

ISSN 1817–5457 (print)
ISSN 2949–3552 (online)



ВЕСТНИК

Ижевской государственной
сельскохозяйственной академии

№ 4 (72) 2022





ВЕСТНИК

Ижевской государственной сельскохозяйственной академии
Научно-практический журнал • № 4 (72) 2022

Журнал основан в марте 2004 г. Выходит ежеквартально

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Удмуртский государственный аграрный университет»

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 С. В. Полтанова
Верстка А. А. Волкова
Перевод Л. А. Новикова

Фото на обложке О. А. Порошиной

Подписано в печать 14.12.2022 г.
Дата выхода в свет 23.12.2022 г.
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.
Заказ № 8586. Цена свободная.

© Удмуртский ГАУ, 2022

ISSN 1817-5457 (Print)
ISSN 2949-3552 (Online)
DOI 10/48012/1817-5457

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

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

Научный редактор

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

Члены редакционного совета:

А. М. Ленточкин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

Т. Ю. Бортник – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдГАУ

Т. А. Бабайцева – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдГАУ

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

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

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

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

Н. И. Филиппова – кандидат сельскохозяйственных наук,
ТОО НПЦЗХ им. А. И. Бараева, Казахстан

А. И. Любимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

С. Л. Воробьева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

С. Д. Батанов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

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

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

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

Ю. Г. Крысенко – доктор ветеринарных наук, профессор УдГАУ

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

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

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

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

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

Д. А. Тихомиров – доктор технических наук, член-корреспондент РАН,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

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

П. В. Дородов – доктор технических наук, профессор УдГАУ

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

С. И. Юран – доктор технических наук, профессор УдГАУ

Н. П. Кондратьева – доктор технических наук, профессор УдГАУ

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

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

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



УдГУ
УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

THE BULLETIN

of Izhevsk State Agricultural Academy

Theoretical and practical journal • № 4 (72) 2022

Journal was founded in March, 2004. Quarterly issued journal

Federal State Budget Education Institution For Higher Education
«Udmurt State Agricultural University»

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 S. V. Poltanova
Layout A. A. Volkova
Translation L. A. Novikova

Cover photo by O. A. Poroshina

Signed for printing 14 December 2022.
Publication – 23 December 2022.
Format 60×84/8. Printing 500 iss.
Order № 8586. Free price.

© Udmurt State Agricultural University,
2022

ISSN 1817-5457 (Print)
ISSN 2949-3552 (Online)
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,
Udmurt State Agricultural University

T. Yu. Bortnik – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Udmurt State Agricultural University

T. A. Babaytseva – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Udmurt State Agricultural University

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

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

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

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

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

N. I. Filippova – Candidate of Agricultural Sciences

LLC SPCGF named after A. I. Baraev, Kazakhstan

A. I. Lubimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

S. L. Vorobyeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

S. D. Batanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural 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

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

Yu. G. Krysenko – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Udmurt State Agricultural University

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

I. G. Konopeltsev – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Vyatka State Agrarian 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

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,
Udmurt State Agricultural University

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, Udmurt State Agricultural University

N. P. Kondratyeva – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

С. П. Басс, Н. Ф. Белоусова, А. Н. Гуляева Селекционно-генетические параметры оценки лошадей вятской породы	4
В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева, М. А. Ланочкина, Ю. В. Малафеева, Д. С. Дюрбин Высокопродуктивный сорт многорядного ячменя Тевкеч для возделывания на кормовые цели	12
Т. Г. Леконцева, А. В. Федоров Эффективность предпосевной обработки семян <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> , <i>Triticum aestivum</i> L. оксидом кремния	21
А. М. Ленточкин, А. В. Никитина Состояние плодоводства и ягодоводства в Удмуртской Республике	27
Т. Н. Тутова, Т. Е. Иванова, Л. А. Несмелова, Е. В. Соколова, Ю. О. Андреева Биометрические показатели и урожайность лука-репки в зависимости от срока посадки севка	33
Т. Н. Тутова, Л. А. Несмелова Анализ мирового производства овощных культур	41

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Р. Г. Большин, В. Ф. Сторчевой, Н. П. Кондратьева, М. Г. Краснолуцкая Разработка энергосберегающих мероприятий для небольшого тепличного хозяйства	50
А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, П. В. Дородов, С. Н. Шмыков, А. В. Малинин К вопросу адгезионной прочности керамических покрытий со стальной поверхностью	58
В. Ф. Первущин, А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов Модернизация плазменно-дуговой установки для резки труб различного профиля.	64
В. А. Петров, М. А. Витвинова, О. С. Федоров, В. И. Ширококов Исследование конструктивно-технологических параметров вибрационного ловителя неорганических примесей.	70

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

S. P. Bass, N. F. Belousova, A. N. Gulyaeva Selective and genetic parameters of assessment of vyatka breed horses	4
V. I. Blokhin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva, M. A. Lanochkina, Y. V. Malafeeva, D. S. Durbin High-yielding variety of multi-row barley Tevkech for cultivation for feeding purposes	12
T. G. Lekontseva, A. V. Fedorov Efficiency of pre-sowing seed treatment of <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> , <i>Triticum aestivum</i> L. with silicon oxide	21
A. M. Lentochkin, A. V. Nikitina State of fruit and berry production in the Udmurt Republic	27
T. N. Tutova, T. E. Ivanova, L. A. Nesmelova, E. V. Sokolova, Yu. O. Andreeva Biometric indicators and yield of bulb onions depending on the planting time of onion sets.	33
T. N. Tutova, L. A. Nesmelova Analysis of world production of vegetable crops	41

TECHNICAL SCIENCES

R. G. Bolshin, V. F. Storchevov, N. P. Kondratyeva, M. G. Krasnolutsкая Development of energy-saving measures for a small greenhouse	50
A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy, P. V. Dorodov, S. N. Shmykov, A. V. Malinin On the issue of adhesive strength of ceramic coatings with a steel surface	58
V. F. Pervushin, A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov Modernization of a plasma-arc facility for cutting pipes of different sections.	64
V. A. Petrov, M. A. Vitvinova, O. S. Fedorov, V. I. Shirobokov Study of structural and technological parameters of a vibrating catcher of inorganic impurities	70

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ ЛОШАДЕЙ ВЯТСКОЙ ПОРОДЫ

Басс Светлана Петровна^{1✉}, Белоусова Наталья Феликсовна²,
Гуляева Анна Николаевна³

^{1,3}Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

²ФГБНУ «ВНИИ коневодства», п. Дивово, Россия

¹sveta.bass@inbox.ru

Аннотация. Лошади аборигенных пород являются уникальными в плане универсальности их использования. Целью исследований стала оценка селекционно-генетических параметров у вятской породы лошадей разных географических популяций. Для сравнительной зоотехнической и генетической характеристики лошадей все племенное поголовье было разделено на три географические популяции: Удмуртская Республика, Кировская область и Центральный федеральный округ (ЦФО). Сравнительная оценка поголовья осуществлялась общепринятыми в зоотехнии методами. Генетический мониторинг выполнен по родословным племенного состава, также проведены исследования по выявлению связи генов миостатина (MSTN), кальпастатина (CAST) и рецепторов пролактина (PRLR) с индексами телосложения в независимой лаборатории «ХорсГен» (г. Москва). В результате наиболее крупными являются представители ЦФО: высота в холке жеребцов в среднем составила 148,7 см, что достоверно больше, чем в удмуртской популяции на 2,8 % ($P \geq 0,95$), такая же тенденция наблюдалась у кобыл. По объему груди максимальный показатель выявлен у жеребцов и кобыл из ЦФО, что на 11,3 см и 9,8 см больше, чем у животных из Кировской области ($P \geq 0,99$). Лошади всех анализируемых популяций имеют формат упряжных лошадей. Так, наибольший индекс формата выявлен у вятков из ЦФО – 108,9 % у жеребцов, 109,8 % у кобыл. Лошади с генотипом MSTN T/T обладают наибольшим расчетным показателем индекса костистости, наиболее массивными и костистыми оказались лошади с гетерозиготным генотипом CAST G/A. Взаимосвязь частоты встречаемости генотипов PRLR с типами телосложения лошадей не выявлена. Доля лошадей, полученных в результате аутбридинга, составляет 43,3 %. В Кировской области 62,1 % представителей породы являются аутбредными, популяция удмуртской селекции в основном представлена аутбредными лошадьми – 48,5 %. За 2016–2021 гг. организовано 30 выставок с участием 251 головы племенных лошадей вятской породы.

Ключевые слова: вятская порода лошадей, инбридинг в коневодстве, ДНК-маркеры, промеры и индексы, конные выставки.

Для цитирования: Басс С. П., Белоусова Н. Ф., Гуляева А. Н. Селекционно-генетические параметры оценки лошадей вятской породы // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 4-12. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_4-12.

Актуальность. Одной из актуальных задач селекции в коневодстве является оценка степени внутривидовой дифференциации. Анализ генетических параметров сложившейся генеалогической структуры породы лошадей важен для характеристики внутривидового разнообразия и трендов селекционных процессов [1].

В настоящее время проблема генетических ресурсов стоит достаточно остро среди всех видов сельскохозяйственных животных. Численность популяций аборигенных пород животных резко сокращается, при этом существует

«...реальная угроза генетического смешивания и потери оригинальности отечественных пород, что требует разработки мер по поддержанию необходимого уровня гетерогенности, сохранения типа и адаптационной способности...» [2]. Особые характеристики аборигенных пород, их уникальные адаптационные свойства могут быть их преимуществом перед заводскими породами в будущем и в настоящем, в связи с чем российские ученые начали внедрять технологии геномного анализа при проведении фундаментальных исследований в целях улучшения селекции лошадей [3–7].

Цель исследований: оценка селекционно-генетических параметров лошадей вятской породы, характерных для различных географических популяций.

Задачи: провести анализ динамики численности лошадей вятской породы в микроэволюционном аспекте; оценить экстерьерные и генетические признаки.

Материал и методы исследований. Исследования проводились на племенном поголовье лошадей вятской породы, расположенном в разных географических популяциях: Удмуртская Республика (n = 90), Кировская область (n = 74), Центральная Россия (n = 48). Селекционные признаки оценивались по общепринятым в зоотехнии методам. Генетический мониторинг осуществляли по родословным племенного состава. Генетическое типирование миостатина (MSTN), кальпастатина (CAST) и рецепторов пролактина (PRLR) проводили в Независимой исследовательской лаборатории «ХорсГен» (г. Москва). Материалом для исследований послужили данные зоотехнического учета, база данных вятской породы, заключения генетической экспертизы лаборатории «ХорсГен», собственные исследования.

Результаты исследований. Анализ поголовья лошадей вятской породы в историческом аспекте показал, что численность породы не всегда стабильно увеличивалась. Основная масса племенного ядра на сегодня сосредоточена в трех регионах России: Удмуртской Республике, Кировской области и Центральном федеральном округе (ЦФО). Мониторинг количественного состава породы и в том числе маточного поголовья показал, что за период с 1995 по 2021 г. количество племенного поголовья конематок уверенными темпами увеличивалось с 73 до 287 голов, однако на начало 2022 г. их численность снизилась до критического уровня. Поголовье племенных лошадей в настоящее время за малым исключением полностью сосредоточено в частных руках, поэтому именно от частных владельцев во многом зависит дальнейшая работа с породой. В этой связи селекционная программа по совершенствованию лошадей вятской породы будет реализована в соответствии с созданными текущими реалиями и тенденциями. Следует отметить, что большинство кобыл на 01.04.2022 г. принадлежало сельскохозяйственным предприятиям – 167 голов. Наибольшее их количество отмечено в ЦФО – 83 головы, в том числе 59 голов являются собственностью сельскохозяйственных предпри-

ятий. В частности, крупнейшим хозяйством в данном регионе является ООО «Вавилово» Липецкой области (табл. 1).

Таблица 1 – Реестр владельцев племенных кобыл вятской породы по регионам, гол.

Регион	Количество конематок, гол.	в том числе	
		с.-х. предприятия	частные владельцы
Удмуртская Республика	68	37	31
Кировская область	71	70	1
ЦФО	83	59	24
Итого	222	167	56

ОАО «Агрофирма «Гордино» (Кировская область) – единственное на сегодняшний день генофондное хозяйство по разведению лошадей вятской породы в Российской Федерации, племенной состав которого состоит из 70 конематок. В Удмуртской Республике насчитывается 68 конематок, в том числе 37 – в сельскохозяйственных организациях.

Основополагающими мероприятиями в селекционном процессе с породой являются породные выставки и испытания по рабочим качествам. За последние шесть лет (2016–2021 гг.) было организовано 30 выставок (в том числе не вошедшие в общую таблицу выставки с небольшим количеством лошадей), где были представлены в различных рингах 251 голова племенных лошадей вятской породы. Наиболее крупные из традиционных выставок: «Золотая Вятка», «Достояние Вятки», «Вятка Московии», «Краса аборигенов», «Рабочая лошадь России».

Наряду с традиционными выставками с 2007 г. нами стали проводиться виртуальные. Так, первая такая выставка была проведена в рамках Международной конной выставки «Эквирос», где на суд экспертов были представлены 12 голов, в том числе 6 кобыл и 3 жеребца в ринге основного класса. Всего за период с 2007 по 2021 г. проведено 5 виртуальных выставок, где были оценены в общей сложности 181 голова лучших представителей породы. Наиболее многочисленной виртуальной выставкой стал I Всероссийский виртуальный чемпионат по типу и экстерьеру среди лошадей вятской породы «Вятки России – 2009», на котором были представлены 60 племенных лошадей разных возрастных групп. Очередная крупнейшая виртуальная

выставка состоялась в рамках Международной конной выставки «Иппосфера» – «Краса аборигенов – 2021», здесь были представлены 7 местных пород: карачаевская, кабардинская, бурятская, забайкальская, башкирская, мезенская и самая многочисленная – вятская. В результате абсолютным чемпионом II Виртуальной выставки лошадей аборигенных пород «Краса аборигенов – 2021» стала великолепная по типу и экстерьеру кобыла мышастой масти Лакита, которая принадлежит частному владельцу Дороховой О. П., Ульяновская область (рис. 1).



Рисунок 1 – Лакита (Кабир – Лабина), мышастая, 2018 г. р.

Наиболее крупные выставки очного формата «Золотая Вятка» проходят в Удмуртской Республике, за период с 2016 по 2021 г. нами было организовано 4 выставки с общим количеством племенных лошадей 121 голо-

ва. По итогам выставки 2016 г. абсолютным чемпионом России стал великолепный жеребец нарядной булано-саврасой масти Туз (Замок – Таблетка), рожденный в племенном репродукторе ООО «Россия» Удмуртской Республики (рис. 2).



Рисунок 2 – Туз (Замок – Таблетка), булано-саврасый, 2013 г. р.

Покупательский спрос на лошадей вятской породы разнороден. Пользуется спросом как облегченный тип вятки, так и более массивный. В связи с этим селекционная работа предполагает культивирование разных типов. Сравнительный анализ экстерьерных признаков по популяциям показал, что между группами есть определенные различия. Так, наиболее крупными являются представители популяции ЦФО, высота в холке жеребцов в среднем составила 148,7 см, что достоверно больше, чем в удмуртской популяции на 2,8 % ($P \geq 0,95$), такая же тенденция выявлена у кобыл (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительная оценка промеров лошадей разной популяции

Популяция	Высота в холке, см		Косая длина туловища, см		Обхват груди, см		Обхват пясти, см	
	$\bar{X} \pm m$	$S_v, \%$	$\bar{X} \pm m$	$S_v, \%$	$\bar{X} \pm m$	$S_v, \%$	$\bar{X} \pm m$	$S_v, \%$
Жеребцы								
Удмуртская Республика	144,6±1,45	2,6	154,7±1,81	3,1	175,7±2,49	3,8	20,0±0,31	4,1
Кировская область	145,8±2,17	3,0	156,3±3,73	4,8	169,0±4,12	4,9	20,3±0,25	2,5
Центральная Россия	148,7±0,88*	1,0	162,0±1,73**	1,9	180,3±0,88*	0,8	20,3±0,33	2,8
Кобылы								
Удмуртская Республика	145,9±0,82	2,5	154,5±1,28	3,7	179,1±1,70	4,3	19,5±0,15	3,5
Кировская область	145,6±0,25	1,4	154,1±0,44	2,4	175,6±0,60	2,8	19,4±0,08	3,7
Центральная Россия	147,5±0,49**	2,1	162,0±1,01***	3,9	185,4±1,11**	3,8	20,3±0,12***	3,8

Примечание: * $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$; *** $P \geq 0,999$.

Косая длина туловища характеризует растянутость лошади. Исследуемый показатель жеребцов и кобыл Центральной России составил 162 см, что превышает показатели других анализируемых популяций на 3,6–4,7 % и 4,9–5,1 % ($P \geq 0,999$) соответственно. Обхват груди – наиболее важный промер, характеризующий развитие грудной клетки, что в первую очередь влияет на работоспособность лошади. Данный показатель у жеребцов варьируется от 169 до 180,3 см, у кобыл – от 175,6 до 185,4 см, при этом максимальный показатель соответствует вяткам ЦФО, а минимальный – Кировской области. По обхвату пясти жеребцов достоверных показателей не выявлено, однако у кобыл популяции ЦФО он составил 20,3 см, что достоверно выше кобыл Удмуртской Республики и Кировской области на 4,1–4,6 % ($P \geq 0,999$).

По данным таблицы 3, животные всех анализируемых популяций имеют формат упряжных лошадей. Так, наибольший индекс формата выявлен у вятков популяции ЦФО, он составил 108,9 % у жеребцов, 109,8 % – у кобыл. Данная величина в популяциях Кировской области и Удмуртской Республики сравнительно ниже на 1,7–1,9 % и 3,9 % соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что вятки Центральной России по отношению осевого и периферического скелета наиболее вытянуты.

Индекс костистости характеризует развитие костяка животного. Особо важен данный показатель для оценки работоспособности лошади. Кобылы Центрального региона также превосходят анализируемые популяции Удмуртской Республики и Кировской области на 0,4–0,5 % соответственно.

Статистически значимых различий по индексам телосложения, помимо индекса массивности, у жеребцов не выявлено. Так, представители популяции Кировской области имеют наиболее облегченный тип, их показатель составил 115,9 %, что достоверно выше анализируемых популяций на 5,4–5,7 % ($P \geq 0,95$). Кобылы Кировской области также сравнительно менее массивны, в отличие от лошадей Удмуртской Республики и Центрального региона.

Сравнительный анализ индексов телосложения лошадей вятской породы по генотипам миостатина, кальпастанина и рецепторов пролактина выявил взаимосвязь типа генов MSTN с типами телосложения лошадей (табл. 4).

Лошади с характерным для местных пород генотипом MSTN T/T обладают наибольшим расчетным показателем индекса костистости при наименьшем индексе массивности, у животных с нетипичным для аборигенов генотипом MSTN C/C, напротив, отмечена наибольшая величина индекса массивности при наименьшем индексе костистости. При изучении полиморфизма гена CAST наиболее массивными и костистыми оказались лошади с гетерозиготным генотипом CAST G/A, особи с гомозиготным генотипом CAST A/A представляли более облегченное сложение. Взаимосвязь частоты встречаемости генотипов PRLR с типами телосложения лошадей не выявлена.

Сравнительный анализ основных селекционных признаков показал, что наибольший балл за происхождение у жеребцов-производителей ЦФО – 9,0 баллов, что достоверно больше сравниваемых групп ($P \geq 0,99$), таблица 5.

Таблица 3 – Сравнительная оценка индексов телосложения лошадей разной популяции

Популяция	Индекс формата, %		Индекс массивности, %		Индекс костистости, %		Индекс массы, ед. = (ж.м/о.г)	
	$\bar{X} \pm m$	Cv, %	$\bar{X} \pm m$	Cv, %	$\bar{X} \pm m$	Cv, %	$\bar{X} \pm m$	Cv, %
Жеребцы								
Удмуртская Республика	107,0±1,14	2,8	121,6±1,91	4,2	13,8±0,24	4,5	2,5±0,05	5,3
Кировская область	107,2±2,56	4,8	115,9±1,97	3,4	13,9±0,07	0,9	2,3±0,09**	7,7
Центральная Россия	108,9±0,54	0,9	121,3±0,66*	0,9	13,7±0,22	2,8	2,6±0,02	1,1
Кобылы								
Удмуртская Республика	105,9±0,65	2,7	122,7±0,87	3,2	13,4±0,10	3,2	2,5±0,03	6,0
Кировская область	105,9±0,28	2,2	120,6±0,43	2,9	13,3±0,06	3,9	2,5±0,01	4,3
Центральная Россия	109,8±0,55***	3,2	125,7±0,73***	3,7	13,8±0,08***	3,6	2,7±0,02***	4,9

Примечание: * $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$; *** $P \geq 0,999$.

Таблица 4 – Средние индексы телосложения лошадей вятской породы по генотипам MSTN, CAST и PRLR

Генотип	n	Индекс массивности	Индекс костистости
MSTN/TT	24	121,73	13,92
MSTN/TC	15	122,30	13,81
MSTN/CC	3	122,38	13,72
CAST/AA	10	121,43	13,38
CAST/GA	12	122,00	13,80
CAST/GG	2	121,10	13,73
PRLR/CC	9	120,29	13,64
PRLR/GC	10	123,09	13,45
PRLR/GG	5	121,38	13,87
Среднее	55	121,98	13,75

Таблица 5 – Сравнительная оценка селекционных признаков лошадей разной популяции, баллы

Популяция	n	Происхождение		Типичность		Экстерьер		Работоспособность	
		$\bar{X} \pm m$	Cv, %	$\bar{X} \pm m$	Cv, %	$\bar{X} \pm m$	Cv, %	$\bar{X} \pm m$	Cv, %
Жеребцы									
Удмуртская Республика	7	7,9±0,40	13,6	8,1±0,26	8,5	8,1±0,14	4,6	5,6±0,40	15,9
Кировская область	4	7,3±0,25	6,9	7,3±0,25	6,9	8,0±0,41	10,2	5,0±2,0	56,6
Центральная Россия	4	9,0±0,58**	11,1	8,3±0,33*	6,9	8,0±0,00	0,0	8,7±0,88***	17,6
Кобылы									
Удмуртская Республика	20	7,5±0,27	15,6	7,6±0,20**	11,6	7,8±0,26*	15,0	5,1±0,15	12,9
Кировская область	70	7,7±0,08	8,8	7,7±0,08***	8,8	7,9±0,09	9,1	3,5±0,19	15,3
Центральная Россия	44	8,5±0,11***	8,4	8,3±0,10	7,5	8,4±0,10***	7,5	5,2±0,24***	22,8

Примечание: *P ≥ 0,95; **P ≥ 0,99; ***P ≥ 0,999.

Таким образом, современные лошади вятской породы на протяжении почти 30 лет имеют стабильные сформировавшиеся в породе промеры.

Есть определенные различия в разводимых популяциях по экстерьерным признакам: так, лошади ЦФО по оценке экстерьера методом промеров и индексов телосложения относятся к массивному типу, представители Удмуртской Республики – к среднему типу, а вятки Кировской области – к облегченному типу телосложения.

Анализ поголовья лошадей, вошедших в обработку, показал, что несмотря на селекцию в условиях ограниченного генофонда, доля лошадей, полученных в результате аутбридинга, составляет 43,3 % (рис. 3).

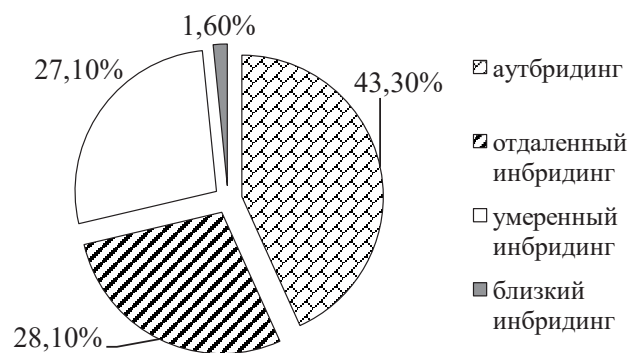


Рисунок 3 – Количественный состав аутбредных и инбредных лошадей

В равном соотношении получены представители вятской породы отдаленным и умеренным инбридингом 28,1 % и 27 % соответственно.

В Кировской области 62,1 % представителей породы являются аутбредными, что значительно больше, чем в сравниваемых популяциях (рис. 4).

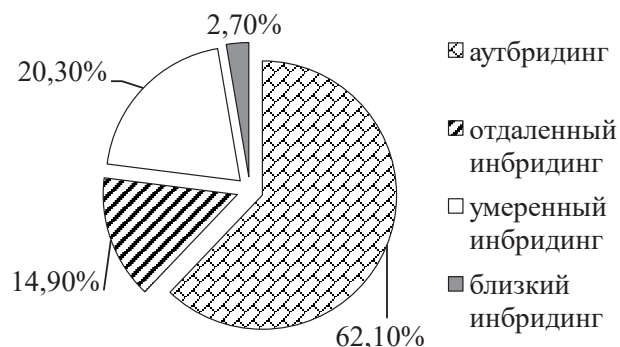


Рисунок 4 – Анализ родства лошадей вятской породы Кировской области

Следует отметить, что популяция удмуртской селекции в основном состоит из лошадей, полученных при отдаленном инбридинге, на их долю приходится 43,4 % (рис. 5). Большую долю в структуре поголовья занимают лошади с аутбридингом – 30,7 %.

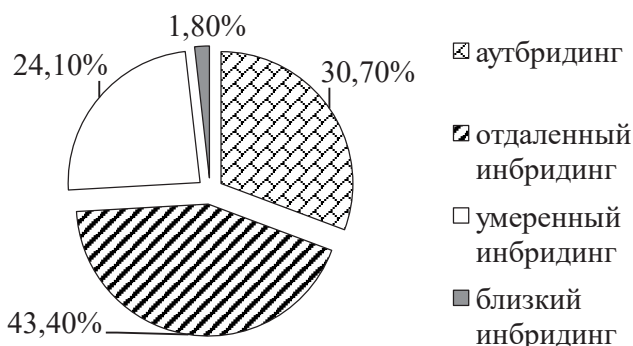


Рисунок 5 – Анализ родства лошадей вятской породы Удмуртской Республики

Анализ родства лошадей ЦФО показал, что большая часть поголовья лошадей пред-

ставлена аутбредными – 48,5 %, второй по численности является группа лошадей, полученных методом умеренного инбридинга (рис. 6).



Рисунок 6 – Анализ родства лошадей вятской породы ЦФО

Основными селекционируемыми признаками в вятской породе являются типичность и экстерьер, которые дают общую картину среди популяции анализируемой породы. Сравнительная оценка между популяциями по типичности показала, что аутбредные лошади ЦФО имеют более высокий балл – 8,27, или больше, чем лошади вятской породы из кировской популяции на 0,6 балла ($P \geq 0,99$), таблица 6.

Такая же закономерность прослеживается по экстерьерным признакам: лошади ЦФО имеют более высокие баллы по сравнению с кировской популяцией на 0,63 балла ($P \geq 0,99$). Лошади удмуртской популяции имеют промежуточное значение. В группах отдаленного инбридинга лучшие баллы отмечены в популяции лошадей из ЦФО по сравнению с кировскими представителями, как по типичности, так и по экстерьерным признакам на 0,47 и 0,74 балла соответственно ($P \geq 0,99$). В группах умеренного и близкого инбридинга достоверных различий не выявлено.

Таблица 6 – Сравнительная оценка селекционных признаков на фоне инбридинга у лошадей вятской породы разных популяций

Популяция	Аутбридинг		Коэффициент инбридинга					
			отдаленный (0,2–1,55 %)		умеренный (1,56–12,5 %)		близкий (12,6–25 %)	
	типичность	экстерьер	типичность	экстерьер	типичность	экстерьер	типичность	экстерьер
Удмуртская Республика	7,94±0,17	8,08±0,09	7,83±0,09	8,01±0,08	8,03±0,18	8,01±0,08	7,66±0,03	7,00±0,05
Кировская область	7,67±0,11	7,82±0,10	7,54±0,15	8,09±0,25	7,50±0,19	8,08±0,22	7,50±0,01*	8,50±0,02
ЦФО	8,27±0,19**	8,45±0,15**	8,01±0,02**	8,75±0,16**	7,91±0,28	8,50±0,23	–	–

Примечание: * $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$.

Наиболее типичными с правильным экстерьером являются аутбредные лошади из популяции ЦФО. Несмотря на статус породы, отнесенной по классификации статусов риска к типу «в состоянии опасности», генетическая составляющая селекционного процесса в совершенствовании породы остается контролируемой при 43,3 % аутбредного состава проанализированного числа лошадей.

Цель разведения сельскохозяйственных животных заключается в совершенствовании последующего поколения. Так, в коннозаводстве основными селекционируемыми признаками являются типичность, экстерьер, промеры, работоспособность, качество потомства. Селекционная работа с малочисленной вятской породой предполагает учитывать все признаки и определять пути совершенствования селекционно-племенной работы. Генетическое улучшение достигается путем отбора лучших представителей в основной племенной состав – племенное ядро породы.

Показатель селекционного дифференциала в популяции по типичности и экстерьеру составляет 0,3 балла (табл. 7).

Таблица 7 – Характеристика селекционных параметров в породе

Признак	Средняя арифметическая (X)		Селекционные параметры			
	племенное ядро	в среднем по популяции	ps	r	h^2	$SE_{год}$
Типичность	7,8	7,5	0,3	0,26	0,52	0,2
Экстерьер	8,0	7,7	0,3	0,21	0,42	0,1

Следует отметить, что общая фенотипическая изменчивость признака складывается из генотипической обусловленной ее доли и паратипической. Потомству передается только генотипическая обусловленная доля общей фенотипической изменчивости, которая выражается в коэффициенте наследуемости. Так, анализ коэффициента наследуемости в данном анализируемом случае показал, что наибольшей долей наследуемости обладает показатель типичности – 0,52, в то время как коэффициент наследуемости по экстерьеру составляет 0,42. Таким образом, оставшаяся доля в проявлении признаков будет составлять средовой фактор. Данная величина признака находится на среднем уровне.

Ежегодный эффект селекции по типичности и экстерьеру за счет отбора в производящий состав будет составлять 0,2 и 0,1 балла соответственно.

Выводы. Вятская порода лошадей по численности входит в группу пород с ограниченным генофондом, основными географическими зонами племенного разведения являются Удмуртская Республика, Кировская область, ЦФО.

Доля лошадей, полученных методом аутбридинга, составляет на сегодняшний день 43,3 %. Основные селекционные признаки в породе: типичность, экстерьер. Наибольшей долей наследуемости обладает показатель типичности – 0,52. Наиболее крупными по промерам и индексам являются племенные лошади ЦФО. За период 2016–2021 гг. было организовано 30 выставок с участием вятских лошадей, оцененных по типу и экстерьеру, общим количеством 251 голова. Лошади с генотипом MSTN T/T обладают наибольшим расчетным показателем индекса костистости, наиболее массивными и костистыми оказались лошади с гетерозиготным генотипом CAST G/A. Взаимосвязь частоты встречаемости генотипов PRLR с типами телосложения лошадей не выявлена.

Сведения об источнике финансирования

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации согласно тематическому плану ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (тема № 122020300065-3).

Список источников

1. Белоусова Н. Ф., Басс С. П., Киркин А. И. Мониторинг генеалогической структуры линий в вятской породе лошадей // Коневодство и конный спорт. 2022. № 1. С. 22–25.
2. Столповский Ю. А., Захаров-Гезехус И. А. Проблема сохранения генофондов domestцированных животных // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 4. С. 477–486.
3. Структура вятской породы лошадей по гаплогруппам мтДНК / Л. А. Храброва, А. М. Зайцев, В. В. Калашников [и др.] // Коневодство и конный спорт. 2020. № 4. С. 4–7.
4. Храброва Л. А. Использование ДНК технологий в коневодстве // Эффективное животноводство. 2015. 6 (115). С. 13–17.
5. Храброва Л. А., Блохина Н. В., Сорокин С. И. Варибельность генотипов миостатина (MSTN) у лошадей аборигенных пород // Коневодство и конный спорт. 2020. № 1. С. 26–27.

6. Храброва Л. А., Блохина Н. В., Сорокин С. И. Полиморфизм генов GYS1, DMTR3 и MSTN у лошадей местных пород // Аборигенные породы лошадей – национальное достояние России: сб. науч. тр. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 21–24 июня 2022 г., Нац. парк «Кенозерский», Каргопольский р-н, Архангельская обл. / ФИЦКИА им. акад. Н. П. Лаврова УрО РАН. Архангельск: КИРА, 2022. С. 258–268.

7. Features of coat color and markings and impact of dun factor on Vyatka horse breed / Natalia F. Belousova, Svetlana P. Bass, Svetlana A. Zinoveva [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). Kazan, Russia, November 13–14, 2019. Vol. 17 (2020). P. 6.

References

1. Belousova N. F., Bass S. P., Kirkin A. I. Monitoring genealogической структуры линий в выатской породе лошадей // Konevodstvo i konnyj sport. 2022. № 1. S. 22–25.

2. Stolpovskij Yu. A., Zaharov-Gezekhus I. A. Problema sohraneniya genofondov domesticirovannyh zhivotnyh // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21. № 4. S. 477–486.

3. Struktura vyatskoj porody loshadej po gaplogrup-pam mtDNK / L. A. Hrabrova, A. M. Zajcev. V. V. Kalashnikov [i dr.] // Konevodstvo i konnyj sport. 2020. № 4. S. 4–7.

4. Hrabrova L. A. Ispol'zovanie DNK tekhnologij v konevodstve // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2015. 6 (115). S. 13–17.

5. Hrabrova L. A., Blohina N. V., Sorokin S. I. Variabel'nost' genotipov miostatina (MSTN) u loshadej aborigennyh porod // Konevodstvo i konnyj sport. 2020. № 1. S. 26–27.

6. Hrabrova L. A., Blohina N. V., Sorokin S. I. Polimorfizm genov GYS1, DMTR3 i MSTN u loshadej mestnyh porod // Aborigennye porody loshadej – nacional'noe dostoyanie Rossii: sb. науч. тр. IV Vseros. науч.-практ. конф. s mezhdunar. uchastiem, 21–24 iyunya 2022 g., Nac. park «Kenozerskij», Kargopol'skij r-n, Arhangel'skaya obl. / FICKIA im. akad. N. P. Laverova Uro RAN. Arhangel'sk: KIRA, 2022. S. 258–268.

7. Features of coat color and markings and impact of dun factor on Vyatka horse breed / Natalia F. Belousova, Svetlana P. Bass, Svetlana A. Zinoveva [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). Kazan, Russia, November 13–14, 2019. Vol. 17 (2020). P. 6.

Сведения об авторах:

С. П. Басс^{1✉}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-3979-1279>;

Н. Ф. Белоусова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0003-0515-0123>;

А. Н. Гуляева³, аспирант, <https://orcid.org/0000-0002-0725-8800>

^{1,3}Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

²ФГБНУ «ВНИИ коневодства», п. Дивово, 20, Рязанская обл., Россия, 391105

¹sveta.bass@inbox.ru

Original article

SELECTIVE AND GENETIC PARAMETERS OF ASSESSMENT OF VYATKA BREED HORSES

Svetlana P. Bass^{1✉}, **Natalya F. Belousova**², **Anna N. Gulyaeva**³

^{1,3}Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

²All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Divovo, Russia

¹sveta.bass@inbox.ru

Abstract. Aboriginal horses are unique in their multipurpose use. The aim of the research is to evaluate the selective and genetic parameters of the Vyatka horse breed from different geographical populations. To compare zootechnical and genetic characteristics of horses the entire breeding stock was divided into three different geographical populations: the Udmurt Republic, the Kirov Region and the Central Federal District (CFD). The comparative assessment of horse population was carried out by the generally accepted methods in zootechnics. The genetic monitoring was carried out according to the pedigrees of the breeding stock, and studies were also carried out to identify the relationship between the genes of myostatin (MSTN), calpastatin (CAST) and prolactin receptors (PRLR) with constitution indices in the independent laboratory 'HorsGen' (Moscow). As a result representatives of

the Central Federal District are the largest, the height at the withers of stallions averaged 148.7 cm, which is significantly more than in the Udmurt population by 2.8 % ($P \geq 0.95$), the same trend was found in mares. In terms of chest circumference, the maximum indicator corresponds to stallions and mares of the Central Federal District, which is 11.3 cm and 9.8 cm, respectively, more than in stallions of the Kirov region ($P \geq 0.99$). Horses of all analyzed populations have the format of draft horses. Thus, the highest format index was found in Vyatka horses of the Central Federal District – 108.9 % in stallions, 109.8 % in mares. Horses with the MSTN T/T genotype have the highest calculated index of boniness, the most massive and bony were horses with the heterozygous CAST G/A genotype. The relationship between the frequency of occurrence of PRLR genotypes and body types of horses has not been identified. The proportion of outbred horses is 43.3 %. The representatives of the breed in the Kirov region are outbred – 62.1 %, the population of the Udmurt selection mainly consists of horses with remote inbreeding – 43.4 %. Central Russia is mainly represented by outbred horses – 48.5 %. Thirty shows were organized with the participation of 251 heads of breeding horses of the Vyatka breed in 2016–2021.

Key words: Vyatka breed of horses, inbreeding in horse husbandry, DNA markers, measurements and indices, horse shows.

For citation: Bass S. P., Belousova N. F., Gulyaeva A. N. Selective and genetic parameters of assessment of Vyatka breed horses. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 4(72): 4-12. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_4-12.

Authors:

S. P. Bass¹✉, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3979-1279>;

N. F. Belousova², Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-0515-0123>;

A. N. Gulyaeva³, postgraduate student, <https://orcid.org/0000-0002-0725-8800>

^{1,3}Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

²All-Russian Research Institute of Horse Breeding, 20 Divovo, Russia, 391105

¹sveta.bass@inbox.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.11.2022; одобрена после рецензирования 14.11.2022;

принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 11.11.2022; approved after reviewing 14.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 633.161:631.526.32

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_12-20

ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ СОРТ МНОГОРЯДНОГО ЯЧМЕНЯ ТЕВКЕЧ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА КОРМОВЫЕ ЦЕЛИ

Блохин Василий Иванович✉, **Никифорова Ирина Юрьевна**,
Ганиева Ирина Сергеевна, **Ланочкина Марина Александровна**,
Малафеева Юлия Викторовна, **Дюрбин Денис Сергеевич**

ТАТНИИСХ-ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

✉bvikazan@bk.ru

Аннотация. Проведено изучение особенностей формирования урожайности и качества зерна нового сорта Тевкеч в сравнении с сортом Раушан в Предкамье Республики Татарстан на серой лесной среднесуглинистой почве с содержанием гумуса 3,35...3,52 %. Работу проводили с 2019 по 2022 г. в питомнике конкурсного сортоиспытания. Анализ исследований показал, что в различных условиях возделывания сорт характеризуется повышенной продуктивностью, средняя урожайность зерна составила 3,02 т/га, больше стандарта на 0,41 т/га. По общей адаптивной способности обеспечивает высокий показа-

тель ($OAC_i = 0,31$, стандарт – $0,04$). Характеризуется высокими значениями реализации потенциальной продуктивности ($RPP = 69,7\%$, стандарт – $67,9\%$) и лучшим генотипом селекционной ценности ($СЦГ_i = 1,58$, стандарт – $1,47$), сочетающим высокую продуктивность со стабильным урожаем. Валовой сбор белка с единицы площади в среднем формировал $378,32$ кг/га, выше стандарта на $22,4$ кг. В 2022 г. сорт Тевкеч включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Средневолжском (7), Волго-Вятском (4) и Уральском (9) регионах РФ. Патент № 11623.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, белок, адаптивность, стабильность.

Для цитирования: Высокопродуктивный сорт многорядного ячменя Тевкеч для возделывания на кормовые цели / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 12-20. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_12-20.

Актуальность. Успешное развитие отрасли животноводства неразрывно связано с организацией полноценной кормовой базы [14], сбалансированной по основным элементам питания, особенно протеину [7]. Являясь неотъемлемой частью рациона кормления животных, зерно ячменя дает положительные результаты в животноводстве [15] из-за его питательной ценности [10]. Кроме того, по сумме незаменимых аминокислот в белке, включая дефицитный лизин, ячмень сбалансирован лучше других злаковых зерновых культур [11].

Многими исследованиями установлено, что большое значение в повышении уровня питательных элементов и белка в зерне ячменя принадлежат кормовым сортам [3, 9, 12], хотя вариабельность по комплексу показателей, формирующих урожайность и качество зерна, тесно связана с условиями возделывания [1, 6, 8].

Ячмень – одна из самых важных зерновых культур средней полосы России, по валовому сбору зерна ячмень занимает второе место после стран ЕС, обеспечивая 11–15 % мирового производства [5]. Для Татарстана ячмень основная и незаменимая зернофуражная культура, независимо от направления использования сорта, в зерне формируется 85–88 % сухого вещества, 12–15 % воды, 53–59 % крахмала, 9–14 % белка, 2,5–4,2 % жира, 1,5–2,5 % золы и 3–5 % клетчатки [2].

Для удовлетворения нужд сельскохозяйственных животных и птицы в полноценном корме необходимо вводить в производство сорта ячменя, сочетающие высокую продуктивность с высокими кормовыми достоинствами, что предопределило создание многорядного сорта ячменя с высоким потенциалом продуктивности кормового направления.

Цель исследований: оценить новый многорядный сорт ячменя Тевкеч кормового использования на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам, адаптивного к условиям зоны Предкамья Республики Татарстан.

Задача исследований: оценить влияние различных условий на формирование урожая и качество зерна; установить эффекты условий года генотипов и их взаимодействия на показатель «урожайность зерна»; определить доли влияния факторов и их взаимодействия на формирование продуктивности зерна; определить параметры адаптивной способности и стабильности; привести итоги проведения экологического сортоиспытания в условиях производства.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в 2019–2022 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ, расположенных в Предкамской зоне Республики Татарстан (РТ). Исходным материалом послужили новый многорядный сорт Тевкеч и районированный сорт ячменя: Раушан (стандарт). Для полноценной оценки эффективности использования нового сорта Тевкеч проводили сравнение с районированными сортами ячменя, которые возделываются в Республике Татарстан. Посев сплошной, рядовой, норма высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Учетная площадь делянок 10 м², повторность 4-кратная. Предшественник – горох.

Почва опытных участков серая лесная, среднесуглинистая. Пахотный слой (0...22 см) характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус – 3,35...3,52 % (по ГОСТ 26213-91); азот щелочно-гидролизующий – 85,0...94,0 мг/кг (по А. Х. Корнфилду); подвижный фосфор и калий – соответственно 251...287 мг/кг и 149...167 мг/кг (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207-91); гидролитическая кислотность 3,7...5,9 ммоль/100 г (по методу Каппена в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91); $pH_{\text{сол}}$ – 5,7...6,0.

Параметры адаптивной способности и стабильности: OAC_i – общая адаптивная способность; $\sigma^2 SAC_i$ – вариация специфической адаптивной способности; S_{gi} – относительная стабильность генотипа, %; $СЦГ_i$ – селекционная

ценность генотипа; $\sigma^2(G \times E)_{gi}$ – варианса взаимодействия генотипа и среды; l_{gi} – коэффициент нелинейности; K_{gi} – коэффициент компенсации, рассчитывали по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой.

Устойчивость сортов к стрессу (Y_{min} - Y_{max} , т/га) и среднюю урожайность зерна в контрастных условиях среды ($(Y_{min} + Y_{max}) : 2$, т/га) определяли по формулам А. А. Rossielle и J. Hamblin.

Содержание белка в зерне определяли методом Кьельдаля. Обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.08, РАСХН, 1999).

Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ. Индексы гидротермического коэффициента (ГТК) рассчитывали по Г. Т. Селянинову. Классификация типов увлажнения периодов вегетации приведена на основе индексов ГТК, разработанных О. Л. Шайтановым для условий РТ [13]. Годы исследований характеризовались контрастностью гидротермических показателей межфазных периодов (табл. 1).

Период вегетации 2019 г. характеризовался как влажный (ГТК = 1,52), 2020 г. – как засушливый (ГТК = 0,89).

В 2021 г. вегетация ярового ячменя протекала в условиях экстремальной засухи (ГТК = 0,21). Период вегетации 2022 г. характеризовался как сильно засушливый (ГТК = 0,60).

Результаты исследований и их обсуждение. Для зерновых культур длина вегетационного периода и продолжительность межфазных периодов, является важной сортовой особенностью, имеющей практическое значение [4]. Продолжительность вегетации сортов ячменя в засушливых условиях 2021 г. (ГТК = 0,21) сокращалась у сорта Тевкеч до 71 суток, у стандарта Раушан – до 67, в благоприятных условиях 2019 г. (ГТК = 1,52) увеличивалась до 93 и 89 суток соответственно (табл. 2). По анализу продолжительности вегетационного периода сорт Тевкеч созревает позже стандарта на 3–5 суток, он отнесен к среднепозднему интенсивному морфобиотипу, стандарт – к среднеспелому полуинтенсивному.

Новый сорт ярового ячменя Тевкеч отличается от стандарта еще и тем, что относится к разновидности рикотензе (шестирядный, с гладкими остями, без зазубренности краев, за исключением кончиков остей), стандарт – нутанс (двурядный, имеет зазубренность краев остей).

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент по межфазным периодам ярового ячменя 2019–2022 гг.

Год	Всходы – кущение	Кущение – выход в трубку	Выход в трубку – колошение	Колошение – полная спелость	Всходы – колошение	Всходы – полная спелость
2019	1,41	1,03	0,07	2,27	0,68	1,52
2020	2,34	1,99	0,95	0,57	1,44	0,89
2021	0,00	0,24	0,10	0,28	0,13	0,21
2022	0,34	0,64	0,48	0,67	0,49	0,60

Примечание: 0,5 и менее – сухой; 0,6...0,7 – сильнозасушливый; 0,8...0,9 – засушливый; 1,0...1,2 – слабозасушливый; 1,3...1,5 – влажный; 1,6 и более – избыточно влажный.

Таблица 2 – Продолжительность межфазных периодов сортов ярового ячменя

Межфазный период	Тевкеч				Раушан (стандарт)			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Посев – всходы	6	7	7	12	6	7	7	12
Всходы – кущение	16	15	7	14	14	13	6	13
Кущение – выход в трубку	8	6	14	13	10	6	14	12
Выход в трубку – колошение	21	16	18	17	18	18	15	15
Колошение – спелость	45	44	32	44	42	45	32	44
Всходы – колошение	48	41	39	45	47	37	35	40
Вегетационный период	93	85	71	89	89	82	67	84

Сорт Тевкеч по сравнению со стандартным сортом Раушан имеет относительно большую высоту растений (59–85 см, против 54–67 см – стандарт). Особенно такая разница по высоте растений в пользу сорта Тевкеч отмечена в условиях увлажненного периода вегетации ярового ячменя в 2019 г. Засушливые условия вегетации (2021 г.) снизили высоту растений сорта Тевкеч на 26 см, стандарта – на 13 см. Если сравнивать сорт Тевкеч со стандартом по засухоустойчивости, то в 2021 г. Тевкеч уступал на 0,8 балла (табл. 3).

Необходимо отметить, что несмотря на повышенную высоту растений ярового ячменя сорта Тевкеч, устойчивость к полеганию у него выше стандарта. В 2019 г. она была 4,9 балла, у стандарта лишь 4,0 балла. Этот показатель имеет особое значение для возделывания в производственных условиях, так как полегание является причиной больших потерь урожая при уборке и ведет к снижению качества зерна.

Одним из основных элементов формирования урожая является продуктивное кущение: в засушливых условиях происходит снижение, уменьшая урожай, и наоборот, в благоприятные годы увеличивается, повышая урожай. У сорта ярового ячменя Тевкеч продуктивная кустистость по годам исследований была выше

и варьировала от 1,15 до 2,01 шт. на 1 растение, тогда как у сорта Раушан она составила 1,05–1,41 шт.

Окончательным показателем эффективности производства зерна ячменя является величина урожая, рассчитанная на единицу посевной площади, которая зависит от многих факторов и их взаимодействия, варьируя от погодных условий, сорта, уровня применяемых агроприемов.

Для полноценной оценки эффективности использования нового сорта Тевкеч проводили сравнение с районированными сортами ярового ячменя в производстве. В условиях Предкамья РТ доли влияния факторов и их взаимодействий в общем фенотипическом варьировании за исследованный период показывают, что основной вклад в таком варьировании вносит фактор «среда» (92,0 %), генотипы в общем варьировании признака составляют 2,4 %, взаимодействие «генотип × среда» – 4,9 % (табл. 4).

Исследовав группу генотипов методом двухфакторного дисперсионного анализа, установили, что есть сорта ячменя, стабильные по показателю «урожайность зерна», показатель среднего квадрата генотипа (0,66) превалирует над средним квадратом взаимодействия «генотип × среда» (0,44).

Таблица 3 – Хозяйственно-биологическая характеристика сортов ярового ячменя

Показатели	Ед. изм.	Тевкеч				Раушан (стандарт)			
		2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Высота растений	см	85	75	59	77	67	63	54	65
Продуктивная кустистость	шт.	2,01	1,27	1,15	1,43	1,41	1,23	1,05	1,30
Устойчивость к полеганию	балл	4,9	5	5	5	4,0	4,7	5	4,2
Засухоустойчивость	балл	5	4,9	3,4	5	5	5,0	4,2	5,0

Таблица 4 – Доля влияния факторов в общем фенотипическом варьировании признака «урожайность зерна» сортов ярового ячменя, 2019–2022 гг.

Источники вариации	Сумма квадратов отклонений	Степени свободы	Средний квадрат	F _{факт.}	F _{теор. для P = 0,05}	Доля влияния, %
Общая	217,91	143				
Блоки	1,31	3	0,44	226,71		
По фактору А (генотип)	5,24	8	0,66	339,72	2,03	2,4
По фактору В (среда)	200,51	3	66,84	34 639,65	2,70	92,0
Взаимодействия АВ (генотип × среда)	10,64	24	0,44	229,80	1,63	4,9
Остаточная	0,20	105	0,00			

Реализация генетического потенциала и стабилизация урожайности сорта в разных условиях возделывания, особенно в неблагоприятных почвенно-климатических рамках, показывает его адаптивные способности. Установлено, что сорт Тевкеч по параметрам общей адаптивной способности (OAC_i), характеризующей генотип по способности обеспечивать максимальный уровень проявления признака во всей совокупности сред, обеспечивает высокий показатель (0,31), стандарт (-0,04), таблица 5.

Для отбора сортов на общую адаптивную способность (OAC_i) и стабильность (S_{gi}) определена селекционная ценность генотипов (СЦГ_i). Среди изученных генотипов сорт Тевкеч характеризуется лучшим генотипом селекционной ценности (СЦГ_i = 1,58, стандарт – 1,47), сочетающим высокую продуктивность со стабильным урожаем. Сорт Тевкеч характеризовался и высоким значением реализации потенциальной продуктивности (РПП = 69,7 %, стандарт – 67,9 %).

Сорт Тевкеч обеспечивает высокую урожайность в благоприятные по погодным условиям периоды для роста и развития растений. Максимальная продуктивность зерна (4,59

т/га) была получена в 2019 г. (ГТК = 1,52), достоверно выше стандарта на 0,48 т/га. За годы исследований сорт Тевкеч формировал с каждого гектара дополнительно зерна, в сравнении со стандартом, от 0,40 до 0,78 т/га, за исключением засушливого 2021 г.

В условиях экстремальной засухи 2021 г. (индекс среды = -1,73 т/га) сорт Тевкеч формирует урожайность 1,12 т/га, что в 4,1 раза меньше по сравнению с аналогичным показателем 2019 г. (4,59 т/га). Выше было отмечено, что данный сорт попал в группу генотипов с высокими показателями общей адаптивной способности ($OAC_i = 0,31$).

В то же время сорт Тевкеч характеризовался низким показателем относительной стабильности ($S_{gi} = 47,6$ %) и высоким показателем дисперсии специфической адаптивной способности ($\sigma^2CAC = 2,32$). Такой генотип не обеспечивает получения гарантированного высокого урожая в разные годы испытаний. Несмотря на то, что в годы исследований средняя урожайность у сорта Тевкеч получена в количестве 3,20 т/га, у стандарта сорт Раушан – 2,79 т/га, разница в урожайности составила 0,41 т/га, с наименьшей существенной разницей 0,17 т/га.

Таблица 5 – Параметры адаптивной способности и стабильности сортов ярового ячменя, рассчитанные по признаку «урожайность зерна»

Сорт	Урожайность зерна по годам, т/га					OAC_i	$\sigma^2(G \times E)_{gi}$	σ^2CAC_i	K_{gi}	$S_{gi}, \%$	СЦГ _i	РПП, %	$Y_{min} - Y_{max}, \text{т/га}$	$(Y_{min} + Y_{max}) : 2, \text{т/га}$
	2019	2020	2021	2022	2019–2022									
Раушан (стандарт)	4,11	3,37	1,15	2,53	2,79	-0,04	2,85	1,52	0,88	44,3	1,47	67,9	-2,96	2,63
Нур	4,21	3,30	1,21	2,06	2,70	-0,19	9,46	1,67	0,96	47,9	1,32	64,1	-3,00	2,71
Орлан	4,48*	2,95	1,37*	3,03*	2,96	0,07	10,61	1,53	0,88	41,8	1,64	66,1	-3,71	2,92
Камашевский	4,48*	3,50	1,23*	2,94*	3,04*	0,15	1,54	1,77	1,02	43,8	1,62	67,9	-3,25	2,85
Памяти Чепелева	5,04*	2,81	1,18	3,06*	3,02*	0,13	26,01	2,42	1,39	51,5	1,36	59,9	-3,86	3,11
Фандага	4,32	2,83	0,91	1,96	2,51	-0,38	8,49	1,99	1,15	56,3	1,00	58,1	-3,41	2,62
Эндан	4,24	3,04	1,14	2,98*	2,85	-0,04	7,11	1,55	0,89	43,7	1,53	67,2	-3,10	2,69
Тевкеч, многорядный	4,59*	4,15*	1,12	2,93*	3,20*	0,31	14,27	2,32	1,33	47,6	1,58	69,7	-3,47	2,86
Вакула, многорядный	4,03	3,89	1,09	2,54	2,89	0,00	16,56	1,81	1,03	46,4	1,46	71,7	-2,94	2,56
Среднее	4,39	3,32	1,16	2,67	2,89									
Индексы условий среды, т/га	1,50	0,43	-1,73	-0,22	–									
$HC_{0,05}$	0,26	0,19	0,07	0,16	0,17									

Примечание: символом «*» выделены достоверно высокие значения; OAC_i – общая адаптивная способность; σ^2CAC_i – дисперсия специфической адаптивной способности; S_{gi} – относительная стабильность генотипа, %; СЦГ_i – селекционная ценность генотипа; $\sigma^2(G \times E)_{gi}$ – дисперсия взаимодействия генотипа и среды; K_{gi} – коэффициент компенсации; РПП, % – реализация потенциальной продуктивности; $(Y_{min} - Y_{max}), \text{т/га}$ – стрессоустойчивость сорта; $(Y_{min} + Y_{max}) : 2, \text{т/га}$ – компенсаторная способность сорта.

Коэффициент компенсации (K_{gi}) у стандартного сорта Раушан – 0,88, у сорта Тевкеч – 1,33, выше единицы, что свидетельствует о преобладании эффекта дестабилизации. Таким дестабилизирующим эффектом являлись контрастные условия вегетации в годы проведения исследований.

Разность $Y_{min} - Y_{max}$ имеет отрицательный знак и отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей. В условиях Предкамья РТ сорт Тевкеч характеризовался как наименее стрессоустойчивый ($Y_{min} - Y_{max} = -3,47$ т/га), стандарт Раушан (-2,96 т/га) – как наиболее стрессоустойчивый сорт.

Показатель ($Y_{min} + Y_{max}$) : 2, отражает среднюю урожайность сорта в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях и характеризует генетическую гибкость сорта, его компенсаторную способность. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды (климатическими), тем выше этот показатель. В нашем опыте высоким значением данного показателя характеризовался сорт Тевкеч (3,11 т/га), а низким – сорт Раушан (2,63 т/га).

Таким образом, контрастные условия периодов вегетации ярового ячменя зоны Предкамья РТ дифференцировали сорта по параметрам адаптивной способности и стабильности. Сорт Раушан являлся наиболее приспособленным и стрессоустойчивым генотипом к ряду сред. Лучшим генотипом, сочетающий высокую продуктивность со стабильным урожаем, оказался сорт Тевкеч.

Технологические качества зерна нового сорта ярового ячменя отличаются от показателей сорта Раушан (табл. 6). Обладая меньшей массой 1000 зерен (38,7 г, стандарт – 43,0 г), сорт Тевкеч формирует в колосе большее количество зерен – до 65,5, стандарт – до 35,0 шт. (табл. 6). Зерно сорта Тевкеч характеризуется относительно большой долей выделенных зерен на решете – 2,5 мм, что обеспечивает получения семян с более высокими посевными и урожайными свойствами.

В таблице 7 представлены данные по содержанию белка в зерне, средней урожайности зерна и сбору белка с единицы площади. Максимальный валовой сбор белка с единицы площади обеспечил сорт Тевкеч – 378,32 кг/га, больше на 22,4 кг/га стандартного сорта Раушан.

Производственные испытания проводили на почвах: чернозем выщелоченный (реализация генетического потенциала сорта) ООО «Хлебороб» Ульяновского района Ульяновской области и серой лесной (в условиях экстремальной засухи) ООО «Шахтер» Агинского района РТ. Были выявлены отрицательные биологические особенности многорядного сорта Тевкеч. Создавая высокую продуктивность зерна выше 8,5 т/га, в колосе формируется 65 и более зерен, при перестое на корню колос (особенно при избытке осадков) становится тяжелым и наклоняется до земли, без полегания соломины. При уборке напрямую, не скашивая в валки, колос относительно ножей жатки оказывается ниже их, потери урожая могут достигать 20–26 %. Положительная особенность сорта Тевкеч в том, что в условиях экстремальной засухи 2021 г. урожайность его была выше на 1,32 т/га засухоустойчивого сорта Камашевский (табл. 8).

Таблица 6 – Качественные показатели зерна ячменя по сортам 2019–2022 гг.

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Число зерен в колосе	Крупность, %
Раушан (стандарт)	43,0	674,0	14,3...35,0	73,6
Тевкеч	38,7	660,7	37,0...65,5	70,5

Таблица 7 – Содержание белка в зерне (%), средняя урожайность зерна сортов (т/га) и сбор белка с единицы площади (кг/га)

Сорт	Содержание белка в зерне по годам, %					Урожайность зерна 2019–2022 гг., т/га	Сбор белка с единицы площади, кг/га
	2019	2020	2021	2022	2019–2022		
Раушан (стандарт)	10,76	13,65	12,46	14,16	12,76	2,79	355,92
Тевкеч	11,81	12,06	10,83	12,59	11,82	3,20	378,32
НСР _{0,05}	–	–	–	–	Незначимы	–	–

Примечание: F факт. = 0,82; F теор. 5 % уровне значимости = 2,34.

Таблица 8 – Производственное испытание нового сорта ярового ячменя Тевкеч, т/га

Сорт	ООО «Хлебороб», 2019 г.			ООО «Шахтер», 2021 г.		
	фактическая	прибавка	биологическая	фактическая	прибавка	биологическая
Камашевский (контроль)	5,51	–	5,60	2,43	–	2,50
Эндан	6,19	0,68	6,40	–	–	–
Тевкеч, многорядный	7,65	2,14	9,65	3,75	1,32	3,80

Заключение. Создание сорта многорядного ярового ячменя Тевкеч кормового назначения способствует, при соблюдении агротехнологии возделывания, улучшению кормовой базы и повышению эффективности производства молока и мяса. Системный подход в селекции ячменя на экологическую пластичность, использование нового исходного материала и усовершенствованных методов отбора позволили увеличить результативность селекции и создать новый сорт ярового ячменя с высокой продуктивностью зерна на кормовые цели. Преимущество многорядного сорта Тевкеч над ранее созданными сортами заключается не только в высокой урожайности, но и в качестве зерна, что отражается в более высоких показателях содержания валового сбора белка с единицы площади. При условии соблюдения технологий возделывания новый сорт гарантирует получение высококачественного сырья для производства комбикормов и зернофуража. В 2022 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Средневолжском (7), Волго-Вятском (4) и Уральском (9) регионах РФ. Патент № 11623, расчетная дата окончания 31.12.2051 г., код сорта 8154070.

Сведения об источнике финансирования

1. Статья подготовлена в рамках государственного задания «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка берегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды», № регистрации 122011800138-7.

2. Грант Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан «Государственная поддержка научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса в 2022 году».

Список источников

1. Анисимова Л. В., Выборнов А. А. Технологические свойства зерна ячменя при переработке в крупу и муку // Ползуновский вестник. 2013. № 4-4. С. 151–155.
2. Блохин В. И., Ганиева И. С., Ланочкина М. А. Справочник технологии возделывания ячменя. Казань: Академия наук РТ, 2020. 64 с.
3. Высокопродуктивный зернофуражный сорт Эндан / В. И. Блохин, И. С. Ганиева, И. М. Сержанов [и др.] // Вестник Казанского аграрного университета. 2019. № 3 (54). С. 19–24.
4. Ганиев А. М., Сержанов И. М., Шайхутдинов Ф. Ш. Влияние предпосевной обработки семян на формирование урожайности зерна и качество семян яровой пшеницы в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан // Зерновое хозяйство России. 2017. № 2 (50). С. 12–17.
5. Динамика посевных площадей и урожайности ярового ячменя в РФ / Г. А. Филенко, Т. И. Фирсова, Ю. Г. Скворцова, Е. Г. Филиппов // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 20–25.
6. Засухоустойчивость сортов ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (71). С. 4–11. DOI: 10.48012/1817-5457_2022_3_4-11.
7. Корма Республики Татарстан: состав, питательность, использование / Л. П. Зарипова, Ф. С. Гибадуллина, Ш. К. Шакиров [и др.]. Казань: Фолиант, 2010. 220 с.
8. Левакова О. В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (3). С. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333.
9. Левакова О. В., Ерошенко Л. М. Высокобелковые сорта и перспективные линии ярового ячменя // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 23–25. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/23-25.
10. Марченко А. В. Оценка потребительских свойств и перспективы увеличения объемов производства зерна ярового ячменя в Пермском крае // Московский экономический журнал. 2019. № 9. С. 225–230.
11. Посевные и урожайные качества семян в зависимости от фона питания в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / С. В. Зубарев, А. М. Ганиев, Р. И. Гараев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (37). С. 112–115.

12. Сури́н Н. А. Культура ячменя в Восточной Сибири // Вестник Красноярского государственного университета. 2017. № 4 (127). С. 52–65.

13. Шайтанов О. Л., Тагиров О. Л. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке. Казань: Фолиант, 2018. 64 с.

14. 3000 вопросов и ответов по кормопроизводству и животноводству: справочник / Ш. К. Шакиров, Н. Н. Хазипов, А. М. Лапотко [и др.]. Казань: Центр инновационных технологий, 2018. 280 с.

15. Dahleen L., Franckowiak J. D., Lundgvist U. Descriptions of barley genetic stocks for 2007 // Barley Genetics Newsletter. 2007. Vol. 37. P. 154–187.

References

1. Anisimova L. V., Vybornov A. A. Tekhnologicheskie svoystva zerna yachmenya pri pererabotke v krupu i muku // Polzunovskij vestnik. 2013. № 4-4. S. 151–155.

2. Blohin V. I., Ganieva I. S., Lanochkina M. A. Spravochnik tekhnologii vozdeleyvaniya yachmenya. Kazan': Akademiya nauk RT, 2020. 64 s.

3. Vysokoproduktivnyj zernofurazhnyj sort Endan / V. I. Blohin, I. S. Ganieva, I. M. Serzhanov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3 (54). S. 19–24.

4. Ganiev A. M., Serzhanov I. M., Shajhutdinov F. Sh. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan na formirovanie urozhajnosti zerna i kachestvo semyan yarovoj pshenicy v usloviyah Predkamskoj zony Respubliki Tatarstan // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 2 (50). S. 12–17.

5. Dinamika posevnyh ploschadej i urozhajnosti yarovogo yachmenya v RF / G. A. Filenko, T. I. Firsova, Yu. G. Skvorcova, E. G. Filippov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 5 (53). S. 20–25.

6. Zasuhostochivost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Predkam'ya Respubliki Tatarstan / V. I. Blohin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva [i dr.] // Vestnik

Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 3 (71). S. 4–11. DOI: 10.48012/1817-5457_2022_3_4-11.

7. Korma Respubliki Tatarstan: sostav, pitatel'nost', ispol'zovanie / L. P. Zaripova, F. S. Gibadullina, Sh. K. Shakirov [i dr.]. Kazan': Foliant, 2010. 220 s.

8. Levakova O. V. Variabel'nost' elementov struktury urozhaya yarovogo yachmenya v zavisimosti ot gidrotermicheskikh uslovij vegetacii. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23 (3. S. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333.

9. Levakova O. V., Eroshenko L. M. Vysokobelkovye sorta i perspektivnye linii yarovogo yachmenya // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 6. S. 23–25. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/23-25.

10. Marchenko A. V. Ocenka potrebitel'skikh svoystv i perspektivy uvelicheniya ob'emov proizvodstva zerna yarovogo yachmenya v Permskom krae // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. 2019. № 9. S. 225–230.

11. Posevnye i urozhajnye kachestva semyan v zavisimosti ot fona pitaniya v usloviyah Predkamskoj zony Respubliki Tatarstan / S. V. Zubarev, A. M. Ganiev, R. I. Garaev [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (37). S. 112–115.


12. Surin N. A. Kul'tura yachmenya v Vostochnoj Sibiri // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. № 4 (127). S. 52–65.

13. Shajtanov O. L., Tagirov O. L. Osnovnye tendencii izmeneniya klimata Tatarstana v XXI veke. Kazan': Foliant, 2018. 64 s.

14. 3000 voprosov i otvetov po kormoproizvodstvu i zhivotnovodstvu: spravochnik / Sh. K. Shakirov, N. N. Hazipov, A. M. Lapotko [i dr.]. Kazan': Centr innovacionnyh tekhnologij, 2018. 280 s.

15. Dahleen L., Franckowiak J. D., Lundgvist U. Descriptions of barley genetic stocks for 2007 // Barley Genetics Newsletter. 2007. Vol. 37. P. 154–187.

Сведения об авторах:

В. И. Блохин , кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-5604-0154>;

И. Ю. Никифорова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0003-4313-2401>;

И. С. Ганиева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-9925-0178>;

М. А. Ланочкина, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0001-5609-5529>;

Ю. В. Малафеева, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0001-7461-381X>;

Д. С. Дюрбин, младший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-7298-0699>

ТАТНИИСХ-ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, Россия, 420059

 bvikazan@bk.ru

Original article

HIGH-YIELDING VARIETY OF MULTI-ROW BARLEY TEVKECH FOR CULTIVATION FOR FEEDING PURPOSES

Vasily I. Blokhin[✉], Irina Yu. Nikiforova, Irina S. Ganieva, Marina A. Lanochkina, Yulia V. Malafeeva, Denis S. Durbin

TatSRIA FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

[✉]bvikazan@bk.ru

Abstract. *The peculiarities of yield formation and grain quality of the new variety Tevkech in comparison with the Raushan variety in the Pre-Kama region of the Republic of Tatarstan on gray forest medium loamy soil with humus content of 3.35...3.52 % were studied. The work was carried out from 2019 to 2022 in the nursery of competitive variety trials. The analysis of the research has shown that under different conditions of cultivation, the variety is characterized by increased productivity, the average grain yield was 3.02 t/ha, more than the standard by 0.41 t/ha. According to the general adaptive capacity, it provides a high index (GASi – 0.31, the standard – 0.04). It is characterized by high values of the realization of the potential productivity (RPP – 69.7 %, the standard – 67.9 %) and the best genotype for breeding value (CCGi – 1.58, the standard 1.47), combining high productivity with a stable yield. Gross yield of protein per unit area averaged 378.32 kg/ha, 22.4 kg higher than the standard. In 2022 the variety Tevkech was included in the State Register of breeding achievements approved for use in the Middle Volga (7), Volga-Vyatka (4) and Ural (9) regions of the Russian Federation. Patent № 1162.*

Key words: spring barley, variety, yield, protein, adaptability, stability.

For citation: Blokhin V. I., Nikiforova I. Yu., Ganieva I. S., Lanochkina M. A., Malafeeva Yu. V., Durbin D. S. High-yielding variety of multi-row barley Tevkech for cultivation for feeding purposes // *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 4(72): 12-20. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_12-20.

Authors:

V. I. Blokhin[✉], Candidate of Agricultural Sciences,

Leading Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-5604-0154>;

I. Yu. Nikiforova, Candidate of Agricultural Sciences,

Senior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0003-4313-2401>;

I. S. Ganieva, Candidate of Agricultural Sciences,

Senior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-9925-0178>;

M. A. Lanochkina, Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory,

<https://orcid.org/0000-0001-5609-5529>;

Yu. V. Malafeeva, Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory,

<https://orcid.org/0000-0001-7461-381X>;

D. S. Durbin, Junior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory,

<https://orcid.org/0000-0002-7298-0699>

TatSRIA FRC KazSC RAS (Tatar Scientific Research Institute of Agriculture –

Separate Structural Division of the Federal Research Center "Kazan Scientific Center"

of the Russian Academy of Sciences), 48 Orenburgsky Trakt St., Kazan, Russia, 420059

[✉]bvikazan@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.11.2022; одобрена после рецензирования 22.11.2022;

принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 14.11.2022; approved after reviewing 22.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 631.531.027.2

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_21-27

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН *VIGNA UNGUICULATA* SUBSP. *SESQUIPEDALIS*, *TRITICUM AESTIVUM* L. ОКСИДОМ КРЕМНИЯ

Леконцева Татьяна Германовна[✉], Федоров Александр Владимирович

УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск, Россия

[✉]t.lekontseva@yandex.ru

Аннотация. Недостаток кремния в растительном организме приводит к его замедленному росту, отставанию в развитии, поэтому исследования по влиянию данного элемента на растения актуальны. Цель работы – изучение влияния водного раствора оксида кремния на посевные качества семян растений. Оценку влияния оксида кремния на посевные качества семян проводили лабораторным методом согласно МУ 1.2.2635-10. В качестве индикаторов использовали семена фасоли спаржевой (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) сорта Матильда, пшеницы яровой (*Triticum aestivum* L.) сорта Свеча. Учитывали следующие показатели: энергию прорастания и всхожесть семян, количество, длину и массу подземных и надземных частей проростков. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову. Выявлена видоспецифическая реакция семян на обработку оксидом кремния. Лучшие результаты по морфометрическим параметрам проростков фасоли спаржевой и пшеницы яровой получены при обработке семян 0,0025 % раствором оксида кремния. По результатам исследований наиболее отзывчивыми на обработку оказались семена фасоли спаржевой. Исследованные концентрации по сравнению с контролем (дистиллированная вода) способствовали существенному увеличению средней длины корней. При 0,01 % концентрации данный показатель был больше на 30,6 мм, 0,005 % – на 30,7 мм, при 0,0025 % – на 48,8 мм соответственно ($HCP_{05} = 30,1$). Средняя масса корней была больше на 67,5 мг в варианте обработки семян 0,0025 % раствором оксида кремния ($HCP_{05} = 41,5$).

Ключевые слова: семена, энергия прорастания, всхожесть, фасоль спаржевая, пшеница яровая, раствор оксида кремния.

Для цитирования: Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Эффективность предпосевной обработки семян *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*, *Triticum aestivum* L. оксидом кремния // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 21-27. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_21-27.

Актуальность. Кремний довольно широко распространен в коре земного шара. Однако наблюдается несоответствие между распространением данного элемента в природе и имеющихся знаний о нем. Кремний является обязательным элементом тканей современных растений и животных. Он присутствует во всех пищевых продуктах растительного происхождения [10]. Соединения кремния являются обязательным компонентом любого растительного организма. В золе культурных растений содержание кремния колеблется в среднем от 0,16 % до 8,4 %. Максимальное количество кремния содержат злаковые культуры – 8–16 %, а растения риса – до 15–20 % [20].

Кремний в растительном организме выполняет множество функций, способствует лучшему росту и развитию, повышению урожайности, особую роль играет при стрессовых ситуациях. Отсутствие кремния в растении

приводит к замедленному росту, отставанию в развитии. Это единственный элемент питания, который не нарушает состояние растений при его избытке [17].

Исследования по влиянию данного элемента на растения актуальны, остается много неизученного.

Цель исследования – изучение влияния водного раствора оксида кремния на посевные качества семян растений.

Условия, материалы и методы. Оценку влияния раствора оксида кремния на посевные качества семян проводили лабораторным методом согласно МУ 1.2.2635-10.

Энергию прорастания и всхожесть семян исследуемых культур оценивали соответственно на 4-е и 7-е сутки опыта. Также оценивали морфометрические параметры проростков: у фасоли спаржевой – среднюю длину и массу корней, у пшеницы яровой – среднюю

длину и массу побега, среднюю длину, количество и массу корней.

Водный раствор оксида кремния для исследований был предоставлен Отделом физики и химии наноматериалов Физико-технического института УдмФИЦ УрО РАН.

Схема опыта: 1) вода дистиллированная (контроль); 2) $\text{SiO}_2 - 0,0025 \%$; 3) $\text{SiO}_2 - 0,005 \%$; 4) $\text{SiO}_2 - 0,01 \%$. Данная схема была изучена на семенах двух видов культур: фасоли спаржевой (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) сорта Матильда и пшеницы яровой (*Triticum aestivum* L.) сорта Свеча, соответствующих ГОСТ 7758-75 и ГОСТ 9353-2016.

Статистический анализ данных проводили дисперсионным методом по Б. А. Доспехову (1985) [5].

Результаты исследований. Кремний – обязательный элемент растений [9]. Он выполняет множество функций в растительном организме:

- оказывает существенное влияние на их рост и развитие, способствует повышению урожайности и улучшению качества получаемой продукции;

- придает механическую прочность клеточным стенкам;

- в оптимальных дозах способствует лучшему усвоению таких элементов питания, как азот, фосфор, бор и ряда других элементов;

- обеспечивает защиту растений от высоких токсичных доз тяжелых металлов;

- при оптимизации содержания кремния повышается эффективность фотосинтеза и активность корневой системы.

Невозможно оценить роль кремния, которую он играет для повышения устойчивости растений к стрессам биотического и абиотического характера [2, 11, 15, 21, 24]. Такой же точки зрения придерживаются и другие ученые, которые считают, что основной функцией кремния является формирование и поддержка природной защиты растений от загрязнения, болезней, насекомых-вредителей, заморозков, нехватки воды и элементов питания и других неблагоприятных факторов окружающей среды. Японские и канадские исследователи доказали, что иммуномодулирующая функция кремния у растений заложена на генетическом уровне [13, 14, 22, 23, 25].

Повышенная устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам основана на том, что кремний находится в растении в виде силикагеля. Как отмечает М. П. Колесников, растения поглощают кремний

из почвенного раствора в виде ионов (SiO_3^{2-}) и (SiO_4^{4-}), а также в виде собственно монокремниевых кислот (H_2SiO_3 и H_4SiO_4), которые впоследствии в клеточном соке превращаются в кремнегель $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ [10].

Водорастворимые формы кремния получают широкое применение как в России, так и в зарубежных странах. Это обусловлено их высокой усвояемостью растениями, несложным способом применения и низкой себестоимостью. Считается, что они не так токсичны для животных и не летучи. Способы применения могут быть разные: можно использовать для обработки семенного материала и некорневых подкормок во время вегетационного периода. Предпосевная обработка семян оказывает положительное влияние с первых этапов их развития [7, 12, 17, 19].

Применение препарата «Силактив» (содержание кремния 72 %) позволяет повысить урожайность риса до 16 % [1].

Посевные качества – это совокупность признаков и свойств, характеризующих пригодность семян для посева. Показатель энергии прорастания семян свидетельствует о дружности их прорастания, показатель всхожести – о количестве семян, давших нормальные проростки в оптимальных условиях. Чем выше данные показатели, тем лучше качество семян. Обработка стимулирующими веществами призвана увеличить качество семенного материала для последующего повышения урожайности культур.

По результатам исследований все изучаемые концентрации оксида кремния по сравнению с контролем способствовали существенному увеличению средней длины корней проростков фасоли (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Влияние оксида кремния на посевные качества семян фасоли спаржевой сорта Матильда, 2020 г.

Вариант обработки	Морфометрические параметры			
	энергия прорастания, %	всхожесть, %	средняя длина корней, мм	масса корней, мг
Вода (к)	71,0	97,7	49,7	83,0
SiO_2 0,0025 %	84,7	100,0	98,5	150,5
SiO_2 0,005 %	70,7	100,0	80,4	105,6
SiO_2 0,01 %	69,7	100,0	80,3	119,7
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	30,1	41,5

При 0,01 % концентрации данный показатель был больше на 30,6 мм, 0,005 % – на 30,7 мм, при 0,0025 % – на 48,8 мм ($HCP_{05} = 30,1$). Средняя масса корней была существенно больше в варианте опыта с 0,0025 % раствором оксида кремния (на 67,5 мг при $HCP_{05} = 41,5$).

При визуальной оценке наилучшее развитие корней было отмечено в варианте обработки семян 0,0025 % раствором кремния. Главный корень был толстый, с желтоватым оттенком, с наличием множества длинных боковых корней.

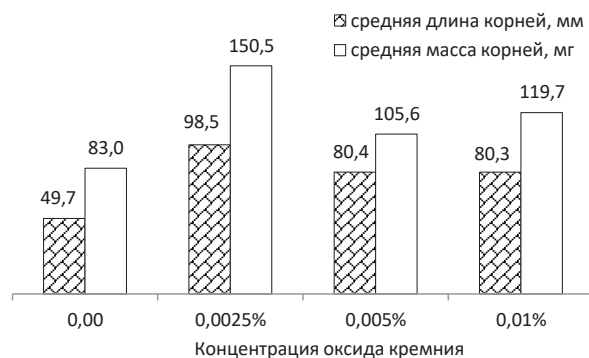


Рисунок 1 – Влияние оксида кремния на развитие первичных корешков семян фасоли спаржевой сорта Матильда, 2020 г.

Таким образом, все концентрации оксида кремния оказали стимулирующее влияние на развитие зародышевых корней семян фасоли. Наибольший эффект оказал 0,0025 % раствор, при обработке которым выявлена существенно большая длина (на 48,8 мм) и масса корней (на 67,5 мг) по сравнению с контролем ($HCP_{05} = 30,1$ и 41,5 соответственно).

По результатам многочисленных исследований, концентрации растворов кремния и способы применения, которые оказывают стимулирующее действие, разные. Отмечен положительный эффект на посевные качества семян риса и фотосинтетическую деятельность растений при предпосевной обработке 0,75 % рас-

твором кремния и 0,5 % при некорневом применении [8]. Положительный эффект выявлен на проростках семян гороха посевного сахарного (сорт Альфа), кукурузы сахарной (сорт Фаворит) и огурца (сорт Изящный) при обработке аморфным диоксидом кремния в дозе 50 мг/л. Использование кремнезоля с концентрацией 2 г/л для предпосевной обработки семян моркови сорта Лосиноостровская и рассады томатов Виноградная гроздь приводило к увеличению урожайности в 1,2 и 2,0 раза соответственно. Положительное влияние оказало применение аморфного диоксида кремния «Ковелос» на урожайность, физиологические и морфометрические показатели картофеля сорта Жуковский ранний [3]. Рекомендовано внесение кремния в состав гидропонного раствора на постоянной основе. По словам Джозефа Р. Чидьяка, кремний добавляют в состав раствора в количестве не более 50 ppm. Данная концентрация вещества оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, их устойчивость к болезням [6].

Кремний относится к важным элементам, входящих в минеральный состав коронарных клеток корневого чехлика и выделяемых корневыми волосками слизей. Поэтому улучшение кремниевого питания растений приводит к увеличению биомассы корней, их объема, общей и рабочей адсорбирующей поверхности. Также применение кремнийсодержащих удобрений улучшает газообмен корневой системы [20].

Дисперсионный анализ морфометрических параметров проростков пшеницы (средняя длина и масса побега, средняя длина, количество и масса корней) между вариантами опыта отличий не выявил. Однако энергия прорастания семян при обработке 0,005 и 0,01 % растворами оксида кремния существенно снизилась и составила 80,0 % и 59,5 %, что меньше по сравнению с контролем соответственно на 25,5 % и 27,4 % (при $HCP_{05} = 3,9$, табл. 2).

Таблица 2 – Влияние оксида кремния на посевные качества семян пшеницы яровой сорта Свеча, 2020 г.

Вариант обработки	Морфометрические параметры					
	энергия прораст., %	всхожесть, %	средняя длина побегов, мм	средняя масса побегов, мг	средняя длина корней, мм	средняя масса корней, мг
Вода (κ)	85,0	92,7	61,6	55,2	61,4	48,4
SiO ₂ 0,0025 %	85,3	93,0	83,3	63,9	80,9	76,1
SiO ₂ 0,005 %	80,0	83,0	72,7	60,8	66,9	49,9
SiO ₂ 0,01 %	59,5	65,3	72,4	57,0	58,0	58,1
HCP_{05}	3,9	6,6	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Также уменьшился показатель всхожести семян. В контроле всхожесть семян была 92,7 %, при использовании 0,005 % исследуемого раствора всхожесть снизилась до 83,0 %, при 0,01 % – до 65,3 % ($НСР_{05} = 6,6$). Таким образом, согласно МУ 1.2.2535-10, концентрация SiO_2 0,005 и 0,01 % является токсичной и способствует снижению энергии прорастания и всхожести семян пшеницы.

Злаковые культуры менее отзывчивы на действие аморфного диоксида кремния, а семена овощных и бобовых культур – в большей степени [4]. По другим данным, достаточно высокая эффективность предпосевной обработки семян и вегетирующих растений Эксi, Мивал-Агро, диатомитом и использования полного минерального удобрения получена в технологии возделывания яровой пшеницы сорта Маргарита [16]. Способ применения кремния также имеет большое значение. При корневом применении кремнийсодержащих растворов усваивается 1–5 %, тогда как при некорневом – 30–40 % [13]. Опрыскивание проростков пшеницы оказалось лучшим вариантом по сравнению с замачиванием семян, которое выражалось в достоверном увеличении длины проростка [18].

Выводы. Таким образом, отмечена видоспецифичная реакция семян двух видов растений на предпосевную обработку раствором оксида кремния. Наиболее отзывчивыми оказались семена фасоли спаржевой. Все концентрации SiO_2 по сравнению с дистиллированной водой способствовали существенному увеличению средней длины корней фасоли спаржевой. При 0,01 % концентрации данный показатель был больше на 30,6 мм, при 0,005 % – на 30,7 мм и при 0,0025 % – на 48,8 мм ($НСР_{05} = 30,1$). Средняя масса корней была больше в варианте обработки семян 0,0025 % раствором оксида кремния (на 67,5 мг при $НСР_{05} = 41,5$).

Обработка семян пшеницы яровой 0,005 и 0,01 % растворами оксида кремния способствовала существенному снижению энергии прорастания и всхожести. Энергия прорастания по сравнению с контролем снизилась на 25,5 и 27,4 % ($НСР_{05} = 3,9$), всхожесть – на 9,7 и 27,4 % ($НСР_{05} = 6,6$). По морфометрическим параметрам проростков пшеницы в зависимости от концентрации используемого раствора оксида кремния отличий не выявлено.

Список источников

1. Барчукова А. Я., Бондарчук Е. Ю., Чернышева Н. В. Урожайность риса в зависимости от приме-

нения в технологии его возделывания агрохимиката Силактив // Энтузиасты аграрной науки: сб. ст. по материалам Междунар. конф., посвященной советскому и российскому организатору сельского хозяйства, академику ВАСХНИЛ и РАН, герою Социалистического Труда Трубилину Ивану Тимофеевичу; А. Х. Шеуджен (науч. ред.). 2016. С. 125–129.

2. Безручко Е. В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40–46.

3. Влияние аморфного диоксида кремния «Ковелос» на урожайность, морфометрические и физиологические показатели овощных культур / А. В. Немцова, А. В. Харин, И. А. Разлуга, Т. П. Выхорь // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 2 (88). С. 95–100.

4. Влияние аморфного диоксида кремния на ростовые и биохимические показатели культурных растений на ранних стадиях онтогенеза / Л. Н. Анищенко, Е. В. Борздыко, В. В. Москаленко [и др.] // Успехи современного естествознания. 2017. № 3. С. 40–45.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985. 351 с.

6. Загадочный помощник: кремний и его влияние на жизнь растений [Электронный ресурс]. URL: <https://agro-exim.com/ru/news/zagadochnyj-pomoshnik-kremnij-i-ego-vliyanie-na-zhizn-rastenij/> (дата обращения 20.07.2022).

7. Зейслер Н. А. Влияние силатранов на прорастание семян хлебных злаков // Интеллектуальный потенциал XXI: ступени познания. 2016. № 31. С. 6–10.

8. Кемечева М. Х. Роль кремниевых удобрений в повышении продуктивности риса на луговых почвах левобережья р. Кубань: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Кубан. гос. аграр. ун-т. Краснодар, 2003. 21 с.

9. Козлов А. В., Куликова А. Х., Яшин Е. А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах // Вестник Мининского университета. 2015. № 2 (10). С. 23.

10. Колесников М. П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. 2001. № 41. С. 301–332.

11. Крамарев С. М., Полянчиков С. П., Ковбель А. И. Кремний и защита растений от стресса: теория, практика, перспективы [Электронный ресурс]. URL: http://quantum.ua/articles/art_06.pdf. (дата обращения 06.06.2022).

12. Ложникова В. Н., Сластия И. В. Рост растений ярового ячменя и активность эндогенных фитогормонов под действием кремния // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 3. С. 102–107.

13. Матыченков В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва–растение: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Пушино, 2008. 34 с.

14. Матыченков В., Бочарникова Е., Ходырев В. Кремний питает растения // Наука и жизнь. 2015. № 8. С. 28–31.

15. Применение кремнийсодержащих препаратов в растениеводстве России / В. Н. Петриченко, С. В. Логинов, О. С. Туркина, С. Ю. Солдатова // Вестник РАЕН. 2019. Т. 19. № 4. С. 70–86.

16. Продуктивность и биоэнергетическая эффективность технологий возделывания яровой пшеницы в зависимости от применения кремнийсодержащих препаратов, диатомита и минерального удобрения / В. С. Смывалов, А. В. Карпов, А. Х. Куликова [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 4 (16). С. 67–73.

17. Самсонова Н. Е. Кремний в растительных и животных организмах. Агрохимия. 2019. № 1. С. 86–96.

18. Смирнова Ю. Д., Рабинович Г. Ю. Исследование влияния кремния на биометрию проростков яровой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 50–53.

19. Смывалов В. С. Эффективность кремнийсодержащих материалов при возделывании яровой пшеницы и ячменя в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Ульяновский гос. аграр. ун-т им. П. А. Столыпина. Усть-Кинельский, 2017. 20 с.

20. Физиологическое значение кремния в онтогенезе культурных растений и при их защите от фитопатогенов / А. В. Козлов, И. П. Уромова, Е. А. Фролов, К. Ю. Мозолева // Вестник Мининского университета. 2015. № 1. С. 39.

21. Эффективность соединений кремния при обработке семян и растений кукурузы (*Zea mays* L.) / Н. Е. Самсонова, Ю. В. Козлов, Э. Ф. Зайцева, И. А. Шупинская // Агрохимия. 2017. № 1. С. 12–18.

22. Application of Sodium Silicate Enhances Cucumber Resistance to Fusarium Wilt and Alters Soil Microbial Communities / X. Zhou, Y. Shen, X. Fu [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. Pp. 624.

23. Kaushik P., Saini D. Silicon as a Vegetable Crops Modulator – A Review // Plants. 2019. V. 8. № 6. Pp. 148.

24. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives / M. Luyckx, J. F. Hausman, S. Lutts, G. Guerriero // Front. Plant Sci. 2017. 8. P. 411.

25. Silicon-mediated maize resistance to macrospora leaf spot / C. Hawerth, L. Araujo, M. Bermudez-Cardona [et al.] // The journal of Tropical Plant Pathology. 2018. V. 44. Pp. 192–196.

26. The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium / Y. Alzahrani, A. Kuşvuranb, H. F. Alharbya [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety; 2018; 154: 187–196.

References

1. Barchukova A. Ya., Bondarchuk E. Yu., Chernysheva N. V. Urozhajnost' risa v zavisimosti ot primeneniya v tekhnologii ego vzdelyvaniya agrohimikey Silaktiv // Entuziasty agrarnoy nauki: sb. st. po materialam Mezhdunar. konf., posvyashchennoj sovetskomu i ros-

sijskomu organizatoru sel'skogo hozyajstva, akademiku VASKHNIL i RAN, geroyu Socialisticheskogo Truda Trubilinu Ivanu Timofeevichu; A. H. Sheudzhen (nauch. red.). 2016. S. 125–129.

2. Bezruchko E. V. Kremnij – nedoocenennyj element pitaniya rastenij // Zemledelie. 2020. № 4. S. 40–46.

3. Vliyanie amorfnogo dioksida kremniya «Kovelos» na urozhajnost', morfometricheskie i fiziologicheskie pokazateli ovoshchnyh kul'tur / A. V. Nemcova, A. V. Harin, I. A. Razlugo, T. P. Vyhor // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2019. T. 21. № 2 (88). S. 95–100.

4. Vliyanie amorfnogo dioksida kremniya na rostovye i biohimicheskie pokazateli kul'turnyh rastenij na rannih stadiyah ontogeneza / L. N. Anishchenko, E. V. Borzdyko, V. V. Moskalenko [i dr.] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 3. S. 40–45.

5. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta. Moskva: Kolos, 1985. 351 s.

6. Zagadochnyj pomoshchnik: kremnij i ego vliyanie na zhizn' rastenij [Elektronnyj resurs]. URL: <https://agro-exim.com/ru/news/zagadochnyj-pomoshnik-kremnij-i-ego-vliyanie-na-zhizn-rastenij/> (data obrashcheniya 20.07.2022).

7. Zejsler N. A. Vliyanie silatranov na prorstanie semyan hlebnih zlakov // Intel'ktual'nyj potencial XXI: stupeni poznaniya. 2016. № 31. S. 6–10.

8. Kemecheva M. H. Rol' kremnievych udobrenij v povyshenii produktivnosti risa na lugovyh pochvah levoberezh'ya r. Kuban': avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.04 / Kuban. gos. agrar. un-t. Krasnodar, 2003. 21 s.

9. Kozlov A. V., Kulikova A. H., Yashin E. A. Rol' i znachenie kremniya i kremnijsoderzhashchih veshchestv v agroekosistemah // Vestnik Mininskogo universiteta. 2015. № 2 (10). S. 23.

10. Kolesnikov M. P. Formy kremniya v rasteniyah // Uspekhi biologicheskoy himii. 2001. № 41. S. 301–332.

11. Kramarev S. M., Polyanchikov S. P., Kovbel' A. I. Kremnij i zashchita rastenij ot stressa: teoriya, praktika, perspektivy [Elektronnyj resurs]. URL: http://quantum.ua/articles/art_06.pdf. (data obrashcheniya 06.06.2022).

12. Lozhnikova V. N., Slastya I. V. Rost rastenij yarovogo yachmenya i aktivnost' endogennyh fitogormonov pod dejstviem kremniya // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2010. № 3. S. 102–107.

13. Matychenkov V. V. Rol' podviznyh soedinenij kremniya v rasteniyah i sisteme pochva–rastenie: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. Pushchino, 2008. 34 s.

14. Matychenkov V., Bocharnikova E., Hodyrev V. Kremnij pitaet rasteniya // Nauka i zhizn'. 2015. № 8. S. 28–31.

15. Primenenie kremnijsoderzhashchih preparatov v rastenievodstve Rossii / V. N. Petrichenko, S. V. Loginov, O. S. Turkina, S. Yu. Soldatova // Vestnik RAEN. 2019. T. 19. № 4. S. 70–86.

16. Produktivnost' i bioenergeticheskaya effektivnost' tekhnologij vzdelyvaniya yarovoj pshenicy v zavisimos-

ti ot primeneniya kremnij sodержashchih preparatov, diatomita i mineral'nogo udobreniya / V. S. Smyvalov, A. V. Karpov, A. H. Kulikova [i dr.] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2017. № 4 (16). S. 67–73.

17. Samsonova N. E. Kremnij v rastitel'nyh i zhivotnyh organizmah. Agrohimiya. 2019. № 1. S. 86–96.

18. Smirnova Yu. D., Rabinovich G. Yu. Issledovanie vliyaniya kremniya na biometriyu prorostrkov yarovoj pshenicy // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2021. № 11. S. 50–53.

19. Smyvalov V. S. Effektivnost' kremnijsoderzhashchih materialov pri vozdeleyvanii yarovoj pshenicy i yachmenya v usloviyah Srednego Povolzh'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.04 / Ulyanovskij gos. agrar. un-t im. P. A. Stolypina. Ust'-Kinel'skij, 2017. 20 s.

20. Fiziologicheskoe znachenie kremniya v ontogeneze kul'turnyh rastenij i pri ih zashchite ot fitopatogenov / A. V. Kozlov, I. P. Uromova, E. A. Frolov, K. Yu. Mozolova // Vestnik Mininskogo universiteta. 2015. № 1. S. 39.

21. Effektivnost' soedinenij kremniya pri obrabotke semyan i rastenij kukuruzy (*Zea mays* L.) / N. E. Sam-

sonova, Yu. V. Kozlov, Z. F. Zajceva, I. A. Shupinskaya // Agrohimiya. 2017. № 1. S. 12–18.

22. Application of Sodium Silicate Enhances Cucumber Resistance to Fusarium Wilt and Alters Soil Microbial Communities / X. Zhou, Y. Shen, X. Fu [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. Pp. 624.


23. Kaushik P., Saini D. Silicon as a Vegetable Crops Modulator – A Review // Plants. 2019. V. 8. № 6. Pp. 148.

24. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives / M. Luyckx, J. F. Hausman, S. Lutts, G. Guerriero // Front. Plant Sci. 2017. 8. P. 411.

25. Silicon-mediated maize resistance to macrospora leaf spot / S. Hawerth, L. Araujo, M. Bermudez-Cardona [et al.] // The journal of Tropical Plant Pathology. 2018. V. 44. Pp. 192–196.


26. The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium / Y. Alzahrani, A. Kuşvuranb, H. F. Alharbya [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety; 2018; 154: 187–196.

Сведения об авторах:

Т. Г. Леконцева , научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, <https://orcid.org/0000-0002-6659-0504>;

А. В. Федоров, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, <https://orcid.org/0000-0003-2759-2037>

УдмФИЦ УрО РАН, ул. Т. Барамзиной, 34, Ижевск, Россия, 426067

t.lekontseva@yandex.ru

Original article

EFFICIENCY OF PRE-SOWING SEED TREATMENT OF *VIGNA UNGUICULATA* SUBSP. *SESQUIPEDALIS*, *TRITICUM AESTIVUM* L. WITH SILICON OXIDE

Tatiana G. Lekontseva , **Aleksandr V. Fedorov**

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS, Izhevsk, Russia


t.lekontseva@yandex.ru

Abstract. The lack of silicon in the plant body leads to its slow growth, development delay, therefore, studies on the effect of this element on plants are relevant. The purpose of the work is to study the effect of an aqueous solution of silicon oxide on the sowing qualities of plant seeds. The assessment of the effect of silicon oxide on the sowing qualities of seeds was carried out by the laboratory method according to MU 1.2.2635-10. Seeds of asparagus beans (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) cv. Matilda and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Svecha were used as indicators. The following indicators were taken into account: the energy of germination and germinating ability of seeds, the number, length and weight of the underground and aboveground parts of the seedlings. Statistical data processing was carried out by the dispersion method according to B. A. Dospikhov. The species-specific reaction of seeds to the treatment with silicon oxide was revealed. The best results in terms of morphometric parameters of seedlings of asparagus bean and spring wheat were obtained when seeds were treated with a 0.0025 % solution of silicon oxide. According to the research results, asparagus bean seeds turned out to be the most responsive to processing. The studied concentrations compared with the control (distilled water) contributed to a significant increase in the average length of the roots. At 0.01 % concentration, this indicator was higher by 30.6 mm, 0.005 % by 30.7 mm, at 0.0025 % by 48.8 mm, respectively ($LSD_{05} = 30.1$). The average weight of the roots was more by 67.5 mg in the treatment of seeds with 0.0025 % solution of silicon oxide ($LSD_{05} = 41.5$).

Key words: seeds; germination energy; germinating ability; asparagus bean; spring wheat; silicon oxide solution.

For citation: Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Efficiency of pre-sowing seed treatment of *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*, *Triticum aestivum* L. with silicon oxide. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 4 (72): 21-27. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_21-27.

Authors:

T. G. Lekontseva , Scientist Researcher of Department of Introduction and Acclimatization of Plants, <https://orcid.org/0000-0002-6659-0504>;

A. V. Fedorov, Doctor of Agricultural Sciences, Main Researcher of Department of Introduction and Acclimatization of Plants, <https://orcid.org/0000-0003-2759-2037>

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS, 34 T. Baramzinoj St., Izhevsk, Russia, 426067

 t.lekontseva@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; одобрена после рецензирования 18.11.2022; принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 07.11.2022; approved after reviewing 18.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 634.1+634.7(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_27-33

СОСТОЯНИЕ ПЛОДОВОДСТВА И ЯГОДОВОДСТВА В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Ленточкин Александр Михайлович , Никитина Анна Викторовна

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

 agroploid@izhgsha.ru

Аннотация. Производство плодово-ягодной продукции в Российской Федерации в 2020 г. составило 25 кг на душу населения. Это значительно меньше потребности, которая определяется медицинскими нормами как 100 кг в год на душу населения. Поэтому поставлена задача доведения уровня самообеспечения плодово-ягодной продукцией в стране минимум до 60 %. В решении этой непростой задачи ставку следует делать не только на традиционные зоны товарного плодоводства – юг и юго-запад Российской Федерации, но и на другие регионы, в т. ч. Удмуртскую Республику, где природно-климатические условия позволяют выращивать многие ягодные культуры и менее требовательные сорта плодовых культур. Целью исследования являлся анализ состояния и оценка динамики производства фруктов и ягод. Используя методы систематизации, сравнения и анализа статистических данных, было выявлено, что в настоящее время в Удмуртской Республике производится плодово-ягодной продукции только 13,2 кг на душу населения, что практически в два раза меньше, чем в среднем по России, и меньше, чем в соседних регионах. От площади плодовых и ягодных культур на хозяйства населения приходится 95 %, а на сельскохозяйственные организации – около 0 %. Это свидетельствует о преимущественном выращивании плодов и ягод для личного потребления, а не на товарные цели. Отсутствие реальной заинтересованности сельскохозяйственных организаций в коммерческом производстве плодово-ягодной продукции не способствует применению современного посадочного материала, освоению интенсивных технологий, увеличению урожайности и объема производства этой биологически ценной продукции. В результате площадь насаждений основных групп плодово-ягодных культур в Удмуртской Республике не увеличивается, а продолжает снижаться.

Ключевые слова: плодоводство, ягодоводство, продовольственная безопасность, импортозамещение.

Для цитирования: Ленточкин А. М., Никитина А. В. Состояние плодоводства и ягодоводства в Удмуртской Республике // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 27-33. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_27-33.

Актуальность. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности, уровень самообеспечения фруктами и ягодами должен быть не менее 60 % [1]. Выполнение поставленной задачи по импортозамещению может быть решено за счет увеличения объемов их производства, в том числе путем расширения площадей насаждений [6]. В мире, в том числе в странах Западной и Южной Европы, происходит увеличение площадей, занимаемых ягодными культурами, и увеличение валовых сборов плодов и ягод за счет использования современных сортов и интенсивных технологий их выращивания [10, 11]. В настоящее время Российская Федерация продолжает оставаться крупным импортером плодовой и ягодной продукции. При этом природно-климатические условия многих регионов нашей страны позволяют существенно увеличить площади и существующую урожайность плодовых и ягодных насаждений. Этому способствует глобальное потепление, которое приводит к улучшению условий выращивания культур на территориях, которые ранее характеризовались недостаточно высокой температурой и коротким вегетационным периодом [12].

Целью исследования являлся анализ состояния и оценка динамики производства фруктов и ягод.

Материал и методы. В ходе выполнения исследований были использованы методы систематизации, сравнения и анализа статистических данных. Основными источниками получения информации были данные Госкомстата, Евростата, научные публикации отечественных и зарубежных ученых по вопросам плодоводства и ягодоводства.

Результаты исследования. Территория Российской Федерации охватывает различные почвенно-климатические зоны. Традиционными зонами промышленного садоводства являются относительно небольшие территории на юге и юго-западе страны, на которые возлагается основная роль по увеличению объемов производства плодово-ягодной продукции. В то же время имеется значительная часть страны, где также возможно выращивание как ягодной, так и менее требовательных к условиям произрастания сортов плодовой продукции, что может внести определенный вклад в решение государственной задачи по самообеспечению биологически особо ценной растительной продукцией.

В России в 2018 г. произвели плодово-ягодной продукции 4,0 млн т, что составило

0,45 % от уровня мирового объема. В расчете на одного среднестатистического россиянина приходилось всего 27 кг произведенных фруктов и ягод, тогда как в соответствии с рекомендуемыми рациональными нормами Минздрава потребление этой продукции должно составлять 100 кг [5]. Получается, в настоящее время в нашей стране производится плодово-ягодной продукции чуть более одной четверти от потребности. Это один из самых низких показателей в мире.

Производство плодов и ягод в Удмуртской Республике и в соседних регионах в 2020 г. характеризовалось следующим образом (табл. 1).

Таблица 1 – Валовые сборы плодов и ягод в хозяйствах всех категорий в 2020 г., тыс. т [4]

Регион	Всего, тыс. т	Доля, %	Население, млн чел.	Произведено на душу населения, кг
Российская Федерация	3661,4	100	146,2	25,0
Удмуртская Республика	19,7	0,54	1,49	13,2
Пермский край	39,4	1,08	2,58	15,3
Кировская область	26,5	0,72	1,25	21,2
Свердловская область	67,6	1,85	4,29	15,8

Так, на территории Удмуртской Республики плодово-ягодной продукции было выращено 19,7 тыс. т – это самый низкий объем производства по сравнению с соседними регионами: в Кировской области было произведено 26,5 тыс. т, в Пермском крае – 39,4 тыс. т, в Свердловской области – 67,6 тыс. т. По рассматриваемому показателю в Российской Федерации Удмуртская Республика занимала 41-е место, Кировская область – 37-е, Пермский край – 26-е, Свердловская область – 14-е место. При этом нужно учесть, что значительная территория соседних с Удмуртией регионов простирается далеко на север, где сумма активных температур не позволяет выращивать плодовые культуры. Это подтверждает тот факт, что условия Удмуртской Республики позволяют, как минимум, поднять показатели производства плодов и ягод до уровня соседних регионов.

Производство плодово-ягодной продукции в 2020 г. в Российской Федерации в расчете

на душу населения составило 25 кг. Близкое к этому значение было получено в Кировской области – 21,2 кг, в Удмуртской Республике и соседних с ней других регионах – существенно ниже: Удмуртская Республика – 13,2 кг, Пермский край – 15,3 кг, Свердловская область – 15,8 кг. Очевидно, что в отмеченных регионах имеются резервы увеличения валовых сборов фруктов и ягод.

Динамика площадей основных групп плодово-ягодных культур в Удмуртской Республике за 1960–2021 гг. представлена на рисунке 1.

Анализ данных показывает, что наибольшую площадь плодово-ягодные культуры занимали в 1970 г. – 5193 га, а к 2021 г. этот показатель снизился до 3174 га, или на 39 %. Наибольшее снижение площади насаждений (на 77 %) наблюдается по семечковым культурам: 1965 г. – 3910 га, 2021 г. – 898 га. Площади ягодных и косточковых культур по сравнению с 1960 г. увеличились к 2021 г. соответственно на 54 и 274 %.

По административным районам Удмуртской Республики размещение плодово-ягодных культур было представлено следующим образом (табл. 2).

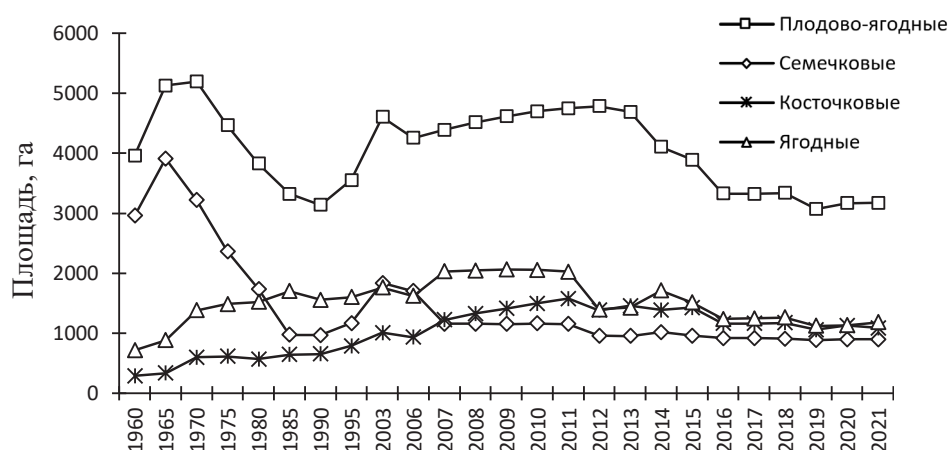


Рисунок 1 – Динамика площадей основных групп плодово-ягодных культур в Удмуртской Республике, га [2, 7]

Таблица 2 – Площадь плодово-ягодных насаждений в хозяйствах всех категорий и численность населения в Удмуртской Республике, 2021 г. [7]

Административный район	Площадь, га	Население, чел.	Площадь насаждений на 1 чел., м ²
Алнашский	60	17 978	33,4
Балезинский	57	29 263	19,5
Вавожский	43	14 810	29,0
Воткинский	446	24 491	182,1
Глазовский	186	14 870	125,1
Граховский	19	7598	25,0
Дебесский	43	11 520	37,3
Завьяловский	880	80 665	109,1
Игринский	97	35 151	27,6
Камбарский	32	16 239	19,7
Каракулинский	103	10 028	102,7
Кезский	62	19 215	32,3
Кизнерский	41	16 857	24,3
Киясовский	34	8717	39,0
Красногорский	25	8364	29,9
Малопургинский	154	33 183	46,4
Можгинский	175	25 152	69,6
Сарапульский	133	23 449	56,7
Селтинский	36	9707	37,1
Сюмсинский	22	11 426	19,3
Увинский	88	37 662	23,4

Окончание таблицы 2

Административный район	Площадь, га	Население, чел.	Площадь насаждений на 1 чел., м ²
Шарканский	60	17 890	33,5
Юкаменский	16	7854	20,4
Якшур-Бодьинский	62	20 282	30,6
Ярский	43	12 431	34,6
г. Ижевск	225	646 468	3,5
г. Глазов	34	91 921	3,7

Наибольшие площади плодово-ягодных культур приходились на Завьяловский (880 га), Воткинский (446 га), Глазовский (186 га), Можгинский (175 га), Малопургинский (154 га), Сарапульский (133 га), Каракулинский (103 га) районы. Очевидна связь площадей плодово-ягодных культур с близлежащими городами, жители которых там имеют земельные участки. Наименьшая площадь плодово-ягодных насаждений отмечается в Юкаменском (16 га), Граховском (19 га), Сюмсинском (22 га), Красногорском (25 га) районах.

Проведенные расчеты показывают, что по России в 2021 г. (при численности населения 146,2 млн чел. и общей площади плодово-ягодных насаждений 463,3 тыс. га [8, 9]) в среднем на 1 человека площадь плодово-ягодных культур составляла около 32 м², в среднем по Удмуртской Республике – 21 м² [7]. Наибольшая площадь плодово-ягодных культур на 1 среднестатистического жителя Удмуртии приходилась в Воткинском (182 м²), Глазовском (125 м²), Завьяловском (109 м²), Каракулинском (103 м²) районах, а наименьшая – в Сюмсинском (19,3 м²), Базинском (19,5 м²), Камбарском (19,7 м²) районах; по населению городов Ижевска и Глазова удельная площадь составила соответственно 3,5 и 3,7 м².

Размещение плодово-ягодных культур в Удмуртской Республике по категориям хозяйств в 2021 г. было следующим: в хозяйствах населения – на площади 3 008 га (около 95 % от общей площади), в крестьянских (фермерских) хозяйствах и на полях индивидуальных предпринимателей – 162 га (около 5 %) и в сельскохозяйственных организациях – только 4 га (рис. 2).

Преимущественное размещение плодовых и ягодных культур в хозяйствах населения определяет, во-первых, назначение продукции для личного потребления, а не на товарное производство; во-вторых, их структуру, главной особенностью которой является разнообразие культур: ягоды (37 %), косточковые (34 %), семечковые (28 %), а также небольшие площади орехоплодных культур и виноградников (рис. 3).



Рисунок 2 – Распределение плодово-ягодных культур по категориям хозяйств Удмуртской Республики в 2021 г., га [7]



Рисунок 3 – Доля групп плодово-ягодных культур в Удмуртской Республике в 2021 г., га [7]

Климатические условия территории Удмуртской Республики обеспечивают в настоящее время сумму активных температур 2000 °С и более [2]. Это дает возможность выращивать не только многие ягодные, но и более требовательные плодовые культуры. Но выращиваются эти культуры преимущественно для личного потребления. Для увеличения объемов производства товарной продукции необходимо наличие выгоды и гарантированности этого производства, что в настоящее время отсутствует.

Выводы:

1. Состояние производства плодово-ягодной продукции в Удмуртской Республике остается весьма скромным: его объем в 2020 г. составил 19,7 тыс. т, или 0,54 % от показателей в Российской Федерации. На душу населения было произведено 13,2 кг, тогда как в Россий-

ской Федерации – 25 кг; в соседних регионах: Кировская область – 21,2 кг, Свердловская область – 15,8 кг, Пермский край – 15,3 кг.

2. За последние 10 лет (2012–2021 гг.) произошло снижение площади насаждений плодовых культур в Удмуртской Республике с 4780 до 3174 га (на 33,6 %), в т. ч. семечковых – с 958 до 898 га (на 6,4 %), косточковых – с 1383 до 1088 га (на 21,3 %) и ягодных культур – с 1395 до 1183 га (на 15,2 %).

3. Наибольшая доля площадей плодовых и ягодных культур в Удмуртской Республике сосредоточена в хозяйствах населения – 95 %, в то время как в сельскохозяйственных организациях – около 0 %. Расположение плодовых насаждений приурочено к крупным населенным пунктам и предназначено преимущественно для личного потребления. Реальные механизмы, стимулирующие производство товарной плодово-ягодной продукции, отсутствуют.

Список источников

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=343386&dst=1000000001%2C0#ZnLy5mSzDvBrd0rB> (дата обращения: 10.05.2022).

2. Ленточкин А. М., Бабайцева Т. А. Глобальное потепление и изменение условий ведения растениеводства в Среднем Предуралье // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. № 22 (6). С. 826–834. URL: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834> (дата обращения: 10.05.2022).

3. Ленточкин А. М., Бурдина А. М., Никитина А. В. История и современное состояние плодородия в Удмуртии // *Роль агрономической науки в оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию работы кафедры растениеводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в Удмуртии, 19–22 ноября 2019 г.* Ижевск: Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. С. 347–358.

4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021 [Электронный ресурс]: стат. сб. / Росстат. Москва, 2021. 1112 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2021.pdf (дата обращения: 02.05.2022).

5. Российская Федерация. М-во здравоохранения. Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания [Электронный ресурс]: приказ от 19 августа 2016 г. № 614 (ред. от 15.10.2019 № 887, от 01.12.2020 № 1276) // *Справочно-правовая система КонсультантПлюс*. URL: <https://goo.su/Czex> (дата обращения: 03.06.2022).

6. Технология и технические средства для интенсивного садоводства: аналит. обзор / Н. П. Мишуров [и др.]. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 96 с.

7. Федеральная служба государственной статистики. База данных показателей муниципальных образований. Удмуртская Республика. Сельское хозяйство. Площадь многолетних насаждений в хозяйствах всех категорий, Плодово-ягодные, га [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst94/DBInet.cgi> (дата обращения: 02.05.2022).

8. Федеральная служба государственной статистики. Информационно-аналитические материалы. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии): Площади, валовой сбор и урожайность многолетних насаждений в Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс] / Росстат. Москва, 2022. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/PLOD_2021.zip (дата обращения: 20.06.2022).

9. Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. Население. Демография. Численность населения [Электронный ресурс] / Росстат. Москва, 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 11.09.2022).

10. Eurostat. Data Browser. Apple and pear trees – Area by age and density classes (area in ha) [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ORCH_APPLES3__custom_2903333/default/table?lang=en (дата обращения: 13.06.2022).

11. Eurostat. Data Browser. Permanent crops for human consumption by area [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/APRO_CPSH1 (дата обращения: 13.06.2022).

12. Schultze S. R., Sabbatini P. & Luo, L. Effects of a warming trend on cool climate viticulture in Michigan, USA. *SpringerPlus* 5, 1119 (2016) [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2777-1> (дата обращения: 09.06.2022).

References

1. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=343386&dst=1000000001%2C0#ZnLy5mSzDvBrd0rB> (data obrashcheniya: 10.05.2022).

2. Lentochkin A. M., Babajceva T. A. Global'noe poteplenie i izmenenie uslovij vedeniya rastenievodstva v Srednem Predural'e // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22 (6). S. 826–834. URL: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834> (data obrashcheniya: 10.05.2022).

3. Lentochkin A. M., Burdina A. M., Nikitina A. V. Istoriya i sovremennoe sostoyanie plodovodstva v Udmurtii // *Rol' agronomicheskoy nauki v optimizacii tekhnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 65-letiyu raboty kafedry rastenievodstva FGBOU VO Izhevskaya GSKHA v Udmurtii, 19–22 noyabrya 2019 g.*

Izhevsk. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. S. 347–358.

4. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. 2021 [Elektronnyj resurs]: stat. sb. / Rosstat. Moskva, 2021. 1112 s. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2021.pdf (data obrashcheniya: 02.05.2022).

5. Rossijskaya Federaciya. M-vo zdavoohraneniya. Ob utverzhdenii rekomendacij po racional'nym normam potrebleniya pishchevyh produktov, otvechayushchih sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya [Elektronnyj resurs]: prikaz ot 19 avgusta 2016 g. № 614 (red. ot 15.10.2019 № 887, ot 01.12.2020 № 1276) // Spravochno-pravovaya sistema Konsul'tantPlyus. URL: <https://goo.su/Czex> (data obrashcheniya: 03.06.2022).

6. Tekhnologiya i tekhnicheskie sredstva dlya intensivnogo sadovodstva: analit. obzor / N. P. Mishurov [i dr.]. Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020. 96 s.

7. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Baza dannyh pokazatelej municipal'nyh obrazovanij. Udmurtskaya Respublika. Sel'skoe hozyajstvo. Ploshchad' mnogoletnih nasazhdenij v hozyajstvakh vsekh kategorij, Plodovo-yagodnye, ga [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst94/DBInet.cgi> (data obrashcheniya: 02.05.2022).

8. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Informacionno-analiticheskie materialy. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo hozyajstva (elektronnye versii): Ploshchadi, valovoj sbor i urozhajnost' mnogoletnih nasazhdenij v Rossijskoj Federacii v 2021 godu [Elektronnyj resurs] / Rosstat. Moskva, 2022. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/PLOD_2021.zip (data obrashcheniya: 20.06.2022).

9. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Oficial'naya statistika. Naselenie. Demografiya. Chislennost' naseleniya [Elektronnyj resurs] / Rosstat. Moskva, 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (data obrashcheniya: 11.09.2022).

10. Eurostat. Data Browser. Apple and pear trees – Area by age and density classes (area in ha) [Elektronnyj resurs]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ORCH_APPLES3__custom_2903333/default/table?lang=en (data obrashcheniya: 13.06.2022).

11. Eurostat. Data Browser. Permanent crops for human consumption by area [Elektronnyj resurs]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/APRO_CPSH1 (data obrashcheniya: 13.06.2022).

12. Schultze S. R., Sabbatini P. & Luo, L. Effects of a warming trend on cool climate viticulture in Michigan, USA. SpringerPlus 5, 1119 (2016) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2777-1> (data obrashcheniya: 09.06.2022).

Сведения об авторах:

А. М. Ленточкин [✉], доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-0256-489X>;

А. В. Никитина, ассистент, <https://orcid.org/0000-0002-5926-3804>

Удмуртский ГАУ, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033

[✉]agropload@izhgsha.ru

Original article

STATE OF FRUIT AND BERRY PRODUCTION IN THE UDMURT REPUBLIC

Alexandr M. Lentochkin [✉], **Anna V. Nikitina**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia


[✉]agropload@izhgsha.ru

Abstract. *The fruit and berry production averaged 25 kg per capita in the Russian Federation in 2020. This is significantly lower than the requirement defined by medical standards as 100 kg per capita per year. Therefore, the task was set to bring the level of self-sufficiency in fruit and berry production to at least 60 % in the Russian Federation. In solving this problem, we should count not only on the traditional zones of commercial fruit growing – the south and south-west of the Russian Federation, but also on other regions, including the Udmurt Republic, where natural and climatic conditions allow growing many berry crops and less fastidious varieties of fruit crops. The purpose of the study was to analyze the state of fruit and berry production and to evaluate its development. Using the methods of systematization, comparison and analysis of statistical data, it was revealed that at present only 13.2 kg of fruit and berry products per capita are produced in the Udmurt Republic, which is almost two times less than the average for Russia, and less than in neighboring regions. Households account for 95 % of the area of fruit and berry crops, and agricultural organizations – about 0 %. It is evidence that fruits and berries are cultivated primarily for personal consumption, and not for commercial purposes. The lack of real interest of agricultural organizations in the commercial production of fruit and berry products does not contribute to the use of modern planting material, the development of intensive technologies, an increase in yield and production of this biologically valuable product. As a result, the planting area of the main groups of fruit and berry crops in the Udmurt Republic does not increase but continues to decline.*

Key words: fruit production, berry production, food security, import substitution.

For citation: Lentochkin A. M., Nikitina A. V. State of fruit and berry production in the Udmurt Republic. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 4 (72): 27-33. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_27-33.

Authors:

A. M. Lentochkin , Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-0256-489X>;

A. V. Nikitina, assistant, <https://orcid.org/0000-0002-5926-3804>

Udmurt State Agricultural University, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033

 agropod@izhgsha.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; одобрена после рецензирования 18.11.2022;

принята к публикации 02.12.2022.


The article was submitted 07.11.2022; approved after reviewing 18.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 635.25:631.532.2.04

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_33-40

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЛУКА-РЕПКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ПОСАДКИ СЕВКА

Тутова Татьяна Николаевна , Иванова Татьяна Евгеньевна,
Несмелова Любовь Александровна, Соколова Елена Владимировна,
Андреева Юлия Олеговна

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

 toutova@udm.ru

Аннотация. В нашей стране районировано более 200 сортов и более 200 гибридов лука репчатого, но не все они хорошо приспособлены к условиям Удмуртии. Поэтому необходим поиск оптимального срока посадки севка и подбор сортов лука репчатого для получения высокой продуктивности в климатических условиях республики. Цель исследования: изучение влияния сроков посадки севка на продуктивность сортов лука репчатого. При анализе результатов исследований применяли методы сравнения. В 2020 и 2022 гг. в условиях Можгинского района Удмуртской Республики были заложены и проведены исследования по выращиванию сортов лука репчатого при разных сроках посадки севка. Схема опыта: фактор А (сорт): Штуттгартер Ризен (St), Геркулес; фактор В (срок посадки севка): ранневесенний, 5 суток (контроль), 10 суток от ранневесеннего. Перед закладкой опыта проведен агрохимический анализ почвы, исследованы погодные условия в период выращивания, изучены биометрические показатели луковицы и продуктивность лука-репки. Исследования выявили, что биометрические показатели и урожайность сортов лука репчатого тесно связаны со сроками посадки севка и зависят от погодных условий вегетационного периода. Растения лука репчатого Штуттгартер Ризен превосходили существенно по диаметру луковицы, наибольшую высоту имели луковицы сорта Геркулес, по массе лука репки выделился сорт Геркулес – 169 г. Максимальную продуктивность в среднем за 2 года получили у лука репчатого сорта Штуттгартер Ризен – 2,66 кг/м² при посадке севка в ранневесенний срок.

Ключевые слова: лук репчатый, сорт, срок посадки, продуктивность, масса луковицы, Удмуртская Республика.

Для цитирования: Биометрические показатели и урожайность лука-репки в зависимости от срока посадки севка / Т. Н. Тутова, Т. Е. Иванова, Л. А. Несмелова [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 33-40. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_33-40.

Актуальность. В современных условиях для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо совершенствовать технологии их возделывания. Нужно выводить сорта и производить гибриды, более пластичные к воздействию негативных факторов и неблагоприятным условиям среды, с более коротким вегетационным периодом, который позволяет сокращать продолжительность выращивания культуры до получения урожая. Из-за невозможности увеличения посевных площадей необходимы культуры и сорта с достаточно высоким потенциалом продуктивности. В России большое количество земель находится в районах с длинной зимой и коротким летом. Поэтому требуется поиск сортов овощных культур и технологий их производства в имеющихся климатических условиях. Удмуртская Республика относится к зоне рискованного земледелия, тем не менее в открытом грунте здесь выращиваются практически все овощные культуры, районированные для Нечерноземной зоны. Основные площади занимают столовые корнеплоды, разные виды капусты, тыквенные культуры, чеснок, лук, зеленные овощи и др.

Лук по производству в Европе занимает первое место, в России – четвертое, после капусты, томатов и моркови столовой. Из луковых культур наибольшее распространение в Удмуртской Республике получили лук репчатый [6, 8, 12], лук-шалот, порей, батун, шнит-лук, чеснок [5, 11, 15]. Наибольшие площади имеет лук репчатый. Он является ценным продуктом питания, содержит витамины, сахара, органические кислоты, минеральные соли, белок, крахмал, клетчатку и др. [1, 4, 7, 13]. В Удмуртской Республике репчатый лук обычно выращивают из севка, некоторые сорта – из семян через рассаду [6, 8, 9–12, 14].

На урожайность большое влияние оказывают сорта и сроки посадки луковых культур. В Государственный реестр сортов, рекомендованных к выращиванию по Волго-Вятскому региону, включено около 60 сортов лука репчатого [2]. Но не все они хорошо приспособлены к условиям Удмуртской Республики. Необходим подбор комбинаций сорт – срок посадки севка или посева семян при выращивании лука-репки из семян или рассады. В связи с чем исследования по изучению сроков посадки сортов лука репчатого является актуальными.

Цель исследований: влияние сроков посадки севка на продуктивность сортов лука репчатого.

Задачи исследований: сравнить биометрические показатели и урожайность сортов лука репчатого при разных сроках посадки севка.

Объект и методы исследований. В 2020, 2022 гг. в Можгинском районе Удмуртской Республики был заложен двухфакторный мелкоделучный опыт на сортах лука репчатого при разных сроках посадки севка. Исследования проведены в соответствии с методиками закладки опытов с овощными культурами. Схема опыта включала: фактор А (сорт): Штуттгартер Ризен (St), Геркулес; фактор В (срок посадки севка): ранневесенний, 5 суток (контроль), 10 суток от ранневесеннего. Варианты размещали систематическим методом, в четырехкратной повторности. Учетная площадь делянки 1 м². Агрохимический анализ почвы проведен перед закладкой опыта. После уборки лука учитывали массу и диаметр луковиц. Урожайность учитывали весовым методом. Экспериментальные данные статистически обработали методом дисперсионного анализа по рекомендуемой методике с использованием программы Microsoft Excel [3].

Результаты и их обсуждение. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, реакция почвенной среды нейтральная. Почва высокогумусирована. Обеспеченность почвы подвижным фосфором высокая, а обменным калием повышенная.

По данным метеостанции г. Ижевска в мае 2020 г. средняя температура воздуха была 13,3 °С, что выше нормы на 1,6 °С (рис. 1).

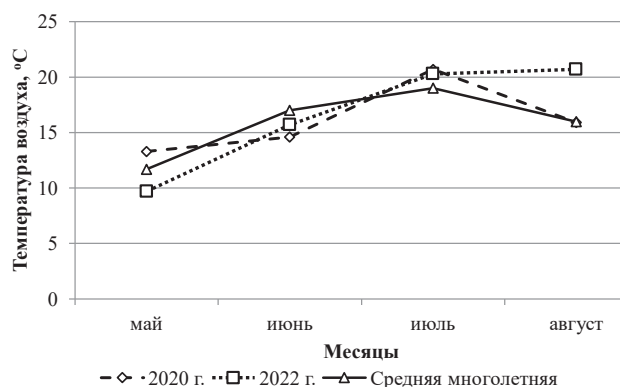


Рисунок 1 – Температура воздуха в период выращивания лука репчатого в среднем по месяцам

Осадков выпало 35 мм, что ниже нормы на 24 %. Июнь 2020 г., наоборот, оказался более холодным на 2,4 °С, а осадков выпало лишь 28 мм, или 45 % от нормы. Июль этого года был теплым (20,7 °С), что выше среднемноголетней на 1,7 °С и дождливым (170 % от нормы), в августе средняя температура воздуха оказалась

на уровне среднемноголетней – 16 °С, осадков же выпало 55 % от нормы (рис. 2).

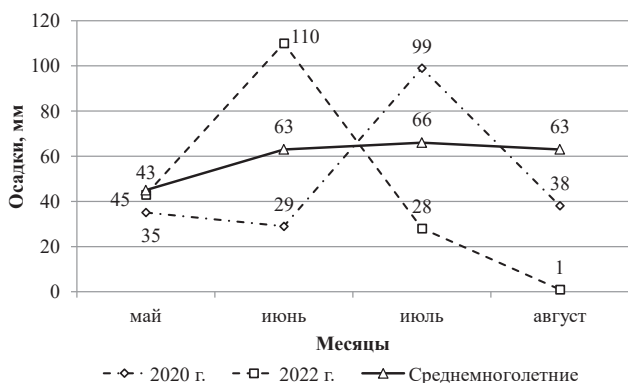


Рисунок 2 – Сумма осадков в период выращивания лука репчатого в среднем по месяцам

В 2022 г. климатические условия в период выращивания лука репчатого отличались от 2020 г. Май и июнь оказались более холодным на 2,6 °С и на 1,3 °С от нормы соответственно, средняя температура воздуха в мае была лишь 9,7 °С, в июне – 15,7 °С. Июнь был дождливым, осадков выпало на 47 мм больше многолетней (174 %). В июле 2022 г. наблюдалась теплая (20,3 °С), сухая погода. Осадков выпало меньше нормы на 48 %. Август оказался самым теплым и засушливым месяцем лета. Средняя температура была 20,7 °С, что превысило среднемноголетнюю на 4,5 °С. Осадки выпали лишь 1 августа – 1 мм. В целом погодные условия приемлемы для выращивания лука репчатого. Но холодные май и июнь 2022 г., очень дождливый июнь и сухой июль оказали отрицательное влияние на формирование урожая лука репчатого.

Посадку севка провели 5 мая, 10 мая (контроль) и 15 мая. Уборку урожая выполнили в первых числах августа.

В ходе работы были проведены биометрические исследования по определению массы, диаметра и высоты луковиц репчатого лука. В 2020 г. луковицы сорта Штуттгартер Ризен (St) существенно превышали по диаметру луковицы сорта Геркулес (рис. 3).

Отклонение в среднем составило 0,8 см. В среднем по срокам посадки севка диаметр луковиц при посеве в самый поздний срок был достоверно меньше на 0,4 см в сравнении с контролем (через 5 дней) при НСР₀₅ по фактору А = 0,2 см. Самый маленький диаметр луковицы был выявлен по сорту Геркулес при посадке севка через 10 дней от ранневесеннего.

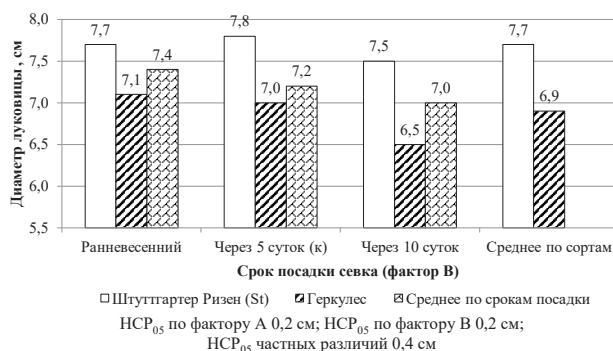


Рисунок 3 – Влияние срока посадки севка на диаметр луковицы сортов лука репчатого, 2020 г.

В 2022 г. также отмечалось значимое превосходство по диаметру луковицы сорта Штуттгартер Ризен (St) в среднем на 0,4 см при НСР₀₅ по фактору А (сорт) = 0,3 см (рис. 4).

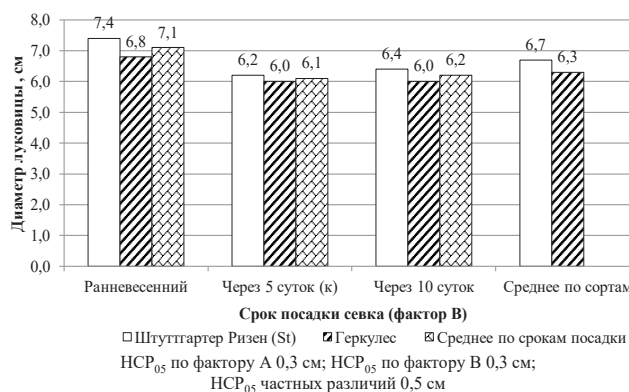


Рисунок 4 – Влияние срока посадки севка на диаметр луковицы сортов лука репчатого, 2022 г.

В исследованиях 2018–2019 гг. сортов лука Штуттгартер Ризен и Центурион также отмечалось существенное превышение этого показателя у луковиц Штуттгартер Ризен [10].

В среднем при посадке севка в ранневесенний срок в сравнении с контролем диаметр луковиц был достоверно больше на 0,8 см при НСР₀₅ по фактору В (срок посадки) = 0,3 см.

Значимо больший диаметр на 1,2 и 0,8 см имели сорта Штуттгартер Ризен и Геркулес соответственно при высадке севка в ранневесенний срок при НСР₀₅ частных различий = 0,5 см. Луковицы сорта Штуттгартер Ризен имеют плоскую и плоскоокруглую форму.

В первый год исследований по высоте луковицы существенно превосходил стандарт лук репчатый Геркулес в среднем на 1,2 см при НСР₀₅ по фактору А = 0,2 см (рис. 5). Высота луковиц в среднем от срока посадки севка не зависела.

Исследования в 2022 г. выявили, что по высоте луковицы изучаемый сорт Геркулес

существенно превосходил стандартный сорт на 1,4 см ($НСР_{05}$ по фактору А = 0,3 см), рисунок 6.

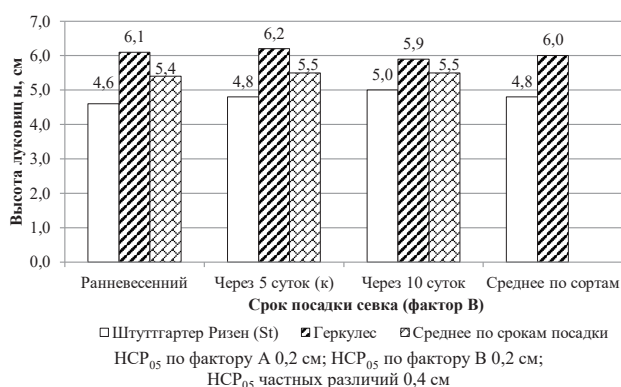


Рисунок 5 – Влияние срока посадки севка на высоту луковицы сортов лука репчатого, 2020 г.

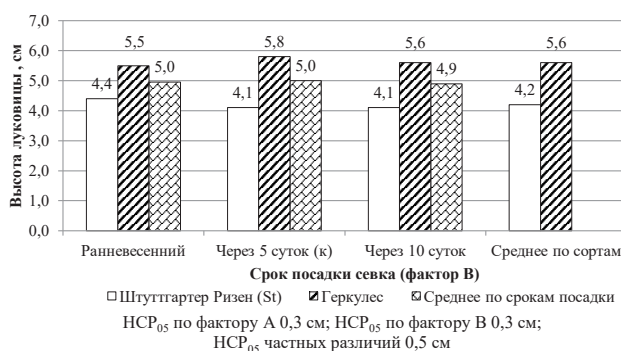


Рисунок 6 – Влияние срока посадки севка на высоту луковицы сортов лука репчатого, 2022 г.

При посадке севка в третий срок отмечалось снижение этого показателя в среднем на 0,3 при $НСР_{05}$ по фактору В = 0,3 см.

В среднем за два года исследований луковицы сорта Геркулес достоверно имели большую высоту в сравнении со стандартным сортом Штуттгартер Ризен в среднем на 1,4 см при $НСР_{05}$ по фактору А = 0,5 см (табл. 1). Сроки посадки севка не оказали существенного влияния на этот показатель, так как нулевая гипотеза не отвергается.

При изучении диаметра луковицы выявилось, что средние показатели у стандартного сорта Штуттгартер Ризен (7,2 см) значимо превысили на 0,6 см показатели сорта Геркулес. Это достаточно хороший показатель, так как в исследованиях 2018 г. луковицы были значительно мельче, их диаметр в среднем достигал уровня 4,8 см [9].

Диаметр лука-репки при самом раннем сроке посадки севка существенно превосходил контроль на 0,5 см при $НСР_{05}$ по фактору В = 0,3 см.

Таблица 1 – Влияние срока посадки севка на диаметр и высоту луковицы сортов лука репчатого, среднее за 2020 и 2022 гг.

Сорт (фактор А)	Срок посадки (фактор В)	Высота луковицы, см	Диаметр луковицы, см
Штуттгартер Ризен (St)	Ранневесенний	4,5	7,5
	Через 5 суток (к)	4,5	7,0
	Через 10 суток	4,5	7,0
	Среднее	4,5	7,2
Геркулес	Ранневесенний	5,8	7,0
	Через 5 суток (к)	6,0	6,5
	Через 10 суток	5,8	6,3
	Среднее	5,9	6,6
$НСР_{05}$ частных различий		0,8	0,5
$НСР_{05}$ главных эффектов фактора А		0,5	0,3
$НСР_{05}$ главных эффектов фактора В		$F_{\Phi} < F_{05}$	0,3

Исследуемые сорта лука репчатого в 2020 г. существенно не различались по массе луковицы (рис. 7).

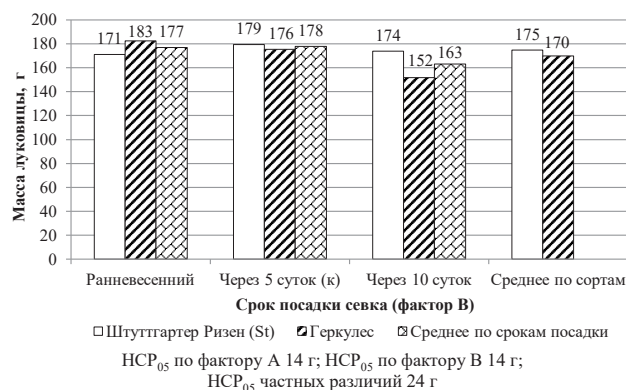


Рисунок 7 – Влияние срока посадки севка на массу луковицы сортов лука репчатого, 2020 г.

Срок посадки севка не оказал существенного влияния на массу луковицы. Достоверное снижение массы луковицы на 24 г выявлено при посадке сорта Геркулес через 10 дней после ранневесеннего.

В ходе исследований влияния срока посадки севка на массу луковицы сортов лука репчатого в 2022 г. выявилось достоверное влияние обоих факторов (рис. 8).

В среднем масса лука-репки у сорта Геркулес была существенно выше по сравнению с сортом Штуттгартер Ризен на 10,0 г при $НСР_{05}$ по фактору А = 10,0 г. В среднем посадка севка в ранневесенний срок способствовала существенному увеличению массы луковицы

на 32,0 г. При сроке посадки севка через 10 дней этот показатель был на уровне контроля.

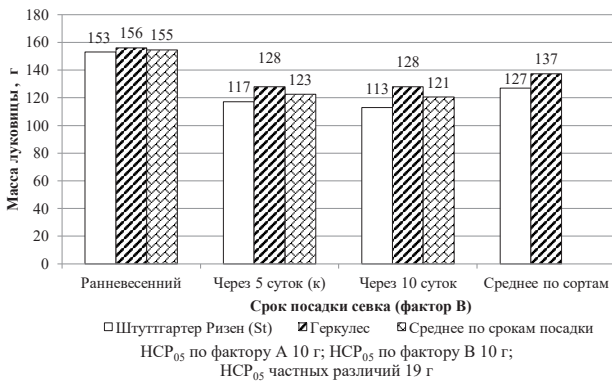


Рисунок 8 – Влияние срока посадки севка на массу луковицы сортов лука репчатого, 2022 г.

Посадка севка лука репчатого Штуттгартер Ризен и Геркулес в ранневесенний срок способствовала существенному увеличению массы луковицы на 36,0 и 28,0 г соответственно. Наибольшую массу имели луковицы лука репчатого Геркулес при ранневесеннем сроке посадки – 156,0 г, а наименьшую – Штуттгартер Ризен (St) при сроке посадки через 10 дней – 113,0 г.

Масса луковицы повлияла на урожайность сортов лука репчатого (рис. 9–10). В 2020 г. урожайность сортов лука репчатого существенно зависела от сорта и сроков посадки севка. Снижение урожайности выявлено у сорта Геркулес – 0,5 кг/м² при НСП₀₅ фактора А = 0,3 кг/м². Последний (наиболее поздний) срок посадки привел к снижению урожайности в среднем на 0,5 кг/м².

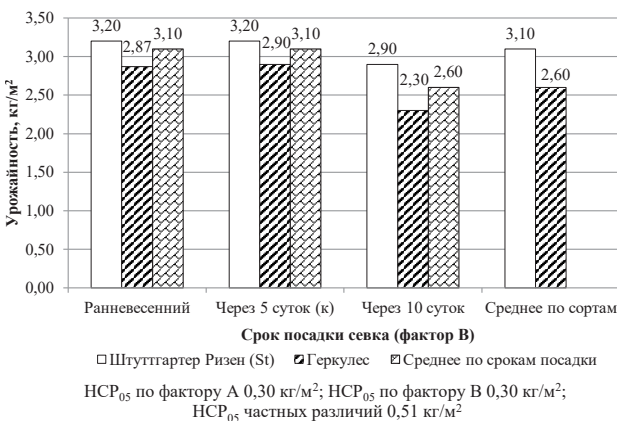


Рисунок 9 – Урожайность сортов лука репчатого в зависимости от срока посадки севка, 2020 г.

Было выявлено снижение урожайности у лука репчатого Геркулес при позднем сроке

посадки севка на 0,6 кг/м² в сравнении с контролем (2,9 кг/м²) при НСП₀₅ частных различий = 0,51 кг/м².

В 2022 г. в среднем по сортам достоверно большую урожайность получили при выращивании лука репчатого Геркулес. Превышение в сравнении со стандартом составило 0,29 кг/м². В среднем по срокам высадки севка существенное увеличение урожайности было выявлено при ранневесеннем сроке посадки – 0,81 кг/м². Посадка севка через 10 дней после ранневесеннего достоверных различий от контроля не имела.

Посадка севка лука репчатого Геркулес в ранневесенний срок позволила получить максимальную урожайность – 2,39 кг/м². Наименьшей оказалась урожайность лука репчатого Штуттгартер Ризен при посадке севка в срок через 10 дней – 1,13 кг/м².

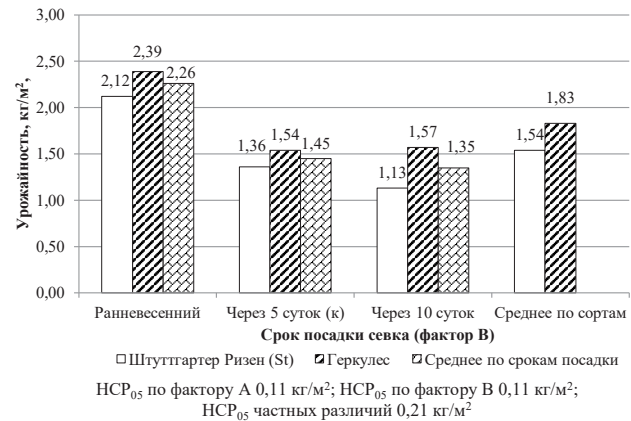


Рисунок 10 – Урожайность сортов лука репчатого в зависимости от срока посадки севка, 2022 г.

Снижению средней урожайности почти в 1,7 раза с 2,85 кг/м² в 2020 г. до 1,68 кг/м² в 2022 г. способствовали холодные май и июнь, очень сырой июнь и засушливый июль 2022 г. При пониженной температуре перо медленно отрастало, дождливая погода способствовала появлению болезней лука. В июле, когда нарастает луковица, наблюдался недостаток влаги.

Исследования урожайности лука-репки в среднем за два изучаемых года выявили, что средние показатели сортов между собой существенно не различались (табл. 2). Ранний срок посадки севка привел к достоверному увеличению урожайности в среднем за два года на 0,41 кг/м², а срок посадки через 10 дней после ранневесеннего, наоборот, способствовал значимому снижению урожайности на 0,26 кг/м² при НСП₀₅ по фактору В = 0,23 кг/м².

Таблица 2 – Влияние срока посадки севка на урожайность и массу луковицы сортов лука репчатого, среднее за 2020 и 2022 гг.

Сорт (фактор А)	Срок посадки (фактор В)	Общая урожайность, кг/м ²	Масса луковицы, г
Штуттгартер Ризен (St)	Ранневесенний	2,66	162
	Через 5 суток (κ)	2,25	148
	Через 10 суток	2,01	144
	Среднее	2,31	151
Геркулес	Ранневесенний	2,60	169
	Через 5 суток (κ)	2,19	152
	Через 10 суток	1,91	140
	Среднее	2,23	154
НСР ₀₅ частных различий		0,33	12
НСР ₀₅ главных эффектов фактора А		$F_{\Phi} < F_{05}$	$F_{\Phi} < F_{05}$
НСР ₀₅ главных эффектов фактора В		0,23	9

В среднем за 2020 и 2022 гг. масса луковицы также не зависела от выращиваемого сорта и была в пределах 140–169 г.

Использование ранневесеннего срока посадки севка лука репчатого привело к существенному увеличению массы луковицы в среднем на 16 г в сравнении с контролем при НСР₀₅ по фактору В = 9 г, как и в исследованиях 2018–2019 гг. [10]. Максимальную массу имели луковицы сорта Штуттгартер Ризен при раннем сроке посадки севка, минимальную – луковицы сорта Геркулес при посадке севка в срок через 10 дней. В 2018–2019 гг. наивысшей была урожайность у сорта Штуттгартер Ризен при посадке севка через 10 дней, а исследования 2018 г. показали наивысшую урожайность сорта Стурон и Пингвин при ранневесеннем сроке посадки [9–11]. Поэтому возникает необходимость продолжения научных исследований по изучению влияния сроков посадки севка при выращивании сортов лука репчатого в условиях Удмуртской Республики.

Заключение. Исследования 2020 и 2022 гг. по изучению влияния сроков посадки севка на биометрические показатели и продуктивность сортов лука репчатого выявили, что луковицы у сорта Штуттгартер Ризен в диаметре достигали в среднем за два года 7,2 см, что на 109 % больше, чем у сорта Геркулес. Луковицы сорта Геркулес превосходили по высоте стандарт на 131 %. Самыми крупными были луковицы сорта Геркулес при посадке как можно в ранний срок – 169 г.

При посадке севка в ранневесенний срок выявилось достоверное увеличение урожайности в среднем на 18 % в сравнении с контрольным сроком посадки (через 5 дней). Максимальная средняя урожайность в 2020 г. была у лука репчатого Штуттгартер Ризен – 3,2 кг/м², в 2022 г. у сорта Геркулес – 2,4 кг/м² при посадке севка в ранневесенний срок. В среднем за два года выращивание сорта Штуттгартер Ризен при посадке севка в ранневесенний срок привело к получению наибольшей урожайности – 2,66 кг/м².

В Удмуртской Республике предпочтительно высаживать севок лука репчатого в ранние сроки. Изучение влияния сроков посадки севка на рост, развитие и урожайность сортов лука репчатого необходимо продолжать.

Список источников

1. Воробьева А. А. Репчатый лук. Москва: Росагропромиздат, 1989. 44 с.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 646 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Езепчук Л. Н. Влияние сроков посадки на урожайность лука репчатого в сухой степи Бурятии // Инновационные аспекты агрономии в повышении продуктивности растений и качества продукции в Сибири: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Улан-Удэ, 2015. С. 71–73.
5. Иванова Т. Е., Лекомцева Е. В. Урожайность сортообразцов лука-шалота в зависимости от посадочного материала // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (69). С. 4–10.
6. Коробейникова О. В., Строт Т. А. Влияние стимуляторов роста растений на урожайность, пораженность шейковой гнилью и качество лука репчатого // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (71). С. 20–28.
7. Польза овощей в питании, роль овощей в пищеварении человека [Электронный ресурс]. URL: <https://udoracrb.ru/about/news/647/> (дата обращения: 8.09.2022).
8. Тутова, Т. Н. Влияние срока посадки севка на урожайность и качество сортов лука репчатого // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России. Ижевск, 2021. С. 159–163.
9. Тутова Т. Н. Сортовая реакция лука репчатого на сроки посадки севка // Современные достиже-

ния селекции растений – производству: материалы Нац. науч.-практ. конф. Ижевск, 2021. С. 269–273.

10. Тутова Т. Н. Урожайность и качество сортов репчатого лука в зависимости от срока посадки // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (69). С. 25–33.

11. Тутова, Т. Н. Сравнительная оценка биометрических показателей сортов лука порея // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 томах. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. С. 100–104.

12. Швецов А. М., Бускина С. С., Шкляева А. В. Влияние срока посадки севка на урожайность сортов и качество лука репчатого // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. 11–14 февраля 2014 г. Ижевск, 2014. С. 270.

13. Combined effect of organic manure and potassium on Growth and yield of onion cv. Bari piaz-i / H. Barman, M. Siddiqui, M. Siddique [et al.] // International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology. 2013. № 3. P. 47–51.

14. Influence of seed onion planting time on productivity and quality of bulb onion varieties / T. N. Tutova, T. E. Ivanova, E. V. Sokolova, L. A. Nesselova // Conference Series: Earth and Environmental Science. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021». 2022. С. 12–22.

15. The use of complex fertilizers in the cultivation of shallot / T. Ivanova, E. Lekomtseva, E. Sokolova, T. Tutova // Proceedings of the Ecological-Socio-Economic Systems «Models of Competition and Cooperation». Екатеринбург, 2020. Vol. 392. P. 134–137. (Series Advances in Social Science, Education and Humanities Research).

References

1. Vorob'eva A. A. Repchatyj luk. Moskva: Rosagropromizdat, 1989. 44 s.

2. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. T. 1. «Sorta rastenij» (oficial'noe izdanie). Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2022. 646 s.

3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., pererab. i dop. Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.

4. Ezepchuk L. N. Vliyanie srokov posadki na urozhajnost' luka repchatogo v suhoj stepi Buryatii // Innovacionnye aspekty agronomii v povyshenii produktivnosti rastenij i kachestva produkcii v Sibiri: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ulan-Ude, 2015. S. 71–73.

5. Ivanova T. E., Lekomtseva E. V. Urozhajnost' sortoobrazcov luka-shalota v zavisimosti ot posadchnogo materiala // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1 (69). S. 4–10.

6. Korobejnikova O. V., Strot T. A. Vliyanie stimulyatorov rosta rastenij na urozhajnost', porazhennost' shejkovoj gnil'yu i kachestvo luka repchatogo // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 3 (71). S. 20–28.

7. Pol'za ovoshchej v pitanii, rol' ovoshchej v pishchevarenii cheloveka [Elektronnyj resurs]. URL: <https://udoracrb.ru/about/news/647/> (data obrashcheniya: 8.09.2022).

8. Tutova, T. N. Vliyanie sroka posadki sevka na urozhajnost' i kachestvo sortov luka repchatogo // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii. Izhevsk, 2021. S. 159–163.

9. Tutova T. N. Sortovaya reakciya luka repchatogo na sroki posadki sevka // Sovremennye dostizheniya selekcii rastenij – proizvodstvu: materialy Nac. nauch.-prakt. konf. Izhevsk, 2021. S. 269–273.

10. Tutova T. N. Urozhajnost' i kachestvo sortov repchatogo luka v zavisimosti ot sroka posadki // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1 (69). S. 25–33.

11. Tutova, T. N. Sravnitel'naya ocenka biometricheskix pokazatelej sortov luka poreya // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskix zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2 tomah. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. S. 100–104.



12. Shvecov A. M., Buskina S. S., Shklyayeva A. V. Vliyanie sroka posadki sevka na urozhajnost' sortov i kachestvo luka repchatogo // Nauka, innovacii i obrazovanie v sovremennom APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 3 t. 11–14 fevralya 2014 g. Izhevsk, 2014. S. 270.

13. Combined effect of organic manure and potassium on Growth and yield of onion cv. Bari piaz-i / H. Barman, M. Siddiqui, M. Siddique [et al.] // International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology. 2013. № 3. P. 47–51.

14. Influence of seed onion planting time on productivity and quality of bulb onion varieties / T. N. Tutova, T. E. Ivanova, E. V. Sokolova, L. A. Nesselova // Conference Series: Earth and Environmental Science. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021». 2022. S. 12–22.



15. The use of complex fertilizers in the cultivation of shallot / T. Ivanova, E. Lekomtseva, E. Sokolova, T. Tutova // Proceedings of the Ecological-Socio-Economic Systems «Models of Competition and Cooperation». Екатеринбург, 2020. Vol. 392. P. 134–137. (Series Advances in Social Science, Education and Humanities Research).

Сведения об авторах:

Т. Н. Тутова , кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-5925-4334>;
Т. Е. Иванова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-3404-555X>;
Л. А. Несмелова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5409-2180>;
Е. В. Соколова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-0237-3041>;
Ю. О. Андреева, студентка магистратуры, <https://orcid.org/0000-0002-0812-1507>
Удмуртский ГАУ, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033
 toutova@udm.ru

Original article

BIOMETRIC INDICATORS AND YIELD OF BULB ONIONS DEPENDING ON THE PLANTING TIME OF ONION SETS



Tatiana N. Tutova , **Tatiana E. Ivanova**,
Lubov A. Nesmelova, **Elena V. Sokolova**, **Yuliya O. Andreeva**
Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia
 toutova@udm.ru

Abstract. *More than 200 varieties and more than 200 onion hybrids have been zoned in our country, but not all of them are well adapted to the conditions of Udmurtia. Therefore, it is necessary to search for the optimal planting time for sowing and selection of onion varieties to obtain high productivity under the climatic conditions of the Udmurt Republic. The purpose of the research is to study the effect of planting time of onion sets on the productivity of onion varieties. Analyzing these research results, comparison methods were used. In 2020 and 2022 studies were conducted on the cultivation of onion varieties at different planting time of onion sets under the conditions of the Mozhginsky district of the Udmurt Republic. The scheme of the experiment: factor A (variety): StuttgarterRiesen (St), Hercules; factor B (planting time): early spring, 5 days (control), 10 days from early spring. An agrochemical analysis of the soil was carried out before the trial establishment, weather conditions during the growing period were investigated, biometric indicators of bulbs and the productivity of bulb onions were studied. Studies have revealed that biometric indicators and the yield of onion varieties are closely related to the planting time and depend on the weather conditions of the growing season. The onion bulbs of the ShtuttgarterRizen significantly exceeded in the diameter of the bulb, the bulbs of the variety Hercules had the highest height, the variety Hercules outperformed in the bulb weight – 169 g. The maximum productivity on average for 2 years was obtained from the onion of the ShtuttgarterRizen variety – 2.66 kg/m² when planting onion sets in early spring.*

Key words: *bulb onion, variety, planting time, productivity, onion weight, the Udmurt Republic.*

For citation: *Tutova T. N., Ivanova T. E., Nesmelova L. A., Sokolova E. V., Andreeva Yu. O. Biometric indicators and yield of bulb onions depending on the planting time of onion sets // The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 4(72): 33-40. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_33-40.*

Authors:

T. N. Tutova , Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-5925-4334>;
T. E. Ivanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3404-555X>;
L. A. Nesmelova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5409-2180>;
E. V. Sokolova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0237-3041>;
Yu. O. Andreeva, master student, <https://orcid.org/0000-0002-0812-1507>
Udmurt State Agricultural University, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033
 toutova@udm.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; одобрена после рецензирования 29.11.2022;
принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 07.11.2022; approved after reviewing 29.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 635.1/.8(100)

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_41-49

АНАЛИЗ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Тутова Татьяна Николаевна[✉], Несмелова Любовь Александровна

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

[✉]toutova@udm.ru

Аннотация. Овощеводство снабжает население такими важными продовольственными товарами, как лук, томаты, морковь, огурцы, капуста, сладкий перец, столовая свекла и т.д. Целью исследований являлся анализ состояния овощеводства в мире, на европейском континенте, в России и Удмуртской Республике. Проанализированы динамики посевных площадей под овощными культурами, валовые сборы и урожайность овощей во всех категориях хозяйств. В ходе исследований выявили, что в мире выращивается 1148,45 млн т овощных культур на площади около 60 млн га. Производство овощных культур ежегодно увеличивается. 78,2 % овощей выращивается в Азии, в Европе – 7,4 %, на Россию приходится лишь 1,2 % мирового производства. Китай является крупнейшим производителем овощей, Россия занимает 9-е место. В мире возделывается 30–35 овощных культур. Самыми популярными являются томаты, капуста, лук, огурцы, баклажаны, морковь, грибы, перец и салат. На их долю приходится 60 % мирового производства. В Европе в 2020 г. произведено 84,58 млн т овощных культур. На первом месте Европе стоит лук, на его долю приходилось 10,4 млн т, второе место занимает капуста – 9,62 млн т, на третьем месте морковь и репа – 8,24 млн т. Крупнейшими производителями овощных культур в Евросоюзе являются Испания, Италия, Нидерланды. В России в 2021 г. произведено 13,48 млн т овощей. Наибольшие площади заняты томатами, капустой, луком репчатым, морковью и огурцами. Средняя урожайность овощей в 2021 г. составила 242 ц/га. В Удмуртской Республике в 2021 г. овощные культуры выращивались на площади 3,5 тыс. га. Основными овощными культурами являются капуста, томаты, морковь, свекла, огурцы, лук.

Ключевые слова: овощеводство, овощные культуры, открытый грунт, посевные площади, валовый сбор, урожайность.

Для цитирования: Тутова Т. Н., Несмелова Л. А. Анализ мирового производства овощных культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 41-49. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_41-49.

Актуальность. В числе наиболее актуальных глобальных проблем, в связи с непрекращающимся ростом населения Земли, встает продовольственная проблема. Важная роль в ее решении отводится круглогодичному обеспечению человечества овощной продукцией высокого качества и широкого ассортимента в соответствующих количествах.

Отрасль овощеводства развивается, совершенствуются методики и подходы по всем направлениям: селекция и выведение более продуктивных сортов, применение энергосберегающих технологий и новой сельхозтехники, совершенствование агротехнических приемов (предпосадочной обработки семян, внесения удобрений, посадки, ухода за грядками и т.д.), использование технологий точного земледелия.

Овощеводство имеет свои особенности. Прежде всего, значительная доля ручного труда. Особенно мало механизирован этап уборки урожая. При выращивании овощей, в отличие от зерновых и технических культур, ко-

торым хватает природной влаги, получаемой из атмосферных осадков, необходимы регулярные поливы для получения высоких урожаев. Овощи можно выращивать как в открытом, так и в защищенном грунте, где производство не зависит от погоды. Многие овощные культуры малотранспортабельны и имеют малый срок хранения. Всё это означает, что овощеводство является очень капиталоемкой отраслью сельского хозяйства. Финансовые затраты на обработку одного гектара земли под овощами в разы, а нередко и на порядок выше, чем при выращивании зерновых культур.

Характерной особенностью современного овощеводства России является тот факт, что хозяйства населения производят почти 70 % овощей, выращиваемых в стране. То есть сельхозпредприятия обеспечивают потребности продовольственного рынка менее чем на треть. В Удмуртской Республике, в связи с низкой рентабельностью выращивания ово-

шной продукции, посевные площади под овощными культурами с каждым годом снижаются. Недостаточная обеспеченность внутреннего потребительского рынка в овощах компенсируется за счет импорта.

Цель исследования – провести анализ состояния овощеводства в мире, на европейском континенте, в России и Удмуртской Республике.

Задачи: дать оценку производства овощных культур в мире, Европе, России и Удмуртской Республике; установить динамику производства овощей в хозяйствах разных форм собственности.

Материал и методы. В ходе исследований применяли методы систематизации, сравнения и анализа данных. Источники получения информации – данные ФАО, Евростата, Федеральной службы государственной статистики, источники отечественных и зарубежных ученых в области овощеводства, интернет-ресурсы.

Результаты исследований. По данным ФАО, в 2019 г. в мире произведено 9,4 млрд т сельскохозяйственной растениеводческой продукции. Больше всего выращено зерновых и сахарных культур, третье место заняли овощные культуры – 1127, 93 млн т, или 12 % от произведенной сельскохозяйственной растениеводческой продукции на площади 59,69 млн га [3, 17].

Производство овощных культур в мире с 2000 по 2020 г. выросло на 59,48 % – с 682,43 до 1148,45 млн т (рис. 1).

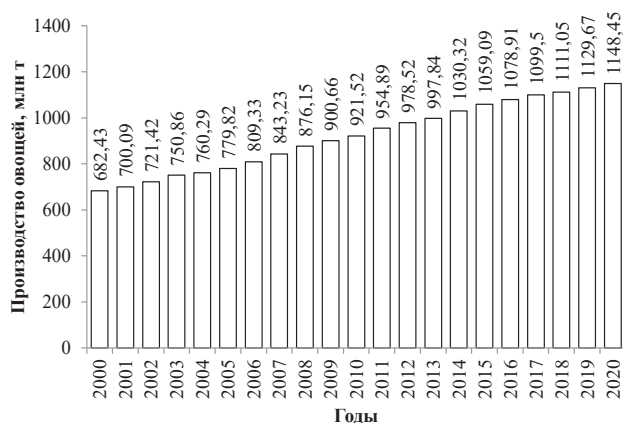


Рисунок 1 – Динамика производства овощей в мире

На долю Азии в мировом производстве в 2020 г. приходилось 898,15 млн т овощей (78,2 %). В Африке выращивали 7,4 % овощных культур, Европе – 7,4 %, Америке – 6,7 %, на Океанию пришлось лишь около 0,3 %.

Крупнейшими мировыми производителями овощей являются Китай (51,7 %) и Индия (12,3 %) – рисунок 2. На третьем месте стоит США (2,9 %), затем Турция (2,3 %). Россия в этом списке занимает девятое место, в 2020 г. она производила 13,95 млн т (1,2 % от мирового производства) овощных культур [1, 3–4].

В мире в промышленных масштабах выращивается всего 30–35 овощных культур. Самыми популярными являются томаты, капуста, лук, огурцы, баклажаны, морковь, грибы, перец и салат. В 2020 г. на 10 основных видов овощей пришлось 60 % от общего объема производства.

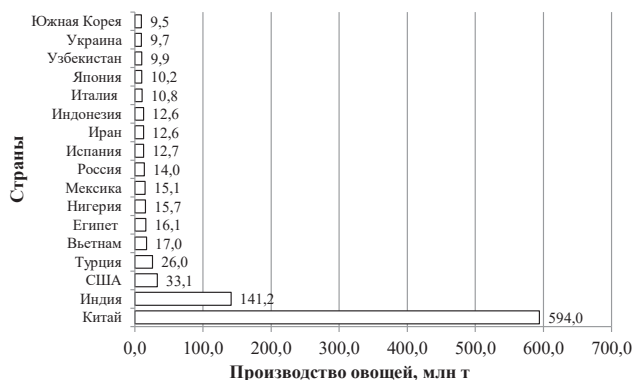


Рисунок 2 – Производство овощных культур по странам мира в 2020 г., млн т

Валовое производство овощных культур в мире в 2020 г. составило 1148,45 млн т. Первое место среди овощных культур по производству занимал томат (табл. 1) [4].

Таблица 1 – Производство овощных культур в мире, 2020 г.

Культура	Валовый сбор, млн т	Площадь, млн га	Урожайность, т/га
Томат	186,8	5,05	37,0
Лук	104,6	5,48	19,1
Арбуз	101,6	3,05	33,3
Огурец	91,3	2,26	40,4
Капуста	70,9	2,41	29,4
Баклажан	56,6	1,88	30,2
Грибы	42,8	0,28	154,5
Морковь и репа	41,0	1,13	36,4
Перец	36,1	2,07	17,5
Дыня	28,5	1,07	26,6
Шпинат	31,0	0,92	33,7
Чеснок	28,1	1,63	17,2
Тыква, кабачки	28,0	2,02	13,8
Салат	27,7	1,2	22,6

В 2020 г. в мировом производстве томатов на долю Китая приходилось 35 % от общего объема, за которым следуют Индия (11 %), Турция (7 %) и Соединенные Штаты (6,5 %), далее Иран (3 %), Мексика (2 %) и др. В России томат выращивали на площади 80,8 тыс. га, произведено почти 3 млн т, урожайность на уровне средней в мире – 36,8 т/га.

Лука больше всего выращено в Индии (25,6 %), Китае (22,6 %), Египте (3 %), Турции (2,2 %), Пакистане (2 %) и Иране (1,9). В остальных странах производится меньше 2 % лука, на них в общей сложности приходится лишь 44 % [24]. В России производится 1,44 млн т лука на площади 59,9 тыс. га, что составляет 1,4 % [14].

В производстве арбузов доля Китая составила 60 % от общего объема (60,1 млн т). Далее 3,4 % приходилось на Турцию, по 2,7 % на Индию и Иран, далее Алжир, Бразилию, годовой объем производства, которых в 2020 г составил 2–3 млн т.

Около 80 % производства огурцов пришлось на Китай (72,8 млн т). Второе место в производстве огурцов занимала Турция – 1,9; Россия была на третьем месте – 1,7 млн т.

По производству капусты лидирует Китай с 48 % от мирового объема. Другими крупными производителями являлись Индия (13 %), Россия и Южная Корея (по 3,4 %), Украина (2,5 %). На остальные страны пришлось лишь 20,9 млн т, то есть 29,5 % [8–11, 24].

Баклажана в Китае вырастили 64,5 % (36,6 млн т), в Индии 12,8 млн т (22,6 %). На третьем месте по производству баклажана был Египет – 1,3 млн т, на четвертом Турция – 0,8 млн т, и на пятой строчке оказалась Индонезия с 0,6 млн т.

Грибов в мире произведено 42,79 млн т, 93,4 % из этого количества произведено в Китае. В США вырастили 370,3 тыс. т, Нидерландах – 260,0; Польше – 182,9; Испании – 166,0; Канаде – 132,6 тыс. т. В России в 2020 г. произведено 86,38 тыс. т грибов. Урожайность в среднем составила 154,5 т/га [24].

В Европе в 2020 г. произведено 84,58 млн т овощных культур. Самую большую площадь занимали томат, лук и капуста [22–23] (табл. 2).

Страны Евросоюза в 2021 г. произвели 48,07 млн т овощей. Испания является крупнейшим производителем свежих фруктов и овощей в Европейском союзе – 23,5 млн т, из них овощей 10,5 млн т (21,8 %). В Италии вырастили 6,96 млн т (14,5 %) овощей. Ни-

дерланды – третий по величине производитель (5,62 млн т). В Польше вырастили 5,02 млн т, во Франции – 4,98 млн т, в Германии – 3,77 млн т, Румынии, Бельгии, Венгрии, Греции и Португалии – по убыванию от 1,8 до 1,1 млн т (табл. 3).

Таблица 2 – Производство овощных культур в Европе, 2020 г.

Культура	Валовый сбор, млн т	Убранная площадь, тыс. га	Урожайность, т/га
Лук	10,40	337,55	30,70
Капуста	9,62	316,83	30,35
Морковь и репа	8,24	224,77	36,65
Огурец	5,97	149,94	3,98
Арбуз	5,64	240,99	23,41
Тыква, кабачки	4,89	198,60	24,60
Салат	3,89	143,02	27,21
Перец	3,58	102,43	3,50
Томат	3,39	424,45	7,99
Дыня	1,86	87,66	21,23
Грибы	1,27	133,31	95,29
Баклажан	0,96	28,29	33,95
Шпинат	0,69	41,91	16,52

Таблица 3 – Производство овощных культур в Евросоюзе в динамике, млн т

Культуры	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Лук репчатый	5,33	6,65	6,25	6,89
Томаты	6,75	6,26	6,24	6,17
Морковь	4,48	4,74	4,69	4,56
Капуста	3,26	3,27	3,11	3,14
Перец	2,66	2,84	2,91	3,13
Огурцы	2,29	2,38	2,40	2,53
Салат	2,33	2,40	2,35	2,00
Цветная капуста	2,24	2,16	2,18	1,76
Кабачки	1,54	1,55	1,65	1,42

Урожай овощей был более или менее таким же – всего на 0,3 % меньше, чем в 2020 г. Меньшие урожаи салата, цветной капусты и кабачков были компенсированы большим урожаем лука [25]. В Евросоюзе производство лука увеличивалось, а свежих томатов, наоборот, уменьшалось. Наблюдалось ежегодное увеличение производства перца и огурцов, снижение остальных культур в сравнении с предыдущими годами [22, 24].

Доля Российской Федерации в мировом производстве овощей составляет 1,22 %, а посевная площадь под ними – 1 %. На овощные культуры в производстве растениеводческой сельскохозяйственной продукции приходилось в 2020 г. 13,7 % и в 2021 г. 13,4 %.

В России медицински обоснованной нормой потребления овощей на душу населения считается 400 г в день, или 140 кг в год. Если в 1990 г. на душу населения РСФСР потреблялось лишь 89 кг, а УАССР – 80 кг, то в последние годы этот показатель по России увеличился на 27 %, а Удмуртии – на 16 % (табл. 4).

Анализируя показатели потребления овощей на душу населения в Удмуртской Республике, выявили, что в 2005, 2008, 2011 и 2012 гг. они были на уровне 100 кг и выше, а в последнее десятилетие ежегодно снижались. В среднем по России потребление овощей ежегодно незначительно растет [9].

В ведущих странах мира овощей на человека в год потребляется значительно больше: в Китае – 347,83 кг, Иране – 253,37 кг, Турции – 241,25 кг, в США – 113,96 кг [12].

Производство овощей на душу населения в России в 2021 г. составило 92 кг. К основным овощным культурам открытого грунта в России относятся томаты, капуста, лук репчатый, морковь, огурцы (табл. 5).

В 1990 г. в России было выращено 10,33 млн т овощей. К 2021 г. производство увеличилось на 13 %. С 2000 по 2021 г. наблюдается тенденция ежегодного увеличения производства томата в 1,35 раза и снижения производства огурца в 1,56 раза. Также увеличилось производство лука, кабачков и тыквы и уменьшилось производство капусты. Если в 1990 г. овощные культуры в России выращивались в сельскохозяйственных организациях (69,9 %) и хозяйствах населения (30,1 %), то в связи с распадом государственного сектора сельского хозяйства в 90-е годы прошлого столетия производство переместилось из сельхозорганизаций в частный сектор и фермерские хозяйства (рис. 3).

Среди федеральных округов по производству овощей первое место занимает Южный федеральный округ, в 2021 г. здесь произведено 40,67 тыс. т овощей, на втором месте стоит Центральный федеральный округ – 24,83 тыс. т, на третьей позиции оказался Приволжский федеральный округ – 24,43 тыс. т. Северо-Кавказский федеральный округ по этому показателю занял четвертое место – 22,9 тыс. т овощей. Больше всего овощных культур выращено в Астраханской области, Республике Дагестан, Волгоградской области и Краснодарском крае, меньше всего в Ямало-Ненецком и Чукотском автономных округах.

Таблица 4 – Потребление овощей по годам (в расчете на душу населения в год), кг

Регион	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Российская Федерация	89	79	98	102	103	102	102	102	102	104	107	108	107	109
Удмуртская Республика	80	86	95	102	100	96	93	95	94	95	94	94	93	93

Таблица 5 – Валовые сборы овощных культур в Российской Федерации по годам, тыс. т

Культуры	2000	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Овощи открытого и закрытого грунта	10 822	13 185	13 181	13 612	13 685	14 104	13 864	13 478
Овощи открытого грунта:	10 312	11 881	11 698	11 979	11 853	12 091	11 717	11 314
капуста	3017	2768	2743	2706	2519	2646	2652	2375
огурцы	948	759	711	669	703	657	616	605
томаты	1509	1722	1741	1966	2071	2077	2005	2049
свекла столовая	853	825	816	784	838	873	801	741
морковь столовая	1387	1404	1451	1438	1408	1559	1369	1303
лук репчатый	1134	1736	1634	1794	1642	1670	1738	1609
чеснок	179	204	203	206	212	202	190	175
кабачки	486	606	554	531	560	543	537	526
тыква	364	713	643	635	632	652	606	648
прочие овощи	398	1038	1098	1129	1188	1125	1088	1144
Бахчевые продовольственные культуры	537	1783	1884	1815	1970	1785	1584	1897

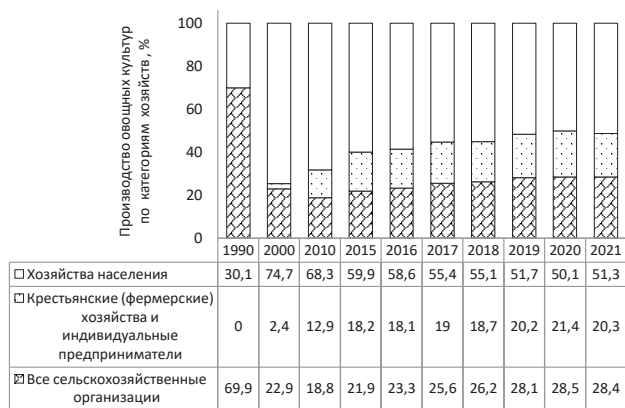


Рисунок 3 – Динамика структуры производства овощей по категориям хозяйств в Российской Федерации (в процентах от общего объема производства)

В хозяйствах всех категорий томаты занимают 16,0 % площади посевов овощных культур, капуста – 15,0, лук репчатый – 11,9, морковь – 9,0, огурцы – 7,8 % (табл. 6).

Практически под всеми овощными культурами наблюдается тенденция снижения площадей, кроме тыквы. В целом посевные площади под овощами в России снизились на 67 % в 2021 г. в сравнении с 2000 г.

В сельхозорганизациях в 2021 г. вырастили томатов 527 тыс. т, моркови столовой – 396 тыс. т, капусты – 364 тыс. т, лука репчатого – 328 тыс. т, свеклы столовой – 230 т,

остальные культуры выращены значительно в меньшем количестве. В крестьянский (фермерских) хозяйствах и ИП по производству овощных культур на первом месте оказался лук со сбором 730 тыс. т, на втором капуста – 435 тыс. т, на третьем морковь столовая – 372 тыс. т, и четвертое место занимали томаты с производством 354 тыс. т. Также вырастили 151 тыс. т свеклы столовой, 111 тыс. т кабачков и 127 тыс. т тыквы, 42 тыс. т огурцов. В хозяйствах населения преобладали капуста – 1576 тыс. т, томаты – 1548 тыс. т и огурцы – 727 тыс. т. Здесь много выращивается моркови, лука и свеклы столовой, а также кабачков, тыквы и др. культур.

В 2021 г. в России реализовано 6,9 млн т овощей, что в полтора раза больше, чем в 2008 г. (4561 тыс. т.), в засушливом 2010 г. – 4167 тыс. т.

За годы исследований в 2019 г. наблюдалась самая высокая средняя урожайность овощей – 251 ц/га, в 2021 г. – 242 ц/га. С 1990 по 2004 г. наблюдалась тенденция снижения средней урожайности овощей с 167 до 134 ц/га. С 2004 г. по настоящее время урожайность овощных культур в Российской Федерации увеличивается [2, 7–8, 11, 13, 16, 20–21].

В Удмуртской Республике общая динамика посевных площадей за 1990–2021 гг. имела тенденцию к снижению (табл. 7).

Таблица 6 – Посевные площади сельскохозяйственных культур в Российской Федерации (хозяйства всех категорий) по годам, тыс. га

Культуры	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Овощи открытого грунта:	744	603	563	551	535	526	517	512	498
капуста всех видов	157	104	84	83	80	76	76	77	71
огурцы	77	57	50	47	44	43	41	40	39
томаты	140	103	89	88	86	83	82	82	79
свекла столовая	57	41	37	36	34	35	36	33	31
морковь столовая	81	62	53	54	51	49	50	46	45
лук репчатый	99	81	67	65	62	62	60	61	56
чеснок	26	25	23	22	22	22	21	21	19
кабачки	29	26	28	25	24	24	24	24	24
тыква	27	30	42	34	33	32	33	34	35
прочие овощи	43	58	70	75	75	75	70	67	69
Бахчевые продовольственные культуры	133	146	181	170	152	140	128	104	112

Таблица 7 – Динамика посевных площадей, занятых овощными культурами, в Удмуртской Республике по годам, тыс. га

Посевные площади	1990	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Вся посевная площадь	1400,8	1143,3	1153,8	1067,2	1028,9	1008,6	1013,1	999,2	945,5	921,4	917,4
Овощи	3,5	7,0	6,7	6,5	6,5	4,3	4,2	3,8	3,6	3,1	3,5

С 2000 по 2021 г. большой спад производства овощных культур наблюдался в сельскохозяйственных предприятиях. Валовый сбор овощных культур в данной категории хозяйств в 2000 г. составил 22,0 тыс. т. К 2021 г. произошло снижение данного показателя на 72 %, валовый сбор овощных культур составил всего 6,1 тыс. т.

Основной объем валового сбора овощных культур получен в хозяйствах населения. С 2000 по 2016 г. наблюдается постепенное увеличение валового сбора овощей с 119,2 до 206,0 тыс. т. С 2017 по 2021 г. сбор овощей в хозяйствах населения снизился с 108,9 до 94,9 тыс. т. Количество овощей, выращиваемых крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, относительно невелико и колеблется по годам с 1,3 тыс. т. в 2000 г. до 14,7 тыс. т. в 2017 г.

В Удмуртской Республике по сбору овощных культур в хозяйствах всех категорий отмечено колебание по годам (табл. 8).

Таблица 8 – Динамика валовых сборов овощных культур в Удмуртской Республике по годам, тыс. т

Овощные культуры	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Овощи открытого и закрытого грунта:	145,6	223,4	141,9	135,3	121,4	116,0	105,5	104,6
огурцы	–	27,1	20,6	19,2	16,7	14,2	13,8	12,7
томаты (помидоры)	–	20,8	22,1	14,0	17,2	15,3	17,2	19,9
капуста	47,5	57,3	47,0	46,5	44,2	43,3	34,6	29,0
морковь столовая	19,0	18,3	15,0	17,7	13,1	13,4	11,7	14,8
свекла столовая	9,7	12,8	10,2	8,8	7,9	8,4	6,7	7,3
лук репчатый	16,4	8,9	8,3	10,1	8,0	9,7	9,0	8,3
Бахчевые продовольственные культуры	–	0,15	0,33	0,08	0,10	0,04	0,15	0,16

Урожайность овощных культур в Удмуртской Республике ежегодно увеличивается. В 2019 г. в сельскохозяйственных организациях получена урожайность 372 ц/га. Средняя урожайность овощных культур в 2021 г. составила 242 ц/га [13, 15–16].

В России и Удмуртской Республике производство овощных культур в основном преобладает в хозяйствах населения. В сельскохозяйственных предприятиях выращивание овощных культур становится нерентабельным (высокие цены на удобрения и семена, преобладает ручной труд), в связи с чем посевные площади под овощными культурами открытого грунта с каждым годом снижаются. Большинство сельскохозяйственных организаций республики выращивают овощи исключительно только для нужд хозяйства. В тепличных хозяйствах выращивают в основном менее трудоемкие овощные культуры с низкими

затратами и коротким вегетационным периодом – зеленные культуры.

Для того чтобы решить эту проблему, необходим устойчивый рост инновационного развития, ориентированный на производство овощей на крупных специализированных предприятиях.

Выводы:

1. В мире выращивается 1148,45 млн т овощных культур на площади около 60 млн га.

2. 78,2 % овощей выращивается в Азии. Китай является крупнейшим производителем овощей, Россия занимает 9-е место. На Россию приходится 1,2 % мирового производства.

3. Наибольшее распространение в мире имеют томаты, капуста, лук, огурцы, баклажаны, морковь, грибы, перец и салат.

4. В Европе в 2020 г. произведено 84,58 млн т овощных культур. Крупнейшими производителями овощных культур в Евросоюзе являются Испания, Италия, Нидерланды.

5. В России в 2021 г. произведено 13,48 млн т овощей. Наибольшие площади заняты томатами, капустой, луком репчатым, морковью и огурцами.

6. В Удмуртской Республике в 2021 г. овощные культуры выращивались на площади 3,5 тыс. га. Основными овощными культурами являются капуста, томаты, морковь, свекла, огурцы, лук.

7. В Российской Федерации и Удмуртской Республике производство овощных культур в основном преобладает в хозяйствах населения.

Список источников

1. Ведущие производители свежих овощей в мире в 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/264662/top-producers-of-fresh-vegetables-worldwide/> (дата обращения 10.10.2022).

2. Гиш Р. А. Овощеводство открытого грунта юга России. Состояние и тенденции развития // Овощи России. 2021. № 4. С. 5–10.

3. Мировое продовольствие и сельское хозяйство – статистический ежегодник за 2021 год [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4477en> (дата обращения 10.10.2022).

4. Мировое производство овощей в 2020 году [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/264065/global-production-of-vegetables-by-type/> (дата обращения 10.10.2022).

5. Особенности роста и развития гибридов томата в защищенном грунте Удмуртской Республики / Е. В. Соколова, Т. Н. Тутова, Т. Е. Иванова [и др.] // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2 (30). С. 80–87.

6. Особенности формирования урожайности томата в защищенном грунте Удмуртской Республики / Т. Н. Тутова, Е. В. Соколова, Л. А. Несмелова, Т. Е. Иванова // Овощи России. 2020. № 2. С. 62–67.

7. Пивоваров В. Ф., Солдатенко А. В. История овощеводства российского. 2 изд., перераб. и доп. Москва: ФГБНУ ФНЦО, 2022. 432 с.

8. Потребление капусты в России: общий объем и показатели на душу населения [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/potreblenie-kapusty-v-rossii-obshchij-obem-i-pokazateli-na-dushu-naseleniya.html> (дата обращения 19.10.2022).

9. Потребление основных продуктов питания (в расчете на душу населения) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31346> (дата обращения 20.10.2022).

10. Продукты животноводства и сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения 10.10.2022).

11. Продукция сельского хозяйства в 2021 году [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.yandex.ru/name=SborVal21.xls> (дата обращения 24.10.2022).

12. Россия и страны мира. 2020: стат. сб. / Росстат. Москва, 2020. 385 с.

13. Сведения о сборе урожая сельскохозяйственных культур по Удмуртской Республике за 2009 год: стат. бюл. № 6 (8685) / Территор. орган Федер. службы гос. статистики по УР. (24 файла : 1 360 384 байтов). Ижевск, 2010.

14. Сельское хозяйство в России. 2021: стат. сб. / Росстат. Москва, 2021. 100 с.

15. Сельское хозяйство Удмуртской Республики: стат. сб. № 250 / Территор. орган Федер. службы гос. стат. по УР. Ижевск: Удмуртстат, 2015.

16. Сельское хозяйство Удмуртской Республики: стат. сб. (по каталогу № 080). № 266 / Территор. орган Федер. службы гос. статистики по УР. Ижевск: Удмуртстат, 2021. 121 с.

17. Статистический ежегодник мировое продовольствие и сельское хозяйство на 2021 год. Производство сельскохозяйственных культур и продук-

тов их переработки [Электронный ресурс]. URL: https://www.fao.org/3/cb4477en/online/cb4477en.html#chapter-2_1 (дата обращения 10.10.2022).

18. Тутова Т. Н. Урожайность и качество сортов репчатого лука в зависимости от срока посадки // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (69). С. 25–33.

19. Тутова Т. Н. Сравнительная оценка биометрических показателей сортов лука порея // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х томах. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. С. 100–104.

20. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения 14.10.2022).

21. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278> (дата обращения 15.10.2022).

22. Crop production in EU standard humidity [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_CPSH1__custom_3605923/default/table?lang=en. (дата обращения 12.10.2022).

23. Eurostat [Электронный ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database> (дата обращения 19.10.2022).

24. FAOSTAT [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения 10.10.2022).

25. Fruit logistica [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fruitlogistica.com/> (дата обращения 21.10.2022).

26. Influence of seed onion planting time on productivity and quality of bulb onion varieties / T. N. Tutova, T. E. Ivanova, E. V. Sokolova, L. A. Nesmelova // conference Series: Earth and Environmental Science. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021». 2022. С. 12–22.

27. The use of complex fertilizers in the cultivation of shallot / T. Ivanova, E. Lekomtseva, E. Sokolova, T. Tutova // Proceedings of the Ecological-Socio-Economic Systems «Models of Competition and Cooperation». Екатеринбург, 2020. V. 392. P. 134–137 (Series Advances in Social Science, Education and Humanities Research).


References

1. Vedushchie proizvoditeli svezhih ovoshchej v mire v 2020 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.statista.com/statistics/264662/top-producers-of-fresh-vegetables-worldwide/> (data obrashcheniya 10.10.2022).

2. Gish R. A. Ovoshchevodstvo otkrytogo grunta yuga Rossii. Sostoyanie i tendencii razvitiya // Ovoshchi Rossii. 2021. № 4. S. 5–10.

3. Mirovye prodovol'stvie i sel'skoe hozyajstvo – statisticheskij ezhegodnik za 2021 god [Elektronnyj resurs]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4477en> (data obrashcheniya 10.10.2022).
4. Mirovye proizvodstvo ovoshchey v 2020 godu [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.statista.com/statistics/264065/global-production-of-vegetables-by-type/> (data obrashcheniya 10.10.2022).
5. Osobennosti rosta i razvitiya gibridov tomata v zashchishchennom grunte Udmurtskoj Respubliki / E. V. Sokolova, T. N. Tutova, T. E. Ivanova [i dr.] // Permskij agrarnyj vestnik. 2020. № 2 (30). S. 80–87.
6. Osobennosti formirovaniya urozhajnosti tomata v zashchishchennom grunte Udmurtskoj Respubliki / T. N. Tutova, E. V. Sokolova, L. A. Nesmelova, T. E. Ivanova // Ovoshchi Rossii. 2020. № 2. S. 62–67.
7. Pivovarov V. F., Soldatenko A. V. Istoriya ovoshchevodstva rossijskogo. 2 izd., pererab. i. dop. Moskva: FGBNU FNCO, 2022. 432 s.
8. Potreblenie kapusty v Rossii: obshchij ob'em i pokazateli na dushu naseleniya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/potreblenie-kapusty-v-rossii-obshchij-obem-i-pokazateli-na-dushu-naseleniya.html> (data obrashcheniya 19.10.2022).
9. Potreblenie osnovnyh produktov pitaniya (v raschete na dushu naseleniya) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31346> (data obrashcheniya 20.10.2022).
10. Produkty zhivotnovodstva i sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (data obrashcheniya 10.10.2022).
11. Produkciya sel'skogo hozyajstva v 2021 godu [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.yandex.ru/name=SborVal21.xls> (data obrashcheniya 24.10.2022).
12. Rossiya i strany mira. 2020: stat. sb. / Rosstat. Moskva, 2020. 385 s.
13. Svedeniya o sbore urozhaya sel'skohozyajstvennyh kul'tur po Udmurtskoj Respublike za 2009 god: stat. byul. № 6 (8685) / Territor. organ Feder. sluzhby gos. statistiki po UR. (24 fajla : 1 360 384 bajtov). Izhevsk, 2010.
14. Sel'skoe hozyajstvo v Rossii. 2021: stat. sb. / Rosstat. Moskva, 2021. 100 s.
15. Sel'skoe hozyajstvo Udmurtskoj Respubliki: stat. sb. № 250 / Territor. organ Feder. sluzhby gos. stat. po UR. Izhevsk: Udmurtstat, 2015.
16. Sel'skoe hozyajstvo Udmurtskoj Respubliki: stat. sb. (po katalogu № 080). № 266 / Territor. organ Feder. sluzhby gos. statistiki po UR. Izhevsk: Udmurtstat, 2021. 121 s.
17. Statisticheskij ezhegodnik mirovye prodovol'stvie i sel'skoe hozyajstvo na 2021 god. Proizvodstvo sel'skohozyajstvennyh kul'tur i produktov ih pererabotki [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.fao.org/3/cb4477en/online/cb4477en.html#chapter-2_1 (data obrashcheniya 10.10.2022).
18. Tutova T. N. Urozhajnost' i kachestvo sortov repchatogo luka v zavisimosti ot sroka posadki // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1 (69). S. 25–33.
19. Tutova T. N. Sravnitel'naya ocenka biometricheskikh pokazatelej sortov luka poreya // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2-h tomah. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. S. 100–104.
20. Urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur (v raschete na ubrannuyu ploshchad' [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (data obrashcheniya 14.10.2022).
21. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278> (data obrashcheniya 15.10.2022).
22. Crop production in EU standard humidity [Elektronnyj resurs]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_CPSH1__custom_3605923/default/table?lang=en. (data obrashcheniya 12.10.2022).
23. Eurostat [Elektronnyj resurs]. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database> (data obrashcheniya 19.10.2022).
24. FAOSTAT [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (data obrashcheniya 10.10.2022).
25. Fruit logistica [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.fruitlogistica.com/> (data obrashcheniya 21.10.2022).
26. Influence of seed onion planting time on productivity and quality of bulb onion varieties / T. N. Tutova, T. E. Ivanova, E. V. Sokolova, L. A. Nesmelova // conference Series: Earth and Environmental Science. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Diditalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021». 2022. S. 12–22.
27. The use of complex fertilizers in the cultivation of shallot / T. Ivanova, E. Lekomtseva, E. Sokolova, T. Tutova // Proceedings of the Ecological-Socio-Economic Systems «Models of Competition and Cooperation». Ekaterinburg, 2020. V. 392. P. 134–137 (Series Advances in Social Science, Education and Humanities Research).

Сведения об авторах:

Т. Н. Тутова , кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-5925-4334>;

Л. А. Несмелова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5409-2180>
Удмуртский ГАУ, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033

 toutova@udm.ru

Original article

ANALYSIS OF WORLD PRODUCTION OF VEGETABLE CROPS

Tatiana N. Tutova[✉], Lubov A. Nesmelova

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

[✉]toutova@udm.ru

Abstract. Vegetable growing is the most important branch of agriculture. It provides the population with such important food products as onions, tomatoes, carrots, cucumbers, cabbage, sweet peppers, table beets etc. The purpose of the research was to analyze the state of vegetable growing in the world, in the European continent, in Russia and in the Udmurt Republic. The results of research on the state of vegetable growing in the world, Russia and the Udmurt Republic are presented. The dynamics of acreage under vegetable crops, gross yields and yielding capacity of vegetables in all categories of farms are analyzed. The research has revealed that 1148.45 million tons of vegetable crops are grown in the world on an area of about 60 million hectares. The production of vegetable crops increases annually. 78.2 % of vegetables are grown in Asia, in Europe – 7.4 %, Russia accounts for only 1.2 % of world production. China is the largest producer of vegetables, Russia ranks 9th in the world. 30–35 vegetable crops are cultivated in the world. The most popular are tomatoes, cabbage, onions, cucumbers, eggplants, carrots, mushrooms, peppers and lettuce. They account for 60 % of world production. 84.58 million tons of vegetable crops were produced in Europe in 2020. Onions are in the first place among the vegetables grown in Europe, accounting for 10.4 million tons, cabbage is in second place – 9.62 million tons, carrots and turnips are in third place – 8.24 million tons. The largest producers of vegetable crops in Europe are Spain, Italy, and the Netherlands. 13.48 million tons of vegetables were produced in Russia in 2021. The largest areas are occupied by tomatoes, cabbage, onions, carrots and cucumbers. The average yield of vegetables in 2021 was 242 kg/ha. In 2021 in the Udmurt Republic vegetable crops were grown on the area of 3.5 thousand hectares. The main vegetable crops are cabbage, tomatoes, carrots, beets, cucumbers, onions.

Key words: vegetable growing, vegetable crops, open ground, acreage, gross harvest, yielding capacity.

For citation: Tutova T. N., Nesmelova L. A. Analysis of world production of vegetable crops. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 4(72): 41-49. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_41-49.

Authors:

T. N. Tutova[✉], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-5925-4334>;

L. A. Nesmelova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5409-2180>

Udmurt State Agricultural University, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033

[✉]toutova@udm.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; одобрена после рецензирования 29.11.2022; принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 07.11.2022; approved after reviewing 29.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ НЕБОЛЬШОГО ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА

Большин Роман Геннадьевич¹, Сторчевой Владимир Федорович²,
Кондратьева Надежда Петровна³✉, Краснолуцкая Мария Геннадьевна⁴

^{1,2}ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Россия

³Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

⁴ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега», Ижевск, Россия

³aer_isha@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты энергетического обследования тепличного хозяйства, принадлежащего ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева». К основным задачам исследования относятся: обследование системы теплоснабжения тепличного хозяйства, определение фактического состояния его систем теплоснабжения; проведение тепловизионного обследования; выявление сверхнормативных потерь тепловой энергии; получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов; разработка энергосберегающих мероприятий для тепличного хозяйства. В результате тепловизионного обследования были выявлены утечки тепла через теплограждающие конструкции теплиц, через изношенную и не соответствующую стандартам теплоизоляцию открыто проложенных трубопроводов и т.д. Расчеты показали, что все это приводит к переплате за тепловую энергию в размере 14 200 руб./месяц по теплице № 1. Предлагается использовать новые трубы, установить узел учета в ИТП, в теплицах использовать цифровую систему автоматического регулирования параметров воздушной среды и почвенного обогрева, применять частотный электропривод для регулирования потока жидкости, а следовательно, температуры теплоносителя, использовать цифровую систему автоматического регулирования тепла.

Ключевые слова: энергосберегающие мероприятия, цифровая система автоматического регулирования тепла, цифровая система управления, автоматическое регулирование параметров среды.

Для цитирования: Разработка энергосберегающих мероприятий для небольшого тепличного хозяйства / Р. Г. Большин, В. Ф. Сторчевой, Н. П. Кондратьева, М. Г. Краснолуцкая // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 50-57. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_50-57.

Актуальность. Работы по энергетическому обследованию тепличного хозяйства РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева выполнены в соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 мая 2010 г. № 340 «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности».

Тепличное хозяйство состоит из восьми теплиц, одна из которых используется в учебно-научных целях, две теплицы – в научно-

производственных целях, остальные пять теплиц имеют производственное назначение.

Для выполнения теплотехнических расчетов необходимо знать геометрическую форму теплиц для расчета площади ограждений. В рассматриваемом нами тепличном хозяйстве теплицы с первой по пятую имеют прямоугольную геометрическую форму; теплицы с шестой по восьмую имеют арочную геометрическую форму. Для региона с холодной зимой интерес представляет задача круглогодичного поддержания в теплицах рассматриваемого нами тепличного хозяйства условий, благоприятных для выращивания различных культур.

Целью работы является поиск технических решений для повышения энергосбережения в тепличном хозяйстве.

Задачи исследования:

1. Определить фактическое состояние системы теплоснабжения тепличного хозяйства.
2. Провести тепловизионное обследование.
3. Выявить сверхнормативные потери тепловой энергии; получить объективные данные об объеме используемых энергетических ресурсов.
4. Разработать энергосберегающие мероприятия для тепличного хозяйства.

Материалы и методы. Исследования выполнены сотрудниками электроизмерительной лаборатории кафедры «Автоматизация и роботизация технологических процессов имени академика И. Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева», методическое обеспечение осуществили специалисты кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева» и кафедры «Автоматизированный электропривод» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (Удмуртский ГАУ).

Для определения основных направлений энергетического обследования с целью выявления мест нерационального энергопотребления и оценки потенциала энергосбережения был уточнен ситуационный план (конфигурация) тепловых сетей тепличного хозяйства.

Теплоноситель (сетевая вода) для тепличного хозяйства поступает от центрального теплового пункта ЦТП 1220/007 через индивидуальный тепловой пункт ИТП по прямому (подающему) трубопроводу диаметром Ø100 мм и возвращается в тепловой пункт по обратному трубопроводу с диаметром Ø100 мм. При этом приборы контроля давления, температуры теплоносителя (рис. 1) и узел учета расхода тепловой энергии установлены в здании ЦТП, что не позволяет контролировать расходы тепловой энергии в исследуемой теплице.

Методика расчета требуемой мощности системы отопления теплиц [1, 15]. Для определения необходимой мощности системы отопления теплиц рассматривается период минимального прихода теплоты извне (зимнее время года, ночной период суток), то есть приходом теплоты извне пренебрегаем из-за его ничтожно малых значений.

При этом величина необходимой мощности системы отопления ($Q_{\text{сист.от}}$, Вт) определяется согласно выражению

$$Q_{\text{сист.от}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} \pm Q_{\text{почв}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{огр}}$ – потери теплоты через ограждающие конструкции теплицы, Вт;

$Q_{\text{инф}}$ – потери теплоты на инфильтрацию воздуха (за счет движения воздуха через различные щели), Вт;

$Q_{\text{почв}}$ – потери теплоты на обогрев почвы внутри теплицы, Вт.

На обогрев почвы внутри теплицы затрачивается менее 5 % всего объема теплоты, поэтому в дальнейших расчетах величина $Q_{\text{почв}}$ не учитывается. Долю потерь теплоты на инфильтрацию воздуха можно выразить величиной коэффициента инфильтрации $k_{\text{инф}} = 1,25$.

Тогда выражение (1) примет вид следующего уравнения теплопередачи:

$$Q_{\text{сист.от}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} = k_m \times S_{\text{огр}} \times (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \times k_{\text{инф}}, \quad (2)$$

где k_m – коэффициент теплопередачи ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$);

$S_{\text{огр}}$ – площадь ограждающих поверхностей теплицы, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$, $t_{\text{нар}}$ – температура воздуха внутри и снаружи теплицы, °C ;

$k_{\text{инф}}$ – коэффициент инфильтрации.



Рисунок 1 – Приборы контроля параметров теплосетей для тепличного хозяйства кафедры

Результаты и обсуждение. Результаты тепловизионного обследования систем теплоснабжения и теплопотребления приведены на рисунках ниже.

От ИТП теплоноситель поступает по подземному трубопроводу в теплицу № 4 с температурой $T_1 = 79,4 \text{ }^\circ\text{C}$ и возвращается в тепловой пункт с температурой $T_2 = 67,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2).

Сетевая вода (теплоноситель), поступившая в теплицу № 4, далее распределяется по подземным трубопроводам в системы отопления теплиц № 1, 2, 3, 5 (рис. 3, 4). В арочные теплицы № 6, 7, 8 сетевая вода подается по надземным трубопроводам через теплицу № 4 до теплицы № 7.

На рисунках 3, 4 видно, что наружная теплоизоляция трубопроводов пришла в негодность, так как тепловизор показывает в некоторых местах температуру плюс 50...70 °С при наружной температуре минус 0,4 °С. Ана-

логичные результаты были получены по всей длине трубопровода, проложенного открытым способом. Температура поверхностей трубопровода на оголенных участках достигает 73 °С, на участках, покрытых пленочной изоляцией, она изменяется от 15 °С до 40 °С. Все это говорит о значительных утечках тепла по всей длине трубопровода и неэффективности имеющейся теплоизоляции.

На момент обследования выявлен ряд нарушений теплограждающих конструкций теплиц. В теплицах № 6–8 необходимо устранить «мостики холода» конструкций (рис. 5), нужно устранить повреждения вентиляционной системы в теплице № 6, при которой прогретый воздух беспрепятственно выводится наружу, тем самым значительно снижая температуру внутри теплицы (рис. 6). Соответственно на нагрев воздуха тратятся избыточные топливно-энергетические ресурсы.



Рисунок 2 – Параметры сетевой воды для тепличного хозяйства внутри теплицы № 4

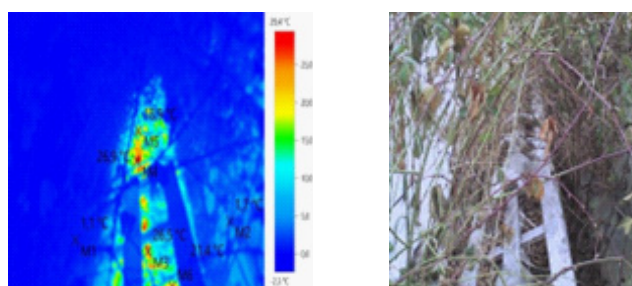


Рисунок 3 – Потери теплоты на выходе теплосети из теплицы № 4: температура снаружи теплоизоляции 59,3 °С, при температуре наружного воздуха -0,4 °С

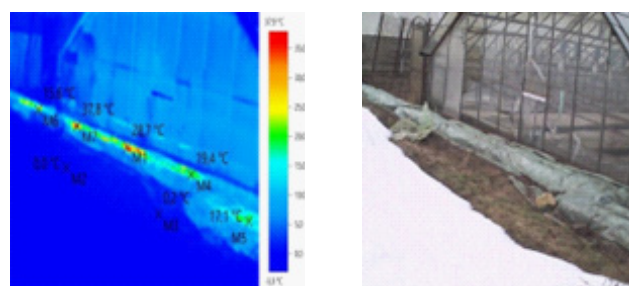


Рисунок 4 – Фрагменты трубопровода из теплицы № 4 в теплицу № 6

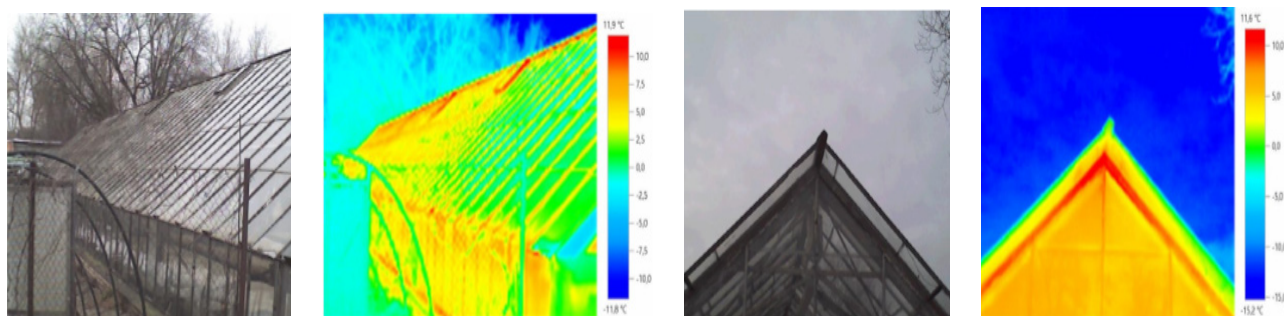


Рисунок 5 – Потери теплоты на конструкциях теплицы № 3

На рисунке 5 видно, что температура воздуха под коньком достигает 10 градусов и больше, тепло частично выходит наружу через щели, через неплотно закрытые фрамуги и щели между частями теплоотражающих конструкций.

На рисунке 6 показаны тепловые излучения кирпичной кладки фасада теплицы № 3. Разница между температурой воздуха и температурой фасада достигает почти 6 °С при температуре наружного воздуха 0 °С. Наблюдаются утечки тепла через щели конструкций (рис. 6).

На рисунке 8 видно, что температура воздуха под коньком более 10 °С, частично тепло выходит наружу через щели, неплотно закрытые фрамуги.

Расчет требуемой мощности системы отопления теплиц проведен на примере теплицы № 1 [2, 9].

Исходные данные: длина теплицы 14,6 м; ширина теплицы 6,10 м; высота теплицы (в коньке) 4,65 м; высота боковой стены теплицы 1,4 м. Материал кровли и стен – одинарное стекло толщиной 6 мм. Полная площадь остекления 207,93 м². Температура воздуха внутри теплицы: $t_{вн} = 4$ °С (заявленное нормативное значение); $t_{внеш} = 15,1$ °С; температура воздуха снаружи теплицы: $t_{нар} = -15$ °С (среднее значение); $t_{нар} = -29$ °С (для наиболее холодной пятидневки).

Коэффициент теплопередачи для ограждения в виде стеклянного покрытия составляет 6,4 Вт/(м²·°С).

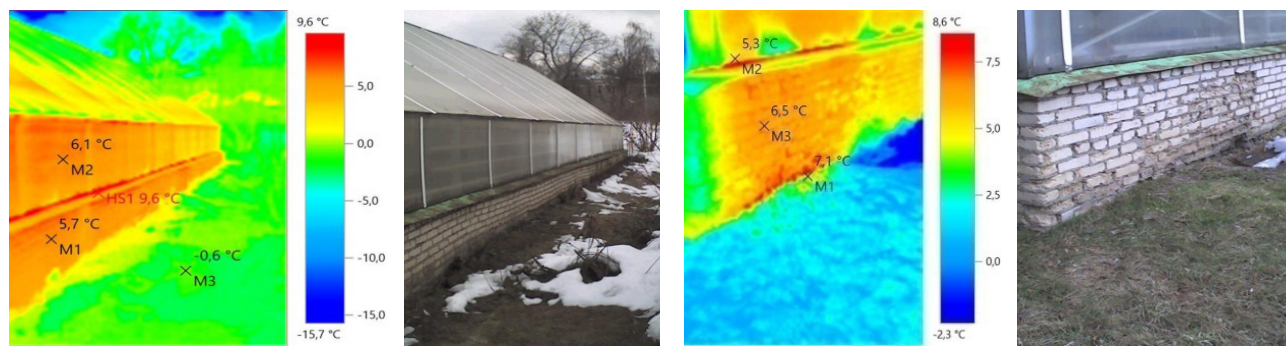


Рисунок 6 – Термограмма фасада теплицы № 3

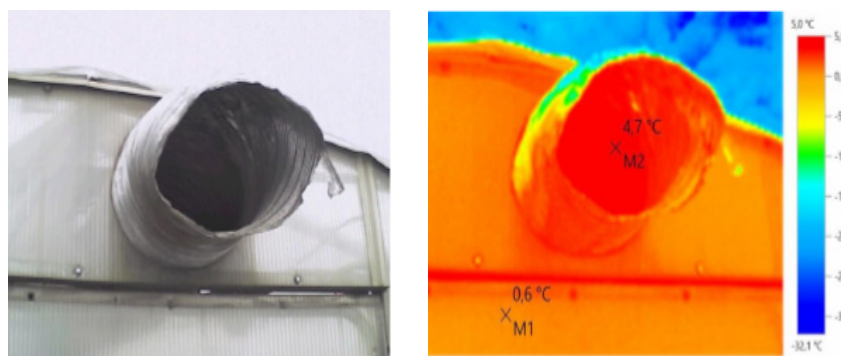


Рисунок 7 – Потери тепла на арочной теплице № 6 из-за поврежденной конструкции системы вентиляции

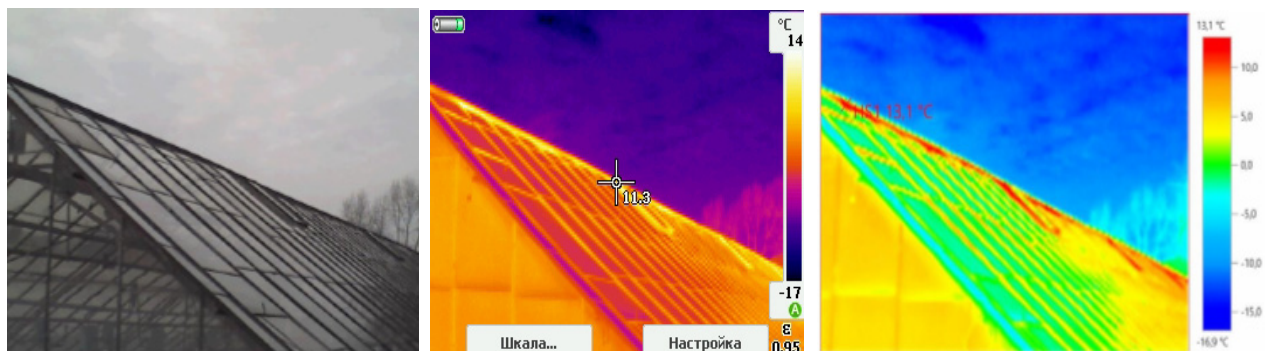


Рисунок 8 – Термограммы потерь тепла через кровлю теплицы № 3

1. Необходимая мощность системы отопления для теплицы № 1:

$$Q_{\text{сист.от}}^p = 6,4 \times 207,93 \times (4 - (-15)) \times 1,25 = 31,6 \text{ кВт.}$$

Действительная мощность системы отопления теплицы составляет на момент измерения 9.02.2022 г.:

$$Q_{\text{сист.от}}^{\phi} = 6,4 \times 207,93 \times (15,1 - (-15)) \times 1,25 = 50,1 \text{ кВт.}$$

Действительная мощность системы отопления превышает необходимую мощность на 18,5 кВт, что приводит к перерасходу тепловой энергии от теплосетей.

2. Определение параметров системы отопления.

В рассматриваемой нами теплице применяется трубная система отопления. Расчет трубной системы отопления заключается в определении диаметра труб и их длины. Зафиксированная (09.02.2022 г.) температура воды, поступающей по теплосети в теплицу, $T_1 = 44 \text{ }^\circ\text{C}$, температура выходящей из теплицы воды на обратном трубопроводе $T_2 = 35,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{сист.от}} = k_{\text{тр}} \times S_{\text{отоп}} \times (t_{\text{ср.в}} - t_{\text{нар}}), \quad (3)$$

где $k_{\text{тр}}$ – коэффициент теплопередачи для труб системы отопления. Для гладких стальных труб величина коэффициента теплопередачи $k_{\text{тр}} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

$S_{\text{отоп}}$ – площадь поверхности труб отопления, м^2 ;

$t_{\text{ср.в}}$ – средняя температура воды в системе, $^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{ср.в}} = (T_1 + T_2)/2 = (44 + 35,4)/2 = 39,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Из выражения (3) определим площадь поверхности труб отопления:

$$S_{\text{отоп}} = \frac{Q_{\text{сист.от}}}{k_{\text{тр}} \times (t_{\text{ср.в}} - t_{\text{нар}})}, \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{отоп}} = \frac{31\,600}{12 \times (39,7 - 4)} = 73,76 \text{ , м}^2.$$

Диаметр труб системы отопления теплицы составляет 50 мм. При этом длина труб должна быть

$$L = S_{\text{отоп}}/\pi \times d.$$

$$L = 73,76/3,14 \times 0,05 = 469,8 \text{ м.}$$

Фактически измеренная длина труб отопления составляет 600 м, при этом:

а) площадь поверхности труб отопления

$$S_{\text{отоп}} = \pi \times d \times L = 3,14 \times 0,05 \times 600 = 94,2 \text{ м}^2.$$

б) мощность системы отопления

$$Q_{\text{сист.от}} = 12 \times 94,2 \times (39,7 - 4) = 40,4 \text{ кВт.}$$

Кроме этого в теплице имеются трубы отопления диаметром 60 мм, которые при длине 29 м имеют площадь

$$S_{\text{отоп}} = \pi \times d \times L = 3,14 \times 0,06 \times 29 = 5,46 \text{ м}^2$$

и дают дополнительно

$$Q_{\text{сист.от}} = 12 \times 5,46 \times (39,7 - 4) = 2,34 \text{ кВт}$$

тепловой мощности.

Таким образом, фактическая суммарная тепловая мощность смонтированной в теплице трубной системы отопления составляет

$$Q_{\text{сум.м}} = 40,4 + 2,34 = 42,74 \text{ кВт.}$$

Суммарная мощность трубной системы отопления в теплице превышает необходимую тепловую мощность для поддержания оптимального температурного режима на

$$(42,74 - 31,6) = 11,14 \text{ кВт,}$$

что приводит к постоянному перерасходу тепловой энергии.

Перерасход энергии в сутки:

$$86\,400 \text{ с} \times 11\,140 \text{ Дж/с} = 984,96 \text{ МДж.}$$

Перерасход тепловой энергии в месяц:

$$984,96 \text{ МДж} \times 30 \text{ сут.} = 29,55 \text{ ГДж} = 7,062 \text{ Гкал.}$$

При действующих на 2022 г. тарифах на тепловую энергию для города Москвы – для отопления 2010,73 руб./Гкал (Приказ Департамента экономической политики и развития города Москвы от 15.12.2021 № 319-ТР), пере-

плата за тепловую энергию по теплице № 1 составляет:

$$2010,73 \times 7,062 = 14\,200 \text{ руб./месяц.}$$

Выводы и рекомендации по энергосбережению в тепличном хозяйстве:

1. Устранение утечек тепла через теплоотражающие конструкции теплиц [7].

2. Ввиду значительной утечки тепла через изношенную и не соответствующую стандартам теплоизоляцию открыто проложенного участка трубопровода между теплицами № 4 и 6 рекомендуется замена трубопровода на новый с теплоизоляцией, предусмотренной для прокладки открытым способом на широте умеренного климата [3, 11, 13].

3. Установка узла учета в ИТП. Установка узлов учета тепла в теплицах [5, 8, 12].

4. Использование систем управления для автоматического регулирования требуемых параметров воздушной среды и почвенного обогрева [4, 6, 14].

5. Использование частотного электропривода для регулирования потока жидкости и систем автоматического регулирования тепла [10, 16].

Список источников

1. Автоматизация работы теплично-парникового хозяйства / С. В. Степанова, В. П. Друзянова, О. М. Осмонов [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 12. С. 140–142.

2. Загинайлов В. И., Зажигин В. В., Сторчевой В. Ф. Определение электро- и энергоемкости производства сельскохозяйственной продукции предприятиями АПК // Растениеводство и луговое хозяйство: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. 2020. С. 809–814.

3. Инженерные решения. Трубы для магистрального отопления [Электронный ресурс]. URL: <https://in-service47.com/raschet-sistemy-otopleniya-chastnogo-doma-programma/> (дата обращения 24.02.2022).

4. Инженерные системы. Регулирование температуры теплоносителя в системе отопления [Электронный ресурс]. URL: <https://in-service47.com/regulirovanie-temperatury-teplonositelya-v-sisteme-otopleniya/> (дата обращения 25.02.2022).

5. Комплект теплосчетчика купить в Москве. Цены на счетчики тепла в комплекте в интернет-магазине Avitek [Электронный ресурс]. URL: https://avitek-i.ru/catalog/pribory_ucheta_teplo_vody/teploschetchiki/komplekty/ (дата обращения 14.04.2022).

6. ОВЕН. Оборудование для автоматизации. Контрольно-измерительные приборы [Электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru/> (дата обращения 25.02.2022).

7. РЕСУРСПРОМАЛЪЯНС. Электротехническое снабжение. Реконструкция зданий для улучшения энергосбережения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ess-ltd.ru/auzhkh-42/rekonstruktsiya-zdaniy/> (дата обращения 25.02.2022).

8. Стандартный узел учета тепловой энергии. УУТЭ под ключ. Узлы учета тепловой энергии (теплосчетчики) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.doorchange.ru/> (дата обращения 27.02.2022).

9. Сторчевой В. Ф., Петров А. К. Методика расчета светодиодных облучателей в теплице для светокультуры салат // Наука и инновации – современные концепции: сб. науч. ст. по итогам работы Междунар. науч. форума. Москва, 2021. С. 225–231.

10. ТрейдЭнергоСервис. Система автоматического регулирования тепла (САРТ) [Электронный ресурс]. URL: <http://tes73.ru/teplosnabzhenie/sistema-avtomaticheskogo-regulirovaniya-tepla-sart/> (дата обращения 25.02.2022).

11. Цилиндры минераловатные LINEWOOL для теплоизоляции труб [Электронный ресурс]. URL: <http://linewool.ru/?yclid=6854704843050450943> (дата обращения 14.04.2022).

12. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". 2021. С. 012004.

13. Effect of high-voltage spark discharges on reduction of the concentration of total bacterial count in wastewater / A. Belov, A. Vasilyev, A. Dorokhov [et al.] // Journal of Water Process Engineering. 2022. Т. 45. С. 102465.

14. Energy-saving electric equipment applied in agriculture / N. P. Kondrateva, R. G. Bolshin, V. V. Belov, M. G. Krasnolutsкая // International Science and Technology Conference EastConf. 2019. С. 436–438.

15. Prospects for the development of rural power industry in russia / O. G. Karataeva, N. N. Pulyaev, O. M. Osmonov [et al.] // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Ser. "Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 205" Heidelberg, 2021. С. 889–895.

16. RusAutomation. Регулирование потока жидкости с применением частотного электропривода [Электронный ресурс]. URL: <https://rusautomation.ru/articles/regulirovanie-potoka-zhidkosti-s-primeneniem-chastotnogo-elektroprivoda/> (дата обращения 25.02.2022).

References

1. Avtomatizaciya raboty teplichno-parnikovo-go hozyajstva / S. V. Stepanova, V. P. Druz'yanova, O. M. Osmonov [i dr.] // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2021. № 12. S. 140–142.
2. Zaginajlov V. I., Zazhigin V. V., Storchevoj V. F. Opredelenie elektro- i energoemkosti proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii predpriyatiyami APK// Rasteniievodstvo i lugovodstvo: sbornik statej Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. 2020. S. 809–814.
3. Inzhenernye resheniya. Truby dlya magistrali otopleniya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://in-service47.com/raschet-sistemy-otopleniya-chastnogo-doma-programma/> (data obrashcheniya 24.02.2022).
4. Inzhenernye sistemy. Regulirovanie temperatury teplonositelya v sisteme otopleniya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://in-service47.com/regulirovanie-temperatury-teplonositelya-v-sisteme-otopleniya/> (data obrashcheniya 25.02.2022).
5. Komplekt teploschetchika kupit' v Moskve. Ceny na schetchiki tepla v komplekte v internet-magazine Avitek [Elektronnyj resurs]. URL: https://avitek-i.ru/catalog/pribory_ucheta_tepla_i_vody/teploschetchiki/komplekty/ (data obrashcheniya 14.04.2022).
6. OVEN. Oborudovanie dlya avtomatizacii. Kontrol'no-izmeritel'nye pribory [Elektronnyj resurs]. URL: <https://owen.ru/> (data obrashcheniya 25.02.2022).
7. RESURSPROMAL'YANS. Elektrotehnicheskoe snabzhenie. Rekonstrukciya zdaniy dlya uluchsheniya energosberezheniya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.ess-ltd.ru/auzhkh-42/rekonstruktsiya-zdaniy/> (data obra-shcheniya 25.02.2022).
8. Standartnyj uzal ucheta teplovoj energii. UUTE pod klyuch. Uzly ucheta teplovoj energii (teploschetchiki) [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.doorchange.ru/> (data obrashcheniya 27.02.2022).
9. Storchevoj V. F., Petrov A. K. Metodika rascheta svetodiodnyh obluchatelej v teplice dlya svetokul'tury salat // Nauka i innovacii – sovremennye koncepcii: sb. nauch. st. po itogam raboty Mezhdunar. nauch. foruma. Moskva, 2021. S. 225–231.
10. TrejdEnergServis. Sistema avtomaticheskogo regulirovaniya tepla (CART) [Elektronnyj resurs]. URL: <http://tes73.ru/teplosnabzhenie/sistema-avtomaticheskogo-regulirovaniya-tepla-sart> (data obrashcheniya 25.02.2022).
11. Cilindry mineralovatnye LINEWOOL dlya teploizolyacii trub [Elektronnyj resurs]. URL: <http://linewool.ru/?yclid=6854704843050450943> (data obrashcheniya 14.04.2022).
12. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Kras-nolutskaya [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". 2021. S. 012004.
13. Effect of high-voltage spark discharges on reduction of the concentration of total bacterial count in wastewater / A. Belov, A. Vasilyev, A. Dorokhov [et al.] // Journal of Water Process Engineering. 2022. T. 45. S. 102465.
14. Energy-saving electric equipment applied in agriculture / N. P. Kondrateva, R. G. Bolshin, V. V. Belov, M. G. Krasnolutskaya // International Science and Technology Conference EastConf. 2019. S. 436–438.
15. Prospects for the development of rural power industry in russia / O. G. Karataeva, N. N. Pulyaev, O. M. Osmonov [et al.] // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Ser. "Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 205" Heidelberg, 2021. S. 889–895.
16. RusAutomation. Regulirovanie potoka zhidkosti s primeneniem chastotnogo elektroprivoda [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rusautomation.ru/articles/regulirovanie-potoka-zhidkosti-s-primeneniem-chastotnogo-elektroprivoda/> (data obrashcheniya 25.02.2022).

Сведения об авторах:

Р. Г. Большин¹, кандидат технических наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>;

В. Ф. Сторчевой², доктор технических наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0002-6929-3919>;

Н. П. Кондратьева^{3✉}, доктор технических наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0002-1784-3560>;

М. Г. Краснолуцкая⁴, кандидат технических наук, преподаватель,
<https://orcid.org/0000-0002-8951-4686>

^{1,2}ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева»,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

³Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

⁴ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега», ул. 7-я Подлесная, 11, Ижевск, Россия, 426069

[✉]aep_isha@mail.ru

Original article

DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING MEASURES FOR A SMALL GREENHOUSE

Roman G. Bolshin¹, Vladimir F. Storchevoy²,
Nadezhda P. Kondratyeva³✉, Mariya G. Krasnolutskaya⁴

^{1,2}RSAU–MTAA named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

³Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

⁴Educational and Scientific Innovation Center "Omega", Izhevsk, Russia

³aep_isha@mail.ru

Abstract. *The article presents the results of an energy survey of a greenhouse farm owned by the FSBEI HE "RSAU – MTAA named after K. A. Timiryazev". The main tasks of the research include: examination of the heat supply system of a greenhouse, determination of the actual state of its heat supply systems; thermal imaging survey; identification of excess heat energy losses; obtaining objective data on the amount of energy resources used; development of energy-saving measures for a greenhouse. As a result of the thermal imaging survey, heat leaks were detected through the heat-insulating structures of greenhouses, through worn-out and non-standard insulation of openly laid pipelines, etc. Calculations have shown that all this leads to an overpayment for thermal energy in the amount of 14,200 rubles/month for greenhouse № 1. It is proposed to use new pipes, to install a metering unit in the ITP, to use a digital system for automatic regulation of the parameters of the air environment and soil heating, to use a frequency electric drive to regulate the flow of liquid, and therefore the temperature of the coolant, to use a digital system for automatic regulation of heat.*

Key words: *energy-saving measures, digital system of automatic heat regulation, digital control system, automatic regulation of environmental parameters.*

For citation: *Bolshin R. G., Storchevoy V. F., Kondratyeva N. P., Krasnolutskaya M. G. Development of energy-saving measures for a small greenhouse. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 4 (72): 50-57. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_50-57.*

Authors:

R. G. Bolshin¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>;

V. F. Storchevoy², Doctor of Technical Sciences, Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-6929-3919>;

N. P. Kondratyeva³✉, Doctor of Technical Sciences, Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-1784-3560>;

M. G. Krasnolutskaya⁴, Candidate of Technical Sciences, Lecturer,
<https://orcid.org/0000-0002-8951-4686>

^{1,2}RSAU – MTAA named after K. A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russia, 127550;

³Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069;

⁴Educational and Scientific Innovation Center "Omega", 11 7-ya Podlesnaya St., Izhevsk, Russia, 426069

³aep_isha@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 04.10.2022; одобрена после рецензирования 20.10.2022;
принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 04.10.2022; approved after reviewing 20.10.2022;
accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 620.179.4

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_58-64

К ВОПРОСУ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ СО СТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Ипатов Алексей Геннадьевич^{1✉}, Харанжевский Евгений Викторович^{2✉},
Дородов Павел Владимирович³, Шмыков Сергей Николаевич⁴,
Малинин Александр Васильевич⁵

^{1,3,4,5}Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

²УдГУ, Ижевск, Россия

¹ipatow.al@yandex.ru

²eh@udsu.ru

Аннотация. Керамические материалы и функциональные покрытия на основе керамических соединений обладают рядом преимуществ по сравнению со стандартными конструкционными металлическими сплавами. Для них характерны высокая твердость и термостойкость, улучшенные трибологические свойства и прочность. Широкое применение керамических материалов ограничено их низкой технологичностью, отсутствием эффективных технологических процессов получения. Проблема низкой технологичности керамических материалов связана с отсутствием эффективной адгезии керамических структур с металлическими поверхностями, что ограничивает возможности их синтеза. Учеными Удмуртского государственного университета и Удмуртского государственного аграрного университета разработан метод получения карбонитридных покрытий на основе бора с использованием высокоскоростного лазерного сплавления порошковых материалов. Полученные покрытия характеризуются высокой прочностью адгезии к стальной поверхности. Целью работы является изучение эффективности адгезии керамических покрытий к металлической стальной поверхности. Для оценки адгезионных свойств получены лабораторные образцы с тонким керамическим покрытием. Лабораторные образцы подвергли износным испытаниям и испытаниям на ударный изгиб. Для выявления картины поверхности излома выполнили электронную микроскопию. Химический состав покрытия и адгезионной зоны определили методом рентгеновского спектроскопического метода. Результаты исследований показали, что керамические покрытия обладают плотной и ровной структурой без видимых трещин и сколов. В адгезионной зоне не наблюдается пор, отслоения и продольных трещин. Усталостные износные испытания показали высокую термостойкость и устойчивость к заеданию поверхностей трения. Рентгеновский анализ зоны адгезии выявил наличие устойчивых химических соединений на основе карбидов и боридов. Формирование химических соединений связано с термически реакционной смешиваемостью компонентов керамического покрытия с металлической основой под действием импульсного высокотемпературного воздействия лазерного излучения.

Ключевые слова: керамические покрытия, адгезионная прочность, высокоскоростное лазерное сплавление, антифрикционные свойства.

Для цитирования: К вопросу адгезионной прочности керамических покрытий со стальной поверхностью / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, П. В. Дородов [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 58-64. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_58-64.

Актуальность. Керамические функциональные покрытия находят все большее применение в зарубежном и отечественном машиностроительном производстве.

Положительные и отрицательные характеристики керамических материалов известны давно [8–10, 12]. Наибольшая сложность при получении керамических покрытий заключается в формировании качественной адгезии керамических материалов с металлической поверхностью, так как это оказывает критически важное влияние на комплекс

физико-механических свойств [1, 3, 5, 7]. Принципиальные трудности при получении металлокерамических соединений включают следующие факторы:

- ионные или ковалентные связи электронов поверхностных атомов в керамике;
- различия в коэффициенте термического расширения;
- низкая теплопроводность керамики;
- различие в температурах плавления;
- формирование интерметаллидных фаз с высокой хрупкостью;

– отсутствие химического взаимодействия на границе контакта металла и керамики.

Коллективом авторов [9, 12] разработана технология получения тонких карбонитридных покрытий на основе бора. Технология получения покрытия основана на использовании высокоскоростного лазерного спекания порошковых материалов. Исследованиями, проведенными научной группой [4, 9, 12], было установлено, что высокая плотность и короткая длительность лазерных импульсов приводят к перегреву в локальной зоне вблизи границы раздела порошок/подложка до температур около 3500 °С, которые намного превышают температуру плавления керамических порошков на основе бора (температура плавления BN – 2973 и B₄C – 2350 °С) [12], при этом оплавляется тонкий слой стальной подложки глубиной до 20 мкм. Перемешивание расплава в жидкой фазе и развитие сверхвысоких температур приводят к активному взаимодействию керамики на основе бора и расплавленной стальной подложки с формированием устойчивых адгезионных связей.

Целью работы является исследование адгезии тонких керамических покрытий с металлической поверхностью.

Материал и методы исследований. Для анализа адгезии керамических покрытий с поверхностью металлических сплавов изготовили лабораторные образцы на поверхности стальной подложки (рис. 1). Методика подготовки порошковой композиции и технология нанесения покрытия с использованием короткоимпульсного лазерного излучения описана в работах [2, 3, 6]. В качестве стальной подложки использовали стандартные образцы в соответствии с ГОСТ 9454-78, предназначенные для испытания на ударный изгиб.

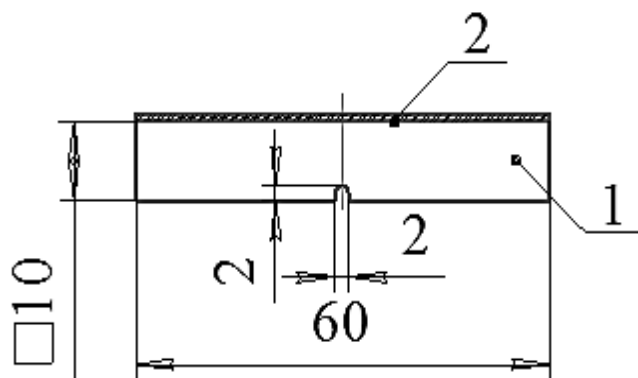


Рисунок 1 – Лабораторный образец керамического покрытия:

1 – сталь 40X; 2 – карбонитридное покрытие на основе бора

В процессе испытания на ударный изгиб анализировали зону слома на предмет наличия трещин и отслоения керамического покрытия от стальной подложки, с этой целью образцы были разломаны в зоне действия концентратора напряжений. Поверхность слома исследовали на спектральном электронном микроскопе.

Для анализа адгезионной зоны в условиях усталостной нагрузки выполнили трибологические исследования по ГОСТ 30480-97 на машине трения СМТ-2070 в условиях ограниченной смазки. При испытании регистрировали коэффициент трения и изменение температуры в зоне контакта.

Оценку химического и фазового состава покрытия и адгезионной зоны выполнили при помощи рентгеновского фотоэлектронного спектрометра.

Результаты экспериментов анализировали при помощи программного обеспечения CasaXPS. Основная задача химического и фазового анализа сводилась к определению наличия устойчивых химических соединений.

Просвечивающую электронную микроскопию выполнили с помощью микроскопа модели ЭМ-125.

Результаты исследований. Экспериментальные исследования подтвердили наши ожидания: синтезируемые карбонитридные покрытия на основе бора имеют высокую адгезию. Для достоверности высокой адгезии были дополнительно выполнены многослойные карбонитридные покрытия толщиной до 100 мкм на стальной поверхности, при этом следов отслоения, сколов и разрушения в покрытиях при макроанализе не выявили. Более подробно структура и свойства многослойных керамических покрытий представлены в работе [11].

Для оценки качества адгезии использовали однослойные карбонитридные покрытия, поскольку многослойная структура подвержена многократному термоциклированию и имеет внутренние напряжения, негативно влияющие на качество адгезии. Поверхность излома после испытания на ударный изгиб исследовали методом СЭМ. На рисунке 2а представлена поверхность карбонитридного покрытия, характеризующаяся однородной структурой и низкой шероховатостью. Шероховатость поверхности достигает Ra3,2, что характерно для чистого и тонкого точения [5].

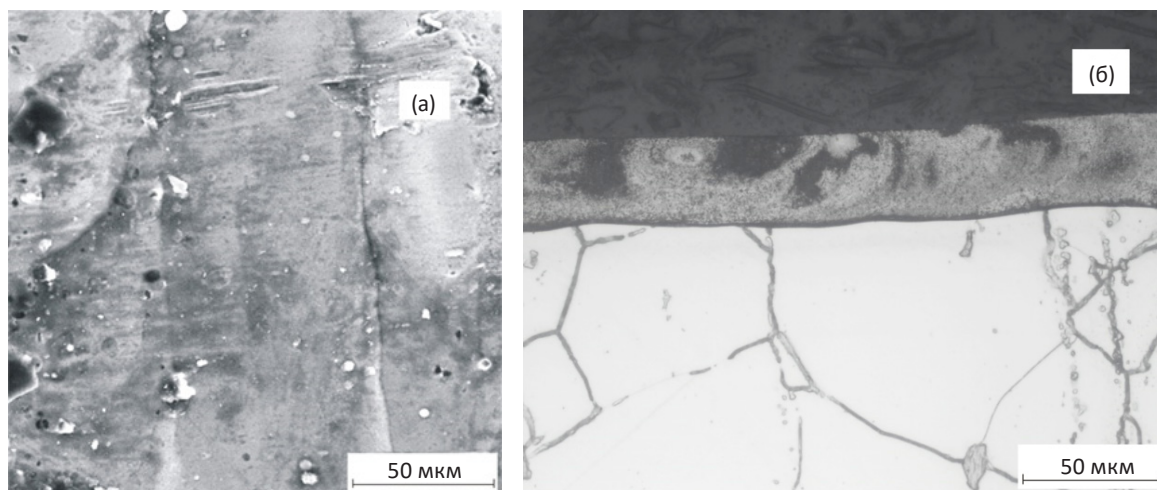


Рисунок 2 – Поверхность покрытия и поперечный срез карбонитридного покрытия на металлической подложке. Поперечный микрошлиф протравлен

Наиболее важной с точки зрения качества адгезии является зона сплавления керамического покрытия со стальной поверхностью (рис. 2б). Поверхность адгезии имеет ровную линию, что указывает на высокую интенсивность оплавления тонкого поверхностного слоя стальной подложки и минимальную деформацию зоны сплавления. Следов окисления и наличия нежелательных компонентов нет – технология селективного лазерного сплавления керамических покрытий, разработанная авторами [9, 12], имеет высокую чистоту. Отсутствие оксидов и примесей – основные факторы, дающие высокую адгезию покрытий с подложкой. Граница зоны сплавления не имеет трещин как в продольном, так и поперечном направлении, что говорит о низких растягивающих напряжениях, вызванных быстрым, но равномерным охлаждением расплавленного объема материала при короткоимпульсной лазерной обработке. Поверхность покрытия обогащена бором и небольшим количеством кислорода, абсорбированного при лазерной обработке.

Чтобы проверить адгезию, провели испытания усталостного износа по схеме нагружения «диск-колодка». Метрологическая регистрация коэффициента трения предлагает простой метод качественной оценки адгезии металло-керамических соединений, полученных высокоскоростным лазерным спеканием на металлических поверхностях. Регистрируемый коэффициент трения во время испытаний в условиях сухого трения скольжения оставался стабильным в течение 2 часов и составлял около 0,22. Стабильность коэффициента трения в течение длительного периода означает, что процесса расслаивания покрытия не происходит. Температура во время испытаний из-

мерялась термопарой и не превышала 300 °С. Момент полного износа нанесенного керамического слоя в локальной области контакта был установлен скачкообразным увеличением коэффициента трения, когда керамический слой был почти полностью изношен с поверхности стального образца. СЭМ-изображение образца с покрытием из B_4C-BN после испытания показано на рисунке 3а.

Измерения EDX показывают, что химический состав изношенной поверхности зависит от положения на рисунке 3а. В то время как область 2 почти полностью состоит из B_4C (73,7 % бора и 22,7 % углерода, здесь и далее указаны мас.%), то область 1 содержит: Fe – 85,3 %, В – 7,2 % и С – 4,5 %. Область 3 на рисунке 3 содержит: Fe – 52,5 %, В – 33,4 % и С – 12,6 % и образуется во время лазерной обработки в результате высокотемпературной химической реакции между стальной подложкой и карбидом бора. По данным EDX-анализа можно сделать вывод, что внутренняя часть области 3 на рисунке 3а в основном состоит из фазы Fe-B, а внешние поля принадлежат фазе Fe_2B . Микроструктура области 2 относится к эвтектическому типу, и такой разный фазовый состав этой локальной зоны может быть сформирован в результате сильнонеравновесного затвердевания. Другим способом проверки адгезии является испытание на ударный излом, когда образец подвергается ударному разрушению в поперечном направлении вместе с анализируемым карбонитридным покрытием. Структура поверхности слома лабораторного образца представлена на рисунке 3б. Зона сплавления после ударной нагрузки не разрушилась, отсутствует расслоение на границе раздела стальная подложка – керамическое покрытие.

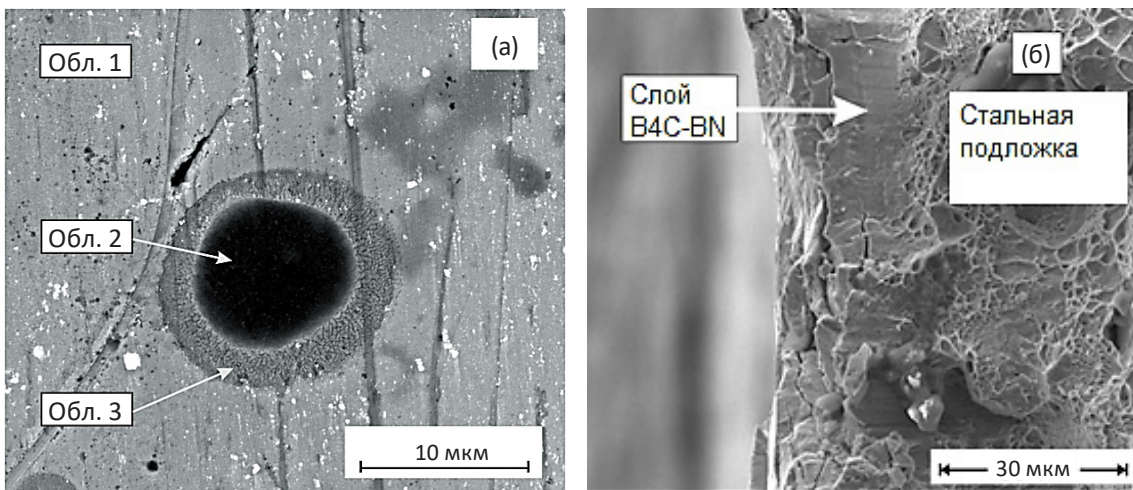


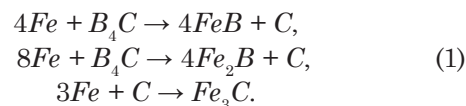
Рисунок 3 – Изношенная поверхность после испытаний на усталостный износ (а) и поверхность излома (б) после испытания на ударный изгиб. Излом выполнен в поперечной плоскости относительно керамического покрытия

Высокая адгезия карбонитридного покрытия со стальной подложкой связана с формированием химических соединений из компонентов покрытия и стальной основы. Известно, что металлы и их сплавы в состоянии жидкости обладают низкой смачиваемостью керамических материалов, то есть невозможны процессы диффузии компонентов и формирование ионных и ковалентных связей, характерных для твердых растворов. Наиболее предпочтительным и возможным вариантом в этом случае является образование химических связей. Получение химических соединений требует высокой температуры в зоне сплавления. Высокоскоростное лазерное сплавление обеспечивает температуры до 3000–3500 °С, что превышает температуру плавления карбидов и нитридов бора и является условием для реакционной смачиваемости компонентов керамического покрытия с компонентами стали.

Для подтверждения вышеуказанной гипотезы провели анализ фазового состава зоны

сплавления карбонитридного покрытия с металлической основой (рис. 4).

Из результатов исследований следует, что зона сплавления обогащена α-твердыми растворами в виде феррита и мартенсита, а также бориды железа (FeB, Fe₂B) и карбида Fe₃C. Наличие боридов и карбидов указывает на протекание химических реакций по типу:



Таким образом, результаты фазового анализа зоны сплавления подтверждают наши доводы о высокой адгезии карбонитридного покрытия со стальной поверхностью за счет формирования устойчивых химических соединений.

Выводы. В представленной работе дана оценка адгезионной прочности керамических покрытий на стальной поверхности.

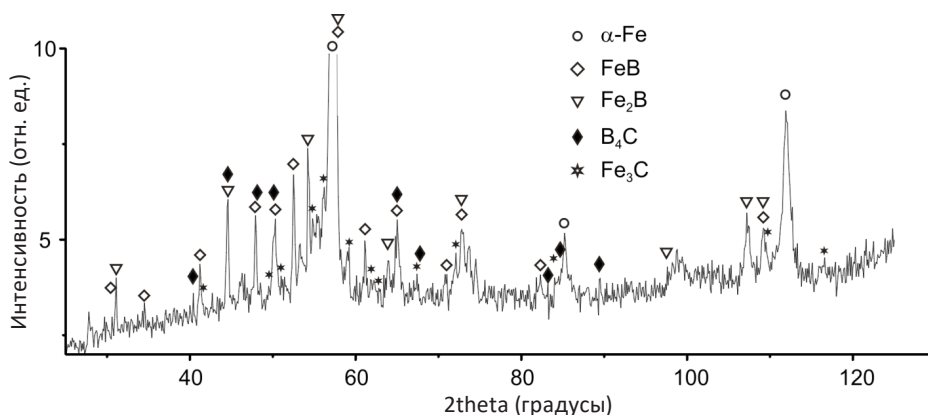


Рисунок 4 – Фазовый состав поверхности образца с карбонитридным покрытием

Выявлено:

1. Структура керамического покрытия имеет высокую плотность, качественную адгезионную зону без пор, сколов и отслоения.

2. Износные усталостные испытания в условиях сухого трения подтвердили высокую адгезионную прочность покрытия, термостойкость и противозадирные свойства.

3. Рентгеноструктурные исследования адгезионной зоны позволили обнаружить наличие карбидных и боридных химических соединений. Наличие устойчивых химических соединений есть залог высокой адгезионной прочности покрытий.

Список источников

1. Восстановление посадочных поверхностей вала гидромотора методом SLM (Selective Laser Melting) / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов, Л. Я. Новикова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 1. С. 12–17.

2. Большаков В. И., Ипатов А. Г., Ваганов Д. И. Особенности формирования структуры и свойств наплавленных слоев при высокоскоростной электродуговой наплавке // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 6. С. 26–31.

3. Ипатов А. Г., Иванов А. Г., Малинин А. В. Повышение эффективности работы турбокомпрессора модификацией подшипниковых сопряжений // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (71). С. 59–63.

4. К вопросу трещиностойкости сверхтвердых износостойких покрытий на основе B₄C-BN / О. О. Гавриленко, М. Д. Кривилев, Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы. 2021. № 5 (111). С. 23–32.

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. Шмыков С. Н., Гоголев И. М., Ипатов А. Г. Экономическая целесообразность восстановления гидромоторов методом лазерной наплавки в условиях Удмуртской Республики // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 3. С. 457–469.

7. Шмыков С. Н., Ипатов А. Г., Новикова Л. Я. Эффективность различных способов восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере стрельчатой лапы культиватора // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (69). С. 64–71.

8. Bhowmick S., Sun G., Alpas A. T., Low friction behaviour of boron carbide coatings (B₄C) sliding against Ti-6Al-4V, Surface & Coatings Technology 308 (2016) 316–327.

9. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni-ZrO₂ coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174. EDNUBLNSI.

10. Larsson P., Axen N., Hogmark S., Tribofilm formation on boron carbide in sliding wear, Wear 236 (1999) 73–80.

11. Short-Pulse Laser Sintering of Multilayer Hard Metal Coatings: Structure and Wear Behavior / E. Kharanzhevskiy, A. Ipatov, I. Nikolaeva, R. Zakirova // Lasers in Manufacturing and Materials Processing. 2015. Vol. 2. № 2. P. 91–102. DOI 10.1007/s40516-015-0008-1. EDNYKEUPL.

12. 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. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDNGCSTIQ.

References

1. Vosstanovlenie posadochnykh poverhnostej vala gidromotora metodom SLM (Selective Laser Melting) / A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov, L. Ya. Novikova // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. 2022. № 1. S. 12–17.

2. Bol'shakov V. I., Ipatov A. G., Vaganov D. I. Osobennosti formirovaniya struktury i svoystv naplavlennykh sloev pri vysokoskorostnoy elektrodugovoy naplavke // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. 2022. № 6. S. 26–31.

3. Ipatov A. G., Ivanov A. G., Malinin A. V. Povyshenie effektivnosti raboty turbokompressora modifikatsiej podshipnikovyyh sopryazhenij // Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2022. № 3 (71). S. 59–63.

4. K voprosu treshchinostojkosti sverhtverdykh iznosostojkikh pokrytij na osnove B₄C-BN / O. O. Gavrilenko, M. D. Krivilev, E. V. Haranzhevskij, A. G. Ipatov // Voprosy atomnoj nauki i tekhniki. Seriya: Materialovedenie i novye materialy. 2021. № 5 (111). S. 23–32.

5. Tribologicheskie pokazateli uprochnyayushchih i vosstanovitel'nykh keramicheskikh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. Shmykov, K. G. Volkov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. 2021. № 7. S. 12–19.

6. Shmykov S. N., Gogolev I. M., Ipatov A. G. Ekonomicheskaya celesoobraznost' vosstanovleniya gidromotorov metodom lazernoj naplavki v usloviyah Udmurtskoj Respubliki // Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2022. № 3. S. 457–469.

7. Shmykov S. N., Ipatov A. G., Novikova L. Ya. Effektivnost' razlichnykh sposobov vosstanovleniya i uprochneniya rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin na primere strel'chatoy lapy kultivatora // Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2022. № 1 (69). S. 64–71.

8. Bhowmick S., Sun G., Alpas A. T., Low friction behaviour of boron carbide coatings (B₄C) sliding against

Ti-6Al-4V, *Surface & Coatings Technology* 308 (2016) 316–327.

9. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO₂ coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // *Surface and Coatings Technology*. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174. EDNUBLNSI.

10. Larsson P., Axen N., Hogmark S., Tribofilm formation on boron carbide in sliding wear, *Wear* 236 (1999) 73–80.

11. Short-Pulse Laser Sintering of Multilayer Hard Metal Coatings: Structure and Wear Behavior / E. Kharanzhevskiy, A. Ipatov, I. Nikolaeva, R. Zakirova // *Lasers in Manufacturing and Materials Processing*. 2015. Vol. 2. № 2. P. 91–102. DOI 10.1007/s40516-015-0008-1. EDNYKEUPL.

12. 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. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDNGCSTIQ.

Сведения об авторах:

А. Г. Ипатов¹✉, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

Е. В. Харанжевский²✉, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-1525-2169>;

П. В. Дородов³, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>;

С. Н. Шмыков⁴, кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

А. В. Малинин⁵, аспирант

^{1,3,4,5}Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

²УдГУ, ул. Университетская, 1, корп. 1, Ижевск, Россия, 426034

¹ipatow.al@yandex.ru

²eh@udsu.ru

Original article

ON THE ISSUE OF ADHESIVE STRENGTH OF CERAMIC COATINGS WITH A STEEL SURFACE

Alexey G. Ipatov¹✉, **Eugeniy V. Kharanzhevskiy**²✉, **Pavel V. Dorodov**³, **Sergey N. Shmykov**⁴, **Alexander V. Malinin**⁵

^{1,3,4,5}Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

²Udmurt State University, Izhevsk, Russia

¹ipatow.al@yandex.ru

²eh@udsu.ru

Abstract. Ceramic materials and functional coatings based on ceramic compounds have a number of advantages over standard structural metal alloys. They are characterized by high hardness and heat resistance, improved tribological properties and strength. The widespread use of ceramic materials is limited by their low manufacturability, the lack of effective technological processes of their obtaining. The problem of low manufacturability of ceramic materials is associated with the lack of effective adhesion of ceramic structures with metal surfaces, which limits the possibilities of their synthesis. Scientists of Udmurt State University and Udmurt State Agrarian University have developed a method for obtaining carbonitride coatings based on boron using high-speed laser fusion of powder materials. The resulting coatings are characterized by high adhesion strength to the steel surface. The aim of the work is to study the effectiveness of adhesion of ceramic coatings to a metal steel surface. To assess the adhesive properties, laboratory samples with a thin ceramic coating were obtained. Laboratory samples were subjected to wear tests and impact bending tests. Electron microscopy was performed to reveal the pattern of the fracture surface. The chemical composition of the coating and the adhesive zone was determined by X-ray spectroscopic method. The research results have shown that ceramic coatings have a dense and even structure, without visible cracks and chips. There are no pores, delamination and longitudinal cracks in the adhesive zone. Fatigue wear tests have shown high temperature resistance and resistance to jamming of friction surfaces. X-ray analysis of the adhesion zone revealed the presence of stable chemical compounds based on carbides and borides. The formation of chemical compounds is associated with the thermally reactive miscibility of the components of the ceramic coating with a metal base under the action of impulse high-temperature function of laser radiation.

Key words: ceramic coatings, adhesive strength, high-speed laser fusion, antifriction properties.

For citation: Ipatov A. G., Kharanzhevskiy E. V., Dorodov P. V., Smykov S. N., Malinin A. V. On the issue of adhesive strength of ceramic coatings with a steel surface. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 4 (72): 58-64. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_58-64.

Authors:**A. G. Ipatov**¹✉, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;**E. V. Kharanzhevskiy**²✉, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1525-2169>;**P. V. Dorodov**³, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>;**S. N. Shmykov**⁴, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;**A. V. Malinin**⁵, postgraduate student^{1,3,4,5}Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069;²Udmurt State University, 1 Universitetskaya St., build.1, Izhevsk, Russia, 426034¹ipatow.al@yandex.ru²eh@udsu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 27.10.2022; одобрена после рецензирования 31.10.2022;

принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 27.10.2022; approved after reviewing 31.10.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 621.791.947.55

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_64-69

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЗКИ ТРУБ РАЗЛИЧНОГО ПРОФИЛЯ

Первушин Владимир Федорович, Ипатов Алексей Геннадьевич ✉,**Шмыков Сергей Николаевич, Ширококов Владимир Иванович**

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ ipatow.al@yandex.ru

Аннотация. Применение плазменно-дуговых способов резки является неотъемлемой частью машиностроительного производства. Простота конструкции и процесса резки дает высокую производительность и экономическую эффективность при производстве заготовок и готовых изделий. Современные установки для плазменно-дуговой резки имеют широкую номенклатуру и возможности обработки металлического проката любых размеров. Недостатком большинства плазменных установок остается сложность резки материалов со сложным профилем (трубный прокат). Сложность резки заключается в обеспечении постоянной длины плазменной струи в процессе резки, что достигается использованием специальных следящих систем. Дополнительная установка следящих систем на большинство плазменных установок невозможна из-за конструктивных особенностей и отсутствия программного обеспечения. В данной работе выполнили модернизацию плазменной установки для возможности резки профильных труб. В качестве объекта исследований рассмотрели плазменную установку PLAZMA-15/30+prof. Модернизация заключается в установке независимого дополнительного модуля-трубореза. Привод модуля осуществляется от шагового электродвигателя привода плазматрона. Синхронизация работы плазматрона и кинематических режимов модуля-трубореза осуществляется через программный комплекс Mach3, предназначенный для автономного контроля над станочным оборудованием с ЧПУ. Для оценки раскрытия профильного материала при помощи дополнительного модуля исследовали зависимость качества линии среза от скорости резки. Из результатов исследований следует, что применение модуля-трубореза позволяет выполнять готовые изделия и заготовки из профильных труб различного размера. Исследования позволили определить оптимальные скорости резки с использованием модуля-трубореза – от 1 до 1,5 м/мин.

Ключевые слова: плазменно-дуговая установка, модернизация, скорость резания, модуль-труборез.

Для цитирования: Модернизация плазменно-дуговой установки для резки труб различного профиля / В. Ф. Первушин, А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 64-69. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_64-69.

Актуальность. Современное машиностроительное производство не может обойтись без операций раскроя металлического проката. Производительность, качество выполняемых работ по подготовке заготовок и производству готовых изделий определяют львиную долю себестоимости. Наиболее эффективными способами раскроя металлического проката в промышленных условиях являются лучевые технологии [2, 7], в частности, плазменные установки с числовым программным управлением, обеспечивающие высокую точность раскроя, минимальный расход материала и высокую производительность. Использование плазменной резки в перерабатывающей промышленности и тяжелом машиностроении сокращает расходы при производстве металлоемких рабочих органов почвообрабатывающих машин [1, 8].

Процесс плазменной резки заключается в использовании ионизированной плазменной струи высокой плотности для оплавления материала с одновременным окислением под действием дополнительно подаваемого сжатого воздуха. Качество среза, а также производительность процесса обеспечивается оптимальной длиной плазменной дуги. Поддержание длины плазменной дуги достигается использованием специальных следящих систем, дополнительно смонтированных в плазматрон установки. Как показывает практика, применение таких систем, в частности, высокоточной системы управления высотой плазматрона XT ProLift, значительно расширяет возможности стандартных плазменных установок для резки объемных и сложных по профилю изделий. Стоимость дополнительной системы зачастую составляет более 50 % стоимости плазменной установки [4, 6], либо установка таких систем невозможна из-за конструктивных особенностей и отсутствия программного обеспечения. Плазменные установки, эксплуатирующиеся на территории Удмуртской Республики и близлежащих регионов, не оснащены такими системами, что ограничивает возможности их применения. Приобретение данных систем невозможно по причине введенных экономических санкций. Производство отечественных образцов следящих систем для плазменно-дуговых установок пока не налажено или носит исключительно разовый характер. Поэтому вопросы по модернизации плазменно-дуговых установок для резки сложных по профилю материалов остаются очень актуальными.

Целью данной работы является разработка конструктивного решения по модернизации плазменно-дуговой установки PLAZMA-15/30+prof с возможностью резки профильного проката.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований рассмотрели станок для плазменной резки PLAZMA-15/30+prof, это расширенная серия станка PLAZMA-15/30 для металлического раскроя листа, широко применяемого в машиностроительном производстве. Существенным преимуществом данных установок является простота конструкции, низкая стоимость, большой диапазон режимов резки. При этом установка предназначена только для резки листового материала, что не в полной мере отвечает требованиям серийного или мелкосерийного производства деталей.

Установка представляет собой сварную конструкцию (рис. 1), состоящую из станины 3, которая одновременно является столом и основой для монтажа остальных узлов установки. К станине фиксируются цилиндрические направляющие 2, по которым перемещается портал 1, обеспечивая перемещение плазматрона 5 по оси Z. Плоскость балки портала 1 является направляющей для перемещения плазматрона по оси X. Для реализации движения плазматрона 5 по оси Y предусмотрена сборно-сварочная конструкция, которая фиксируется на подвесе с подвижными каретками.

Несмотря на возможность движения плазматрона в трех направлениях, резка сложных, фасонных поверхностей невозможна, так как в процессе эксплуатации одновременное движение происходит лишь по осям Z и X. Перемещение по оси Y осуществляется лишь для фиксации длины плазменной дуги в период настройки режимов. В режиме резки автоматическое перемещение по оси Y осуществить невозможно.

С целью повышения производственных возможностей нами предлагается дополнительно установить модуль-труборез для резки профильных труб. Труборез является отдельным устройством. Устанавливается сбоку от стола с левой стороны (рис. 2) и выравнивается относительно плоскости стола.

Для работы на труборезе плазматрон с механизмом фиксации переводится по балке портала в крайнее левое положение и фиксируется по оси трехкулачкового патрона трубореза. Далее шаговый двигатель привода портала по оси X отключается от блока управле-

ния и вместо него подключается двигатель трубореза. В программе комплекса (Mach3), предназначенной для автономного контроля над станочным оборудованием с ЧПУ, выбирается соответствующий профиль трубы, который необходимо обработать. Диапазон размеров круглой трубы – от 60 мм до 400 мм. По специальному заказу возможно установить размеры от 30 до 530 мм. Длина обработки равна длине обработки на столе – 3000 мм. Для центровки и поддержки трубы применяются роликовые стремянки.

стве анализируемых параметров приняли величину напльва от поверхности изделия и ширину среза. В соответствии с рекомендациями [3, 5] максимальная величина напльва не должна превышать 4 мм, а линия среза не должна выходить за диаметр плазменной струи (в нашем случае диаметр плазменной струи 2 мм). При исследовании рассмотрели срез трубы диаметром 100 мм и толщиной 4 мм. Для измерения величины напльва использовали штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-89. Для анализа ширины среза – набор щупов по ГОСТ 882-75.

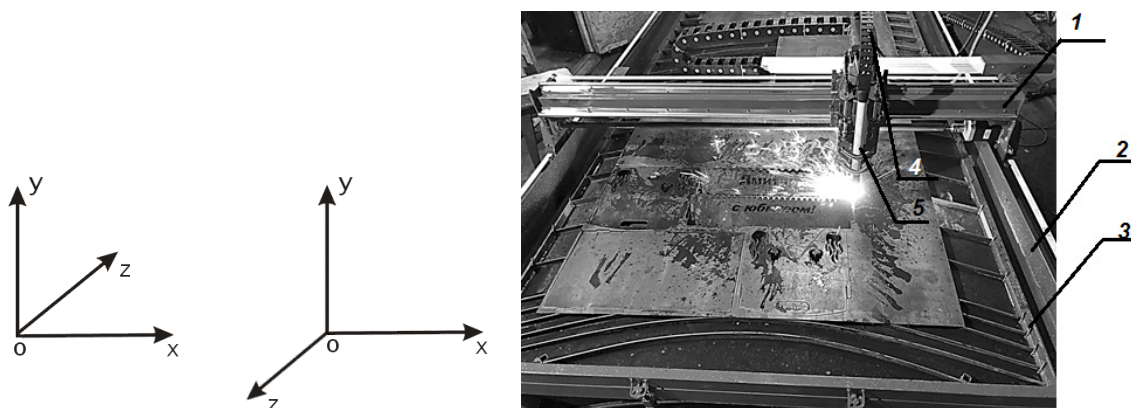


Рисунок 1 – Общая компоновка установки PLAZMA-15/30:
1 – портал, 2 – направляющие, 3 – станина, 4 – шина, 5 – плазмоторн



Рисунок 2 – Расположение дополнительного модуля-трубореза:
1 – станина установки PLAZMA-15/30, 2 – модуль-труборез

В данной работе проанализировали возможности раскроя различных профильных труб. При оценке качества обработки материала исследовали траекторию среза на предмет соответствия исходному чертежу и поверхность среза на полноту оплавления и отсутствие напльвов. Изменение геометрии поверхности обрабатываемого изделия потребовало поиска оптимальной скорости резания. Поэтому дополнительно исследовали состояние линии среза в зависимости от скорости обработки. В каче-

Результаты исследований. С модулем-труборезом возможен раскрой трубы с любой фигурной траекторией – отводы трубные, угловые соединения с любым углом (рис. 3). Труба зажимается в патрон прямым или обратным хватом в зависимости от ее диаметра. С помощью роликовой стремянки труба выравнивается таким образом, чтобы кончик плазмоторна, перемещаясь порталом вдоль трубы, не отклонялся от центра трубы и находился на одном уровне от ее поверхности. Обработка

начинается со свободно висящего конца трубы и движется в сторону патрона. Контакт «массы» на трубу передается через патрон.

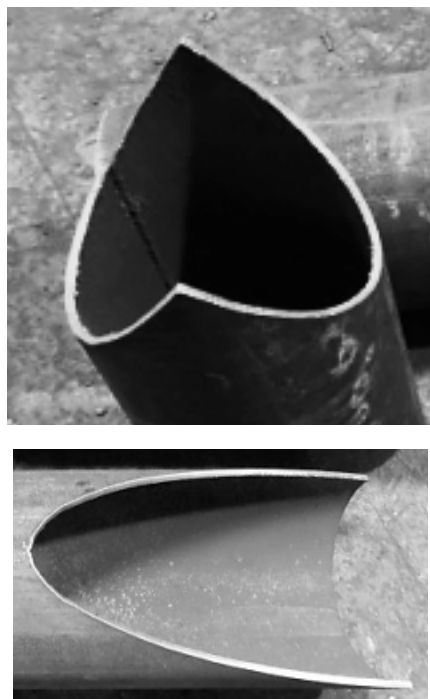


Рисунок 3 – Результаты фигурного реза круглой трубы

Качество поверхности среза определяется низкой шероховатостью поверхности и отсутствием напльва с обратной стороны изделия. Высокая шероховатость линии среза формируется при неправильном выборе скорости резки – при малой скорости возникает интенсивное окисление и получение глубоких борозд, при высокой скорости – непровары. Напльвы с обратной стороны от поверхности резки объясняются малой интенсивностью окисления и низким температурным фоном обработки. Основная причина заключается в несоответствии длины плазменной струи.

Результаты исследований показали зависимость ширины среза и величины напльва от скорости резки (рис. 4). При скоростях до 1 м/мин резки ширина резки меняется незначительно, характер поверхности среза гладкий, с металлическим блеском, без глубоких бороздок, с мелкой сеткой шаржирования (формируется в результате пульсации плазменной струи). Величина напльва не превышает 1 мм на сторону, по структуре ровный, без следов оплавления и окисления. Превышение скорости резки выше 1 м/мин приводит к увеличению ширины реза, характер реза приобретает рваную поверхность с наличием бороздок и следов окисления. Наблюда-

ется формирование напльва и со стороны резки, что вызвано давлением плазменной струи на поверхность оплавленной ванны и вытеснение оплавленного материала за пределы линии реза. Большие объемы расплавленного материала снижают интенсивность окисления и удаления оплавленного материала с обратной стороны, что приводит к росту величины напльва. Характер напльва сильно окисленный, рыхлый и твердый. Рыхлая структура напльва позволяет достаточно легко удалять его с поверхности линии реза. Увеличение скорости резки свыше 1,5 м/мин приводит к появлению непроваров и локальных зон перегрева и окисления, поэтому исследования качества реза свыше 2 м/мин были прекращены.

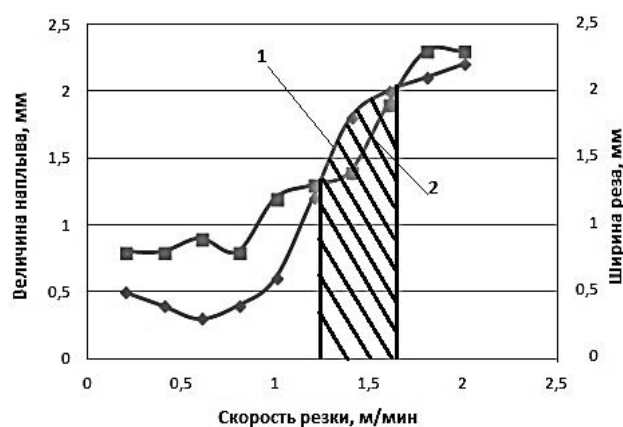


Рисунок 4 – Изменение параметров ширины среза и напльва от скорости плазменной резки, мм:

1 – величина напльва, 2 – ширина среза

Проведенные исследования позволили определить зону оптимальной скорости среза, при которой формируется удовлетворительное состояние среза.

Выводы:

1. Плазменная резка с ЧПУ удобна автоматическим раскроем металлических листов, особенно для идентичных деталей пропорциональных размеров (например, деталей ротационных боронок), что экономит прокатный материал и сводит к минимуму остатки материала.

2. С модулем-труборезом возможен раскрой трубы любого профиля с любой фигурной траекторией – отводы трубные, угловые соединения с любым углом.

3. Использование модуля-трубореза требует оптимизации кинематических режимов раскроя. Из представленных результатов исследований следует, что наиболее эффективный срез выполняется при скоростях от 1 до 1,5 м/мин.

Список источников

1. Анализ износа сошника сеялки Primera DMC 9000 фирмы Amazone (Германия) / В. Ф. Первушин, О. С. Федоров, В. И. Ширококов [и др.] // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х томах, Ижевск, 15–18 февраля 2022 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. С. 211–213. EDN PYXWGE.

2. Балановский А. Е. Развитие плазменных технологий: сварка, наплавка, упрочнение, резка // Сварка в Сибири. 2000. № 2. С. 8–19. EDN YJXRNN.

3. Большаков В. И., Ипатов А. Г., Ваганов Д. И. Особенности формирования структуры и свойств наплавленных слоев при высокоскоростной электродуговой наплавке // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 6. С. 26–31. DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-6-26-31. EDN GLCZSZ.

4. Ипатов А. Г., Шмыков С. Н., Волков К. Г. Использование аддитивных технологий в ремонтном производстве // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х томах. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. С. 187–191. EDN AHYAOZ.

5. Мартюшев А. А., Ипатов А. Г., Ширококов В. И. Анализ работоспособности упрочненных ножей ротационной косилки KRONE EASYCUT b 870 CV // Вестник Ижевской ГСХА. 2021. № 3 (67). С. 68–72. DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_68. EDN WKGGGP.

6. Шмыков С. Н., Ипатов А. Г., Новикова Л. Я. Эффективность различных способов восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере стрельчатой лапы культиватора // Вестник Ижевской ГСХА. 2022. № 1 (69). С. 64–71. DOI 10.48012/1817-5457_2022_1_64. EDN MJAOEQ.

7. Щицын Ю. Д., Косолапов О. А., Щицын В. Ю. Возможности плазменной обработки металлов током обратной полярности // Сварка и диагностика. 2009. № 2. С. 42–44. EDN KUFUHR.

8. Экспериментальная установка для удаления ботвы картофеля / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов [и др.] // Сельский механизатор. 2022. № 5. С. 6–7. EDN WSTGGF.

References

1. Analiz iznosa soshnika seyalki Primera DMC 9000 firmy Amazone (Germaniya) / V. F. Pervushin, O. S. Fedorov, V. I. Shirobokov [i dr.] // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2-h tomah, Izhevsk, 15–18 fevralya 2022 g. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. S. 211–213. EDN PYXWGE.

2. Balanovskij A. E. Razvitie plazmennykh tekhnologij: svarka, naplavka, uprochnenie, rezka // Svarka v Sibiri. 2000. № 2. S. 8–19. EDN YJXRNN.

3. Bol'shakov V. I., Ipatov A. G., Vaganov D. I. Osobennosti formirovaniya struktury i svojstv naplavlenykh sloev pri vysokoskorostnoj elektrodugovoj naplavke // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2022. № 6. S. 26–31. DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-6-26-31. EDN GLCZSZ.

4. Ipatov A. G., Shmykov S. N., Volkov K. G. Ispol'zovanie additivnykh tekhnologij v remontnom proizvodstve // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2-h tomah. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. S. 187–191. EDN AHYAOZ.

5. Mart'yushev A. A., Ipatov A. G., Shirobokov V. I. Analiz rabotosposobnosti uprochnennykh nozhey rotacionnoj kosilki KRONE EASYCUT b 870 CV // Vestnik Izhevskoj GSKHA. 2021. № 3 (67). S. 68–72. DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_68. EDN WKGGGP.

6. Shmykov S. N., Ipatov A. G., Novikova L. Ya. Effektivnost' razlichnykh sposobov vosstanovleniya i uprochneniya rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin na primere strel'chatoj lapy kultivatora // Vestnik Izhevskoj GSKHA. 2022. № 1 (69). S. 64–71. DOI 10.48012/1817-5457_2022_1_64. EDN MJAOEQ.

7. Shchicyn Yu. D., Kosolapov O. A., Shchicyn V. Yu. Vozmozhnosti plazmennoj obrabotki metall'ov tokom obratnoj polyarnosti // Svarka i diagnostika. 2009. № 2. S. 42–44. EDN KUFUHR.

8. Eksperimental'naya ustanovka dlya udaleniya botvy kartofelya / V. F. Pervushin, M. Z. Salimzyanov, N. G. Kasimov [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 5. S. 6–7. EDN WSTGGF.

Сведения об авторах:

В. Ф. Первушин, доктор технических наук, профессор;

А. Г. Ипатов [✉], кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

С. Н. Шмыков, кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

В. И. Ширококов, кандидат технических наук, доцент

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

[✉]ipatow.al@yandex.ru

Original article

MODERNIZATION OF A PLASMA-ARC FACILITY FOR CUTTING PIPES OF DIFFERENT SECTIONS

Vladimir F. Pervushin, Alexey G. Ipatov✉, Sergey N. Shmykov, Vladimir I. Shirobokov

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

✉ipatow.al@yandex.ru

Abstract. *The use of plasma-arc cutting methods is an integral part of machinery production. Simplicity of design and cutting process provides high productivity and economic efficiency in the production of blanks and final products. Modern facilities for plasma-arc cutting have a wide range and capabilities for processing rolled metal of any size. The disadvantage of most plasma facilities is the difficulty of cutting materials with a complex section (rolled pipe). It is challenging to provide a constant length of the plasma jet during the cutting process, which is achieved by using special tracking systems. Additional installation of tracking systems on most plasma facilities is impossible due to design features and lack of software. In this work a plasma facility was upgraded to allow cutting shaped pipes. The plasma facility PLAZMA-15/30+prof was considered as a subject of the research. Modernization of the facility involves the installation of an independent additional module – a pipe cutter. The module is driven by a stepping electric motor of the plasmatron drive. Synchronization of the plasmatron and the kinematic modes of the pipe-cutting module is carried out by means of the Mach3 software package, designed for autonomous control of CNC machinery. To assess the possibility of cutting the section shaped material using an additional module, we investigated the quality of the cut line depending on the cutting speed. It follows from the research results that the use of a pipe cutter module makes it possible to manufacture final products and blanks from shaped pipes of various sizes. The performed studies allowed to determine the optimal cutting speeds using the pipe cutter module – from 1 to 1.5 m/min.*

Key words: *plasma-arc facility, modernization, cutting speed, pipe cutter module.*

For citation: *Pervushin V. F., Ipatov A. G., Smykov S. N., Shirobokov V. I. Modernization of a plasma-arc facility for cutting pipes of different sections. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 4 (72): 64-69. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_64-69.*

Authors:

V. F. Pervushin, Doctor of Technical Sciences, Professor;

A. G. Ipatov✉, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

S. N. Shmykov, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

V. I. Shirobokov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

✉ipatow.al@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.10.2022; одобрена после рецензирования 20.10.2022; принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 19.10.2022; approved after reviewing 20.10.2022; accepted for publication 02.12.2022.

Научная статья

УДК 631.363.21-868

DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_70-75

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО УЛОВИТЕЛЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Петров Виталий Анатольевич, Витвинова Мария Александровна,
Федоров Олег Сергеевич✉, Ширококов Владимир Иванович

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ fos1973@yandex.ru

Аннотация. Существующие в дробилках зерна устройства для отделения посторонних ингредиентов перед дроблением работают неэффективно и улавливают только металломагнитные примеси. Ранее проведенными исследованиями не установлены зависимости процесса работы вибрационного уловителя неорганических примесей от угла наклона дна вибродотка. Целью работы является исследование рабочего процесса вибрационного уловителя примесей. Задачи: лабораторные исследования зависимости скорости погружения примесей в зерно и зависимости подачи вибродотка от угла его наклона. Исследования проводились с использованием методов однофакторного эксперимента в трехкратной повторности. В качестве исходного сырья приняты зерна пшеницы. Для проведения экспериментальных исследований изготовлена лабораторная установка виброгрохота с возможностью регулировки угла наклона дна и изменения частоты, амплитуды колебания и с возможностью регистрации вышеприведенных параметров. Целью экспериментальных исследований являлось определение зависимости скорости погружения посторонних примесей V в зерновую массу, а также пропускной способности виброгрохота Q при постоянных значениях амплитуды и частоты колебаний в зависимости от угла наклона дна виброгрохота. Диапазон изменения угла дна виброгрохота $\alpha = 0^\circ \dots 9,6^\circ$. Проведенные эксперименты позволили выяснить, что скорость погружения примеси (гравия) возрастает до величины $V = 0,028$ м/с при увеличении угла наклона до значения $\alpha = 7^\circ$, а в дальнейшем остается неизменной. Первоначальная пропускная способность виброгрохота при угле наклона $\alpha = 0,2^\circ$ составляет $Q = 0,026$ кг/с, которая линейно увеличивается в зависимости от увеличения угла наклона дна виброгрохота.

Ключевые слова: зерно, дробление, примеси, вибродоток, подача, скорость, эффективность.

Для цитирования: Исследование конструкционно-технологических параметров вибрационного уловителя неорганических примесей / В. А. Петров, М. А. Витвинова, О. С. Федоров, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(72). С. 70-75. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_70-75.

Актуальность. В настоящее время используется большое количество сыпучих кормосмесей различного состава. Основой для их приготовления является измельченное зерно, которое должно соответствовать требованиям стандарта [1]. Для измельчения зерна используется метод ударного разрушения (дробления) при помощи молотковых дробилок открытого и закрытого типов.

Простота конструкции и способа регулирования степени измельчения готового продукта позволяет широко использовать молотковые дробилки в сельскохозяйственном производстве. Технологические схемы дробилок зерна предусматривают снижение энергозатрат, улучшение качества помола и механизацию загрузки и разгрузки дробильной камеры. Процесс измельчения любого материала

в измельчителях подобного типа происходит примерно по одинаковой схеме. Частицы, требующие измельчения, поступают в камеру дробления, где происходит их разрушение молотками дробильного устройства с последующей сепарацией через установленное решето с фиксированным диаметром отверстий. Сепарирующее решето не дает осуществлять вывод фракции, измельченной до необходимого размера (рис. 1), а наличие циркулирующей нагрузки в дробильной камере приводит к дополнительному расходу энергии, износу рабочих органов дробилки. По такой схеме организации рабочего процесса работают большинство современных дробилок зерна.

Плюс ко всему попадающие в камеру дробления вместе с основными ингредиентами посторонние частицы (металлические эле-

менты, минеральные частицы и т.п.) способствуют снижению ресурса рабочих органов дробильного устройства (молотки, сепарирующее решето), а иногда и выходу их из строя (рис. 2).

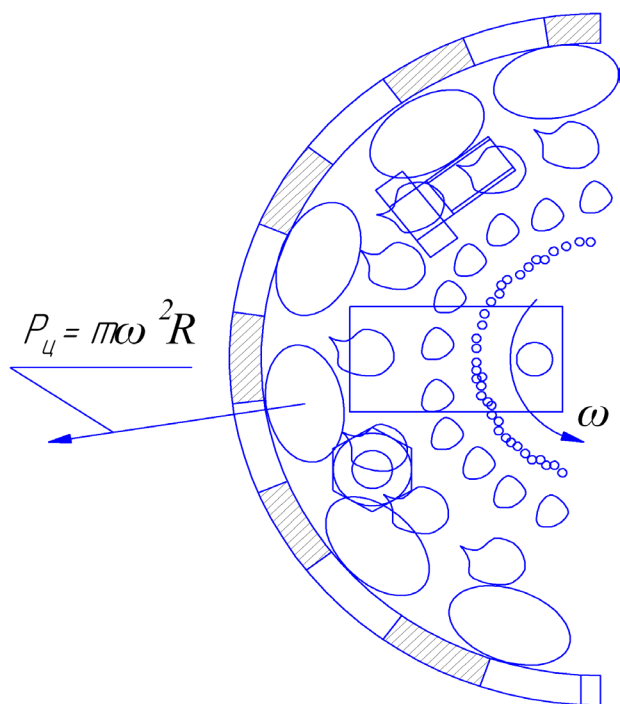


Рисунок 1 – Схема расположения частиц в дробильной камере

Более крупные измельчаемые частицы (рис. 1) вследствие действия центробежных сил располагаются по наибольшему диаметру камеры измельчения, перекрывают сепарирующие отверстия и закрывают выход части-

цам, измельченным до необходимых размеров. По этой причине они переизмельчаются и способствуют образованию большого количества пылевидной фракции, а также значительно сокращается ресурс дек, решет, молотков и происходит увеличение расхода энергии [9, 10]. Все это снижает технико-экономические характеристики дробилок зерна и эффективность их использования.

Технологический процесс измельчения зерна в машинах открытого типа предусматривает сепарацию измельчаемого зерна вне дробильной камеры (рис. 3), тем самым улучшаются качественные и энергетические показатели. Очевидным является то, что снижается количество циркулирующего материала в дробильной камере, следовательно, и расход энергии. А за счет своевременного отвода готового продукта уменьшается и количество пылевидной фракции.

В то же время производственными исследованиями установлено, что оба типа дробилок зерна не защищены от попадания неорганических примесей в дробильную камеру (рис. 2). Существующие в дробилках зерна устройства для отделения посторонних ингредиентов перед дроблением работают неэффективно и улавливают только металломагнитные примеси. А мелкие камни, попадая в дробильную камеру, при измельчении образуют абразивные частицы и ускоряют износ рабочих органов дробилки зерна, одновременно снижая качество готового продукта [4, 5, 12].

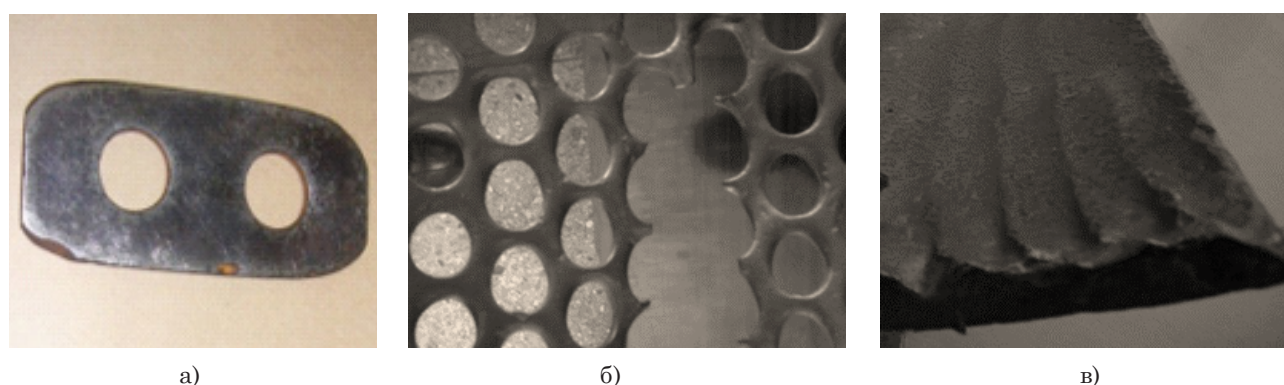


Рисунок 2 – Наиболее нагруженные элементы молотковой дробилки зерна: а) молоток дробилки, б) регулятор степени измельчения, в) дека

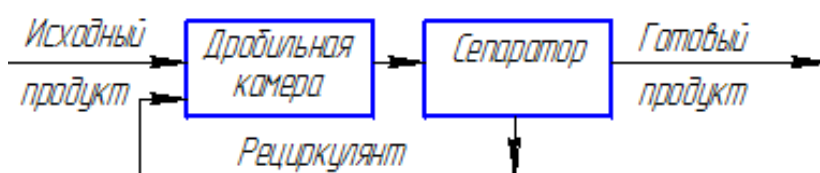


Рисунок 3 – Структурная схема работы дробилки зерна открытого типа

Для организации дробления зерна по открытому типу разработан и исследован модернизированный измельчитель зерна, приведенный на рисунке 4 [9]. Сепаратор 5 вынесен из камеры измельчения 1 и установлен в пылеотделителе 4 где и происходит разделение измельчаемого зерна на готовый продукт, который выводится через шлюзовой затвор 11. А недоизмельченный продукт через возвратный канал 8 поступает в камеру 1 для доизмельчения.

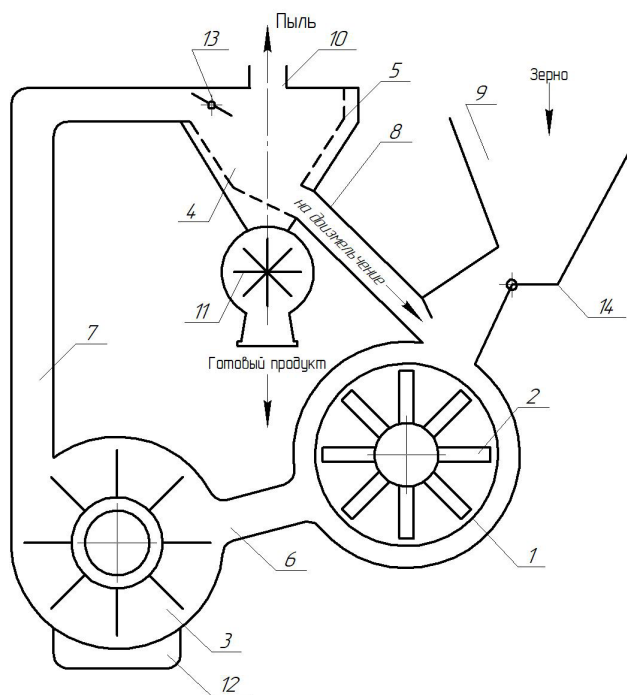


Рисунок 4 – Схема молоткового измельчителя:

- 1 – камера измельчения; 2 – ротор;
3 – вентилятор; 4 – пылеотделитель;
5 – решето-сепаратор;
6 и 7 – продуктопроводы; 8 – возвратный канал;
9 – загрузочный бункер; 10 – канал для отвода пыли; 11 – шлюзовой затвор;
12 – захват для твердых включений;
13 – направляющая заслонка;
14 – виброгрохот

Исходя из наблюдения за работой дробилки зерна в производственных условиях, для увеличения эффективности улавливания неорганических примесей из измельчаемого зерна в концепции дробилки предусматривается встроенное устройство (виброток 4), установленное в бункере 9 перед дробильной камерой 1. В качестве гипотезы было принято положение о возможности использования вибрации дробилки зерна в процессе измельчения. В этом случае принимаются наихудшие условия – минимальные значения параметров вибрации.

В этой связи ранее выполнено следующее:

- для проведения исследований обоснована конструктивно-технологическая схема приспособления для отделения посторонних ингредиентов из зерна перед измельчением [8, 10];
- получены эмпирические зависимости, позволяющие определить минимальное значение длины виброток в зависимости от физико-механических свойств зерна и примесей и параметров работы вибрационного уловителя примесей [2, 3, 10];

- предложены инженерные решения для повышения износостойкости рабочих органов дробилки зерна [5, 7]. Однако не исследованы зависимости процесса работы вибрационного уловителя неорганических примесей от угла наклона дна виброток.

Цель исследований – исследование рабочего процесса вибрационного уловителя примесей.

Задачи исследований:

- лабораторные исследования зависимости скорости погружения примесей в зерно от угла наклона дна виброгрохота;
- лабораторные исследования зависимости пропускной способности виброгрохота от угла наклона его дна.

Материалы и методы исследования.

Для выполнения лабораторных исследований разработана и изготовлена экспериментальная установка с возможностью изменения угла наклона дна виброгрохота. Технологическая схема установки приведена на рисунке 5, а общий вид – на рисунке 6.

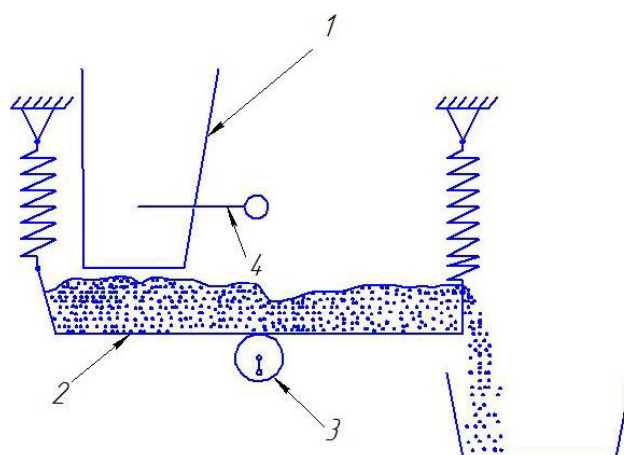


Рисунок 5 – Технологическая схема виброгрохота:

- 1 – бункер, 2 – дно виброгрохота,
3 – вибратор, 4 – заслонка

Исследования проводились с использованием методов однофакторного эксперимента в трехкратной повторности. В качестве исходного сырья приняты зерна пшеницы.

Результаты. Результаты исследований зависимости скорости погружения примеси и подачи вибролотка приведены в таблице 1.



Рисунок 6 – Экспериментальная установка виброгрохота

Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований

№ пп	Угол наклона лотка, град.	Скорость погружения, м/с	Пропускная способность лотка, кг/с
1.	0,2	0,011	0,026
2.	2,4	0,017	0,032
3.	4	0,023	0,034
4.	6	0,028	0,049
5.	9,6	0,028	0,060

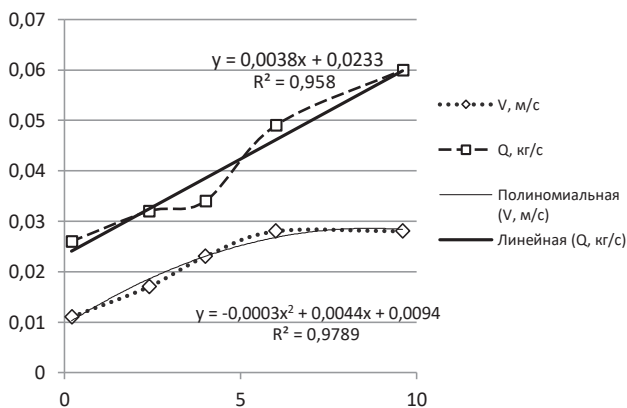


Рисунок 7 – Зависимость скорости погружения примеси V и пропускной способности виброгрохота Q от угла наклона вибролотка α

Выводы. Исходя из полученного квадратного уравнения регрессии (рис. 7), очевидно, что скорость погружения примеси (гравия) увеличивается при увеличении угла наклона до 7°, а в дальнейшем остается неизменной. Как было установлено ранее [3, 10], эта скорость непосредственно влияет на длину вибролотка: чем скорость погружения примеси выше, тем меньше длина вибролотка или ниже массо-габаритные показатели установки. Поэтому угол наклона вибролотка необходимо принять равным 7° при разработке производственного образца.

Пропускная способность виброгрохота линейно увеличивается в зависимости от увеличения угла наклона вибролотка.

Список литературы

- ГОСТ 9268-90. Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1991. 10 с.
- Витвинова М. А., Петров В. А. Зависимость скорости погружения неорганических примесей от плотности зернового вороха // Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки. материалы Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых, в 3 томах. Ижевск, 2020. С. 225–229.
- Витвинова М. А. Результаты исследований вибродозатора зерна // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки. материалы Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых. Ижевск, 2021. С. 238–242.
- Влияние износа рабочих органов на эффективность работы дробилки зерна / В. И. Ширококов, А. А. Мякишев, В. А. Баженов [и др.] // Сельский механизатор. 2022. № 3. С. 28–29.
- Ипатов А. Г., Ширококов В. И., Шмыков С. Н. Влияние высокоскоростного лазерного упрочнения сепарирующего решета на работоспособность молотковой дробилки // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5 (55).
- Исследование показателей работы дробилки закрытого типа / В. И. Ширококов, П. В. Дородов, Л. Я. Новикова [и др.] // Сельский механизатор. 2020. № 11. С. 16–17.
- Мартюшев А. А., Ипатов А. Г., Ширококов В. И. Анализ работоспособности упрочненных ножей ротационной косилки KRONE EASYCUT В 870 CV // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (67). С. 68–72.
- Пат. 172549 Российская Федерация, МПК В02С 13/00 (2006.01), Дробилка для зерна с вибрационным отделителем неорганических примесей / Ширококов В.И., Баженов В.А., Жигалов В.А., Петров В.А., Витвинова М.А.; заявитель и патентообладатель

тель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА – № 2016145551; заявл. 21.11.2016; опубл. 12.07.2017, Бюл. № 20. 2 с.: ил.

9. Пат. 210106 Российская Федерация, МПК В01D47/02 (2006.01), Модернизированный пылеуловитель для дробилок зерна / Ширококов В.И., Новикова Л.Я., Шмыков С.Н., Дородов П.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА – № 2021126126; заявл. 03.09.2021; опубл. 29.03.2022, Бюл. № 10. 2 с.

10. Петров В. А., Ширококов В. И. Совершенствование процесса очистки зерна от неорганических примесей перед дроблением // Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы Материалы Нац. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики Григория Андреевича Кораблева и 85-летию кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики, почетного работника ВПО РФ Бориса Дмитриевича Зоннова. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2020. С. 236–241. 408 с. ISBN 978-5-9620-0353-5.

11. Ширококов В. И., Шмыков С. Н. Комплексная оценка эффективности работы дробилок зерна открытого и закрытого типов // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской государственной сельскохозяйственной академией, 11–13 ноября 2020 года, г. Ижевск. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2021. С. 230–235.

12. 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. Available Online. Volume 8. № 3, March 2020.

References

1. GOST 9268-90. Kombikorma-koncentraty dlya krupnogo rogatogo skota. Tekhnicheskie usloviya. Moskva: Izd-vo standartov, 1991. 10 s.

2. Vitvinova M. A., Petrov V. A. Zavisimost' skorosti pogrusheniya neorganicheskikh primesej ot plotnosti zernovogo voroha // Integracionnye vzaimodejstviya molodyh uchenyh v razvitii agrarnoj nauki. materialy Nac. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, v 3 tomah. Izhevsk, 2020. S. 225–229.

3. Vitvinova M. A. Rezul'taty issledovanij vibrodozatora zerna // Vklad molodyh uchenyh v realizaciyu prioritetnyh napravlenij razvitiya agrarnoj nauki. materialy Nac. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh. Izhevsk, 2021. S. 238–242.

4. Vliyanie iznosa rabochih organov na effektivnost' raboty drobilki zerna / V. I. Shirobokov, A. A. Myaki-

shev, V. A. Bazhenov [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 3. S. 28–29.

5. Ipatov A. G., Shirobokov V. I., Shmykov S. N. Vliyanie vysokoskorostnogo lazernogo uprochneniya separiruyushchego resheta na rabotosposobnost' molotkovoj drobilki // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 5 (55).

6. 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.

7. Martyushev A. A., Ipatov A. G., Shirobokov V. I. Analiz rabotosposobnosti uprochnennyh nozhej rotacionnoj kosilki KRONE EASYCUT B 870 CV // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 3 (67). S. 68–72.

8. Pat. 172549 Rossijskaya Federaciya, MPK B02C 13/00 (2006.01), Drobilka dlya zerna s vibracionnym odelitelem neorganicheskikh primesej / Shirobokov V.I., Bazhenov V.A., Zhigalov V.A., Petrov V.A., Vitvinova M.A.; zavavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Izhevskaya GSKHA – № 2016145551; zavavl. 21.11.2016; opubl. 12.07.2017, Byul. № 20. 2 s.: il.

9. Pat. 210106 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D47/02 (2006.01), Modernizirovannij pyleulovitel' dlya drobilok zerna / Shirobokov V.I., Novikova L.YA., Shmykov S.N., Dorodov P.V.; zavavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Izhevskaya GSKHA – № 2021126126; zavavl. 03.09.2021; opubl. 29.03.2022, Byul. № 10. 2 s.

10. Petrov V. A., Shirobokov V. I. Sovershenstvovanie processa ochistki zerna ot neorganicheskikh primesej pered drobлением // Nauchnoe obespechenie inzhenerno-tekhneskoj sistemy APK: problemy i perspektivy Materialy Nac. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 60-letiyu raboty kafedry ekspluatcii i remonta mashin agroinzhenernogo fakul'teta, 90-letiyu doktora himicheskikh nauk, professora, zaslužennogo deyatelya nauki Udmurtskoj Respubliki Grigoriya Andreevicha Korableva i 85-letiyu kandidata tekhnicheskikh nauk, professora, zaslužennogo rabotnika sel'skogo hozyajstva Udmurtskoj Respubliki, pochetnogo rabotnika VPO RF Borisa Dmitrievicha Zonova. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. 2020. S.236–241. 408 s. ISBN 978-5-9620-0353-5.

11. Shirobokov V. I., Shmykov S. N. Kompleksnaya ocenka effektivnosti raboty drobilok zerna otkrytogo i zakrytogo tipov // Razvitie inzhenernogo obrazovaniya i ego rol' v tekhnicheskoy modernizacii APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 65-letiyu podgotovki inzhenerov-mekhanikov Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademiej, 11–13 noyabrya 2020 goda, g. Izhevsk. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. 2021. S. 230–235.

12. 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. Available Online. Volume 8. № 3, March 2020.

Сведения об авторах:**В. А. Петров**, ст. преподаватель;**М. А. Витвинова**, аспирант;**О. С. Федоров** [✉], кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-6079-6897>;**В. И. Широбок**, кандидат технических наук, доцент

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

[✉]fos1973@yandex.ru

Original article

STUDY OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A VIBRATING CATCHER OF INORGANIC IMPURITIES**Vitaly A. Petrov, Maria A. Vitvinova, Oleg S. Fedorov** [✉], **Vladimir I. Shirobokov**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

[✉]fos1973@yandex.ru

Abstract. *The devices for separating impurity ingredients before crushing in grain crushers do not work efficiently and capture only metallomagnetic impurities. Previous studies have not established the dependence of the operation of the vibrating inorganic impurities catcher on the inclination angle of the bottom of the vibrating tray. The purpose of the work is to study the operating process of a vibrating impurity catcher. Tasks: laboratory studies of the dependence of the rate of immersion of impurities in grain and the dependence of the feed of the vibrating tray on its inclination angle. The studies were conducted using methods of a single-factor experiment in three replications. Wheat grains were taken as the starting material. For experimental studies, a laboratory installation of a vibrating screen was made with the possibility to adjust the angle of the bottom slope and to change the frequency, amplitude of the oscillation and with the possibility of registering the above parameters. The purpose of experimental studies was to determine the dependence of the rate of immersion of impurities V into the grain mass, as well as the throughput capacity of the vibrating screen Q at constant values of the amplitude and frequency of vibrations on the inclination angle α of the bottom of the vibrating screen. The variation range of the bottom angle of the vibrating screen is $\alpha = 0^\circ \dots 9.6^\circ$. The experiments made it possible to find out that the rate of immersion of the impurity (gravel) increases to a value of $V = 0.028$ m/s with an increase in the angle of inclination to a value of $\alpha = 7^\circ$, and then remains unchanged. The initial throughput capacity of the vibrating screen at an angle of inclination $\alpha = 0.2^\circ$ is $Q = 0.026$ kg/s, which increases linearly depending on the increase in the inclination angle of the bottom of the vibrating screen.*

Key words: grain, crushing, impurities, vibrating tray, feed, speed, efficiency.

For citation: Petrov V. A., Vitvinova M. A., Fedorov O. S., Shirobokov V. I. Study of structural and technological parameters of a vibrating catcher of inorganic impurities. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 4 (72): 70-75. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_4_70-75.

Authors:**V. A. Petrov**, Senior Lecturer;**M. A. Vitvinova**, postgraduate student;**O. S. Fedorov** [✉], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-6079-6897>;**V. I. Shirobokov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

[✉]fos1973@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 03.11.2022; одобрена после рецензирования 09.11.2022; принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 03.11.2022; approved after reviewing 09.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

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. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (e-mail). Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

3. 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 полустрочный; 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.

4. 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.

5. 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.

6. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

7. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

8. 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).

9. Название статьи приводится на русском и английском языках.

10. 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.

11. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

12. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ Р 7.0.5-2008. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. 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.

13. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

14. 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. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail). 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

7. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

8. 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).

9. The title of the article is given in Russian and English.

10. 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.

11. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

12. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST R 7.0.5-2008. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. 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.

13. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

14. 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.