Е. В. Особенности формирования керамических восстановительных покрытий / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2021. – № 1 (65). – С. 51–55.
7. Bhowmick, S. Low friction behaviour of boron carbide coatings (B4C) sliding against Ti–6Al–4V

/ S. Bhowmick, G. Sun, A. T. Alpas // Surface and Coatings Technology. – 2016. – Vol. 308. – P. 316–327.

8. Cavitation erosion performance of CVD W/WC coatings / D. Ma, T. J. Harvey, Y. N. Zhuk [et. al.] // Wear. – 2020. – Vol. 452–453.

9. Ipatov, A. G. Modification of the Bearing Interfaces of a TKR7C-6 Turbocharger / A. G. Ipatov, A. G. Ivanov, E. V. Kharanzhevskii // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49. – № 6. – P. 545–549.

10. Model experiment on reactive phase formation and solidification of B4C-BN composites via nanosecond pulse laser processing / E. Kharanzhevskiy, M. Krivilyov, A. Ipatov, A. Makarov // The European Physical Journal. Special Topics. – 2020. – Т. 229. – № 2–3. – С. 217–224.

11. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. – 2021 – Vol. 477 – P. 203835.

12. Larsson, P. Tribofilm formation on boron carbide in sliding wear / P. Larsson, N. Axen, S. Hogmark // Wear. – 1999. – Vol. 236. – P. 73–80.

13. Tribological properties of boron carbide in sliding against WC ball / K. Sonber, P. K. Limaye, T. Murthy [et al.] // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2015. – Vol. 51. – P. 110–117.

14. Ultralow friction behaviour of B4C-BN-MEO composite ceramic coatings deposited on steel / E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ipatov, M. D. Krivilyov [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 390.

### Spisok literatury

1. Gershman, I. S. Termodinamicheskie osobennosti treniya i iznashivaniya ul'tramelkozernistykh materialov / I. S. Gershman, S. V. Chertovskih, L. SH. SHuster // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2011. – Т. 13. – № 4 (3).
2. Ipatov, A. G. Struktura i tribologicheskie svojstva sverhtverdykh uprochnyayushchih pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. SHmykov // Tekhnicheskij servis mashin. – 2020. – № 2 (139). – S. 134–140.
3. Martyshev, A. A. Analiz rabotosposobnosti uprochnennykh nozhej rotacionnoj kosilki KRONE EASYCUT B 870 CV / A. A. Martyshev, A. G. Ipatov, V. I. SHirobokov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 3 (67). – S. 68–72.
4. Osnovy tribologii / Pod red. A. V. CHichinadze. – М.: Nauka i tekhnika, 1995. – 778 s.
5. Tribologicheskie pokazateli uprochnyayushchih i vosstanovitel'nyh keramicheskikh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. SHmykov, K. G. Volkov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2021. – № 7. – S. 12–19.
6. Haranzhevskij, E. V. Osobennosti formirovaniya keramicheskikh vosstanovitel'nyh pokrytij / E. V. Ha-

ranzhevskij, A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 51–55.

7. Bhowmick, S. Low friction behaviour of boron carbide coatings (B4C) sliding against Ti–6Al–4V / S. Bhowmick, G. Sun, A. T. Alpas // Surface and Coatings Technology. – 2016. – Vol. 308. – P. 316–327.

8. Cavitation erosion performance of CVD WC coatings / D. Ma, T. J. Harvey, Y. N. Zhuk [et. al.] // Wear. – 2020. – Vol. 452–453.

9. Ipatov, A. G. Modification of the Bearing Interfaces of a TKR7S-6 Turbocharger / A. G. Ipatov, A. G. Ivanov, E. V. Kharanzhevskii // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49. – № 6. – P. 545–549.

10. Model experiment on reactive phase formation and solidification of B4C-BN composites via nanosecond pulse laser processing / E. Kharanzhevskiy, M. Krivilyov, A. Ipatov, A. Makarov // The European Physical

Journal. Special Topics. – 2020. – Т. 229. – № 2–3. – S. 217–224.

11. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. – 2021 – Vol. 477 – P. 203835.

12. Larsson, P. Tribofilm formation on boron carbide in sliding wear / P. Larsson, N. Axen, S. Hogmark // Wear. – 1999. – Vol. 236. – P. 73–80.

13. Tribological properties of boron carbide in sliding against WC ball / K. Sonber, P. K. Limaye, T. Murthy [et al.] // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2015. – Vol. 51. – P. 110–117.

14. Ultralow friction behaviour of B4C-BN-MEO composite ceramic coatings deposited on steel / E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ipatov, M. D. Krivilyov [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 390.

### Сведения об авторах:

**Ипатов Алексей Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: Ipatow.al@yandex.ru).

**Харанжевский Евгений Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Удмуртский государственный университет (426034, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 1, e-mail: eh@udsu.ru).

**Волков Кирилл Георгиевич** – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: wolkow-kirill@mail.ru).

**Шмыков Сергей Николаевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: sergei-natali@mail.ru).

A. G. Ipatov<sup>1</sup>, Ye. V. Kharanzhevsky<sup>2</sup>, K. G. Volkov<sup>1</sup>, S. N. Shmykov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy

<sup>2</sup>Udmurt State University

## MECHANISM OF ADAPTABILITY OF CERAMIC COUPLINGS BASED ON BORON CARBIDE UNDER HIGH FRICTION RATES

*High thermal stability and chemical neutrality of ceramic structures provide the feasibility of their operation in bearing interfaces at high temperatures and kinematic modes. There is no fullbearing information on the stability of tribological properties and of mechanisms of adaptation of ceramic interfaces under conditions of high rates and temperatures. In the article, we have delivered the investigation of the state of the tribological characteristics of thin ceramic coatings based on boron carbide under conditions of high friction rates and temperatures. To achieve the goal, a technique has been developed for conducting tribological studies under conditions of high friction rates, dynamic loading and the absence of intensive lubrication. An analysis of the formation of a tribofilm under above conditions of high friction rates had been done based on the dynamics of changes in the coefficient of friction.*

*As a result of tribological studies, the opposite dynamics of the change in the friction coefficient in the ceramic interface at speeds of 6 m/s in comparison with the standard interface based on a hardened steel surface was revealed. For ceramic coatings, an abrupt decrease in the friction coefficient is observed with the release of a large amount of heat. The released energy synthesizes in the contact zone a stable tribofilm based on the boric acid, which provides a significant decrease in the coefficient of friction. Tribofilm formation occurs only at temperatures above 250 °C, the latter is achieved due to a high friction rate and dynamic loading. The results obtained confirm our assumptions about the feasibility of synthesizing tribofilms with a significant deviation from the recommended operating parameters. The research results are of high practical importance and can be used in the design of heavily loaded and high-speed bearing interfaces.*

**Key words:** ceramic coating; coefficient of friction; boron carbide; high temperature; self-organization of the structure.

**Authors:**

**Alexey Gennadievich Ipatov** – Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines,  
Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069,  
Russian Federation, e-mail: lpatow.al@yandex.ru).

**Yevgeny Viktorovich Kharanzhevsky** – Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Udmurt State University (1, Universitetskaya St., Izhevsk, 1, bld.1, 426034,  
Russian Federation, e-mail: eh@udsu.ru).

**Kirill Georgievich Volkov** – Postgraduate, Department of Operation and Repair of Machines,  
Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069,  
Russian Federation, e-mail: wolkow-kirill@mail.ru).

**Sergey Nikolayevich Shmykov** – Candidate of Economical Sciences,  
Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines,  
Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069,  
Russian Federation, e-mail: sergei-natali@mail.ru).

## ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. К публикации принимаются соответствующие основным научным направлениям журнала статьи, содержащие новые, ранее не опубликованные результаты научных исследований, разработки, готовые к практическому применению, а также материалы, представляющие познавательный интерес.

2. Автор предоставляет редакции журнала «Вестник Ижевской ГСХА» неисключительные права на статью для ее опубликования. Шаблон лицензионного договора размещен на странице журнала в сети Интернет (<http://izhgsha.ru>).

3. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (в т. ч. электронной) в виде компьютерной распечатки с приложением носителя (диск CD-R или CD-RW, USB-носитель) с записанным текстом (в формате Microsoft Word 2003 с расширением файла \*.rtf или \*.doc) и иллюстрационным материалом.

Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

4. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman. Размер шрифта 14 (для основного текста), 12 – для дополнительного текста (текста таблиц, списка литературы и т. п.). Междустрочный интервал для текста полуторный; режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Формат бумаги А4 (210×297 мм). Поля: сверху, снизу, слева – 2,0 см, справа – 2,5. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 или 1,5 см). Номера страниц ставятся внизу и посередине.

5. Таблицы должны быть созданы в Microsoft Word. Шрифт шапки таблицы – 11 (жирн.), текста таблицы – 12. Междустрочный интервал для таблиц одинарный. Ширина таблицы должна совпадать с границами основного текста, горизонтальные таблицы необходимо поместить в отдельные файлы.

6. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

7. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

8. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

9. Сведения об авторе должны содержать: фамилию, имя, отчество, ученую степень, ученое звание, должность, полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языках); E-mail для каждого автора, корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

10. Название статьи приводится на русском и английском языках.

11. Аннотация приводится на русском и английском языках и повторяет структуру статьи: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования, выводы. Аннотация должна содержать не менее 200 слов.

12. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

13. Статья должна быть подписана всеми авторами.

14. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ 7.1–2003. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. В список литературы желательно включать статьи из периодических источников: научных журналов, материалов конференций, сборников научных трудов и т. п., нельзя ссылаться на неопубликованные работы. Источники (не менее 7) в списке литературы размещаются строго в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы авторов на русском языке, затем на других языках. Все работы одного автора необходимо указывать по возрастанию годов издания. Авторы несут ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы, а также за точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных. Пристатейный список литературы приводится на русском языке.

15. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

16. К статье прилагается рецензия (внешняя), составленная доктором наук по направлению исследований автора (формат jpg). Рецензия должна содержать: полное название статьи; должность автора статьи; его фамилию, имя, отчество; краткое описание проблемы, которой посвящена статья; степень актуальности предоставляемой статьи; наиболее важные аспекты, раскрытые автором в статье; рекомендацию к публикации; сведения о рецензенте (ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя, отчество, подпись, гербовая печать). Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.

---

## AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. The author gives non-exclusive rights for the article publication to the editorship of "Vestnik of Izhevsk SAA". A license agreement template is published on the journal website (<http://izhgsha.ru>).

3. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail) in the printed form with an electronic version of the article (Microsoft Word 2003, \*.rtf file or \*.doc file) on CD-R, CD-RW, Flash drive.

The article should include the following structural parts: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results (supporting data and illustrative material are desirable: tables, drawings), conclusions.

4. The print size type of the text is Times New Roman, font size 14 is for the main part, 12 – for the additional text (tables, literature references etc.). Line spacing is one-and-a-half; justified alignment; automatic hyphenation. The article must be printed on paper with format of A4 (210×297). The sidelines: above, below and left – 2 cm, right – 2.5 cm. The paragraph break must be the same in the whole text (1.27 or 1.5 cm). Page numbers are put in the centre below.

5. Tables must be executed in Microsoft Word. The font of table heading is 11 (bold), table texts – 12; single space. The width of the table must be the same as the main text lines, horizontal tables should be placed in a separate file.

6. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without halftones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

7. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

8. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

9. Information about the author should contain: the surname, first name and patronymic; science degree, academic rank, position, full name of organization – place of work of every author, city and country (in the Russian and English languages); e-mail of every author, correspondent postal address and contact telephone number (may be one for all authors).

10. The title of the article is given in Russian and English.

11. The annotation of the article is given in Russian and English and it should reflect the structure of the article: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results, conclusions. The annotation should contain minimum 200 words.

12. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

13. The article must be signed by all its authors.

14. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST 7.0.1–2003. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. The reference list should include articles from periodicals: peer-reviewed journals, conference proceedings, collection of scientific papers etc., unpublished papers should not be put on the literature reference list.

The reference sources (not less than 7) must be listed in the references in alphabetical order. First the papers of authors are given in Russian, further in other languages. All the papers of one author should be indexed in ascending order of the years of publishing.

The authors are responsible for the correctness of data given in the literature reference list of the article, as well as for the accuracy of citations, facts, statistical information provided in the manuscript. The literature reference list is printed in the Russian language.

15. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

16. The article is enclosed with the review (external) of Doctor of Sciences in the author's research field (format jpg). The review should contain: a full title of the article; a position of the article's author, his/her surname, first name and patronymic; a brief description of the article's problem; a degree of relevance of the article; the most significant issues revealed by the author in the article; a recommendation for the article publication; information about the reviewer (science degree, academic rank, position and place of work, surname, first name and patronymic, signature, official stamp). Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.

---

**ПЕРЕЧЕНЬ ОТРАСЛЕЙ НАУКИ И ГРУПП СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ  
НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ, ПО КОТОРЫМ ПРИНИМАЮТСЯ СТАТЬИ  
К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ**

35.06.01 СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО.

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство.

06.01.03 Агрофизика.

06.01.04 Агрохимия.

06.01.05 Селекция и семеноводство с.-х. растений.

06.01.07 Защита растений.

35.06.02 ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО.

06.03.01 Лесные культуры, селекция и семеноводство.

06.03.02 Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация.

06.03.03 Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними.

35.06.04 ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ, ЛЕСНОМ И РЫБНОМ ХОЗЯЙСТВЕ.

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

36.06.01 ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ.

06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных.

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией.

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных.

06.02.08 Кормопроизводство, кормление с.-х. животных и технология кормов.

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства.