

ISSN 1817–5457



ИжГСХА

№ 3 (67) 2021

ВЕСТНИК

Ижевской государственной
сельскохозяйственной академии



Журнал основан в марте 2004 г. Выходит ежеквартально

Учредитель ФГБОУ ВО «Ижевская государственная
сельскохозяйственная академия»

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 № ФС7 7-63611 от 02.11.2015.

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

Ответственность за содержание статей
несут авторы публикаций.

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

Подписано в печать 28.09.2021 г.
Дата выхода в свет 30.09.2021 г.
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.
Заказ № 8297. Цена свободная.

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021

ISSN 1817-5457

DOI 10/48012/1817-5457

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

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

Научный редактор

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

Члены редакционного совета:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Д. А. Тихомиров – доктор технических наук, член-корреспондент РАН

ГГНБУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

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

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

А. Г. Левишин – доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

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

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

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

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

О. В. Горелик – доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

С. В. Карамеев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

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

К. К. Тулегенов – доктор PhD, Западно-Казахстанский аграрно-технический

университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

Л. А. Садыкова – кандидат технических наук, Западно-Казахстанский

аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

А. Семенов – кандидат PhD, член Европейской Ассоциации ветеринаров диких

и зоопарковых животных Эстонского университета естественных наук (EMÜ),

г. Тарту, Эстония

Н. И. Филиппова – кандидат сельскохозяйственных наук

ТОО НПЦЗХ им. А. И. Бараева

Я. Кмень – профессор, доктор философских наук, Технический университет

в Зволене, Словакия

Journal was founded in March, 2004. Quarterly issued journal

Founder is Federal state budgetary educational institution of higher education (FSBEI HE) Izhevsk State Agricultural Academy

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

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



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

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

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

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

Signed for printing 28 September 2021.
Publication – 30 September 2021.
Format 60×84/8. Printing 500 iss.
Order № 8297. Free price.

© Izhevsk State Agricultural Academy,
2021

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

EDITORIAL BOARD

Editor in chief

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

Science editor

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

Members of Editorial Board:

A. M. Lentochkin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
T. Yu. Bortnik – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
T. A. Babaytseva – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
I. N. Shchennikova – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, FGBNU
"Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky"
I. Sh. Fatykhov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
L. M. Kolbina – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, UdmFRC UrDRAS
N. A. Balakirev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician
of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine
and Biotechnology named K. I. Skryabin
S. D. Batanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Ural State Forest Engineering University
K. M. Gabdrakhimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Bashkir State Agrarian University
S. N. Ponomarev – Doctor of Agricultural Sciences, TatSRIA FRC KazSC RAS
B. B. Maximov – Doctor PhD, Agrarian University of Plovdiv, Bulgaria
Yu. G. Krysenko – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
V. A. Ermolaev – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Ulyanovsk State Agricultural Academy
I. G. Konopeltsev – Doctor of Veterinary Science, Professor, Vyatka State Agricultural Academy
I. L. Bukharina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Udmurt State University
D. A. Tikhomirov – Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member
of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM
F. F. Mukhamadyarov – Doctor of Technical Sciences,
Professor, Vyatka State Agricultural Academy
P. V. Dorodov – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
A. G. Levshin – Doctor of Engineering Science, Professor,
Russian State Agrarian University named after K. A. Timiryazev
S. I. Yuran – Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy
N. P. Kondratyeva – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy
I. V. Yudaev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Donskoy State Agrarian University
E. V. Kharanzhevsky – Doctor of Technical Sciences, Professor, Udmurt State University
O. V. Gorelik – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University
S. V. Karamaev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Samara State Agricultural Academy
T. F. Persikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Belarusian State Agricultural Academy
K. K. Tulegenov – Doctor PhD, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical
University, Uralsk, Kazakhstan
L. A. Sadykova – Candidate of Technical Sciences, Zhangir Khan West Kazakhstan
Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan
A. Semenov – Cand. PhD, member of the European Association of Wild and Zoo Animal
Veterinarians Estonian University of Life Sciences (EMÜ), Tartu, Estonia
N. I. Filippova – candidate of agricultural sciences
LLC SPCGF named after A. I. Baraev, Kazakhstan
Ya. Kmen – Professor, engineer, Doctor of Philosophy Technical University in Zvolen,
Slovakia

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Г. Ю. Березкина, П. И. Мерцалова, С. С. Вострикова Оценка сыропригодности козьего и коровьего молока	4
А. В. Дмитриев, А. В. Леднев Агроэкологическая оценка агродерново-подзолистых реградированных почв (<i>Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric)</i>) залежных земель Удмуртской Республики	12
К. Ю. Прокошева, С. Л. Абсалямова, Р. Р. Абсалямов, Д. А. Поздеев Ландшафтно-лесоводственная характеристика сосновых насаждений рекреационных зон особо охраняемых природных территорий Удмуртской Республики	26
В. А. Руденок, Н. И. Мазунина, О. С. Тихонова Стимулирующие добавки микроэлементов с регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом	38
В. М. Юдин, А. И. Любимов, У. М. Тучкова Сравнительный анализ влияния медоносов на продуктивность среднерусской медоносной пчелы	44

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

И. Р. Владыкин, М. А. Иванов, Е. И. Владыкина, Д. И. Владыкин Анализ существующих технологий подкормки культур защищенного грунта углекислым газом	51
К. Г. Волков Оптимизация режимов формирования защитно-восстановительных керамических покрытий на основе многофакторного планирования эксперимента	56
К. В. Мартынов Определение пусковых характеристик асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой	62
А. А. Мартюшев, А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов Анализ работоспособности упрочненных ножей ротационной косилки Krone EASYCUT B 870 CV	68
В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, В. И. Ширококов, С. Р. Шинкаренко Теоретические исследования процесса скашивания трав сегментно-пальцевой косилкой	72

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

G. Yu. Berezkina, P.I. Mertsalova, S.S. Vostrikova Evaluation of the cheese suitability of goat and cow's milk	4
A. V. Dmitriev, A. V. Lednev Agroecological assessment of agro-sod-podzolic regraded soils (<i>Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric)</i>) of fallow lands in the Udmurt Republic	12
K. Y. Prokosheva, S. L. Absalyamova, R. R. Absalyamov, D. A. Pozdeyev Landscape and forestry characteristics of pine plantations in recreational zones of specially protected natural territories of the Udmurt Republic.	26
V. A. Rudenok, N. I. Mazunina, O. S. Tikhonova Micronutrient stimulating additives with controlled redox potential	38
V. M. Yudin, A. I. Lyubimov, U. M. Tuchkova Comparative analysis of the influence of honey plants on the productivity of the Central Russian honey bee	44

TECHNICAL SCIENCES

I. R. Vladykin, M. A. Ivanov, Ye. I. Vladykina, D. I. Vladykin Analysis of existing technologies for fertilizing crops with carbon dioxide at the protected soils	51
K. G. Volkov Optimization of the modes of formation of protective and restorative ceramic coatings based on multifactorial planning of the experiment	56
K. V. Martynov Determination of starting characteristics of an asynchronous motor with a combined winding	62
A. A. Martyshev, A. G. Ipatov, V. I. Shirobokov Efficiency analysis of the hardened knives for the rotary mower Krone EASYCUT B 870 CV	68
V. F. Pervushin, M. Z. Salimzyanov, N. G. Kasimov, V. I. Shirobokov, S. R. Shinkarenko Theoretical studies of the process of grass mowing by a segment-finger mower	72

Г. Ю. Березкина¹, П. И. Мерцалова¹, С. С. Вострикова²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ОАО Гамбринус

ОЦЕНКА СЫРОПРИГОДНОСТИ КОЗЬЕГО И КОРОВЬЕГО МОЛОКА

Целесообразным и обоснованным представляется использование для получения полутвердых сыров козьего молока, а также его смеси с коровьим молоком. Исследования проводились в период с 2018 по 2020 гг. Для проведения исследований было сформировано 5 образцов: образец 1 – коровье молоко; образец 2 – козье молоко; образец 3 – смесь козьего и коровьего молока в соотношении 1 : 1; образец 4 – смесь козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1; образец 5 – смесь козьего и коровьего молока в соотношении 1 : 3. Оценка качества молока и сыра проводилась по общепринятым методикам. В козьем молоке по сравнению с коровьим молоком содержание СОМО выше на 0,52 % ($P \geq 0,95$) и составило 8,49 %. В смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1 содержание СОМО составило 8,39 %, что выше по сравнению со смесью в соотношении 1 : 1 на 0,29 % и 1 : 3 на 0,31 % ($P \geq 0,95$). По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям коровье молоко полностью отвечает требованиям ГОСТ Р 52054-2003 и ГОСТ 32940-2014. В коровьем молоке содержание соматических клеток составило 186,4 тыс./см³, что на 498,1 тыс./см³ ($P \geq 0,999$) меньше по сравнению с козьим молоком. Козье молоко отличается высоким содержанием кальция – 209,4 мг%, что выше по сравнению с коровьим молоком на 58,5 % или 77,3 мг% ($P \geq 0,99$). Такая же тенденция прослеживается и в смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1. Продолжительность свертывания сычужным ферментом у коровьего молока составила 18,3 мин., что дольше на 7,2 мин. по сравнению с козьим молоком. По результатам дегустационной оценки сыра все образцы можно отнести к высшему сорту. Наибольшее количество баллов получил сыр, произведенный из смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1. Для производства 1 кг сыра из козьего молока необходимо 6,86 кг сырого молока, что меньше по сравнению с коровьим молоком на 5,08 кг или 74,1 %. Наименьший расход молока наблюдается в смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1. Готовый сыр можно упаковывать в треугольные сегменты МГС в жёсткую плёнку на термоформере. Упаковка и маркировка должны соответствовать нормативной документации на данный вид продукта.

Ключевые слова: коровье молоко; козье молоко; смесь козьего и коровьего молока; сыропригодность; полутвердый сыр; выход сыра; упаковка; маркировка.

Актуальность. Каждый регион России имеет свои сильные стороны в агропромышленном комплексе. Удмуртская Республика славится своим богатым опытом в производстве и переработке молока. Так, в 2020 г. объем валового производства коровьего молока составил 870,8 тыс. тонн, это на 44,29 тыс. тонн или 5,4 % больше, чем в 2019 г. [3]. В республике производят не только коровье, но и козье молоко. Из года в год данная отрасль показывает стабильные цифры прироста производства, переработки и потребления. Так, по последним данным, в Удмуртии валовое производство козьего молока достигло 600 тонн, а объем реализации молочных продуктов составил 555 тонн [17].

Большой интерес к козьему молоку связан с тем, что оно обладает ценными питательными свойствами, которые делают продукты его переработки эффективной альтернативой продукции из коровьего молока [1, 2, 4, 18].

В отличие от коровьего молока, козье имеет более высокую жирность (2,8–5,6 %), при этом жир и белок усваиваются организмом легче, содержит больше микроэлементов: кальций, фосфор, калий, магний, йод, молибден, натрий, марганец, медь, фтор, необходимых для человека и стимулирующих рост собственной микрофлоры кишечника [10–12]. Козье молоко имеет шесть основных белков: β -лактоглобулин, α -лактальбумин, κ -казеин, β -казеин, α_{s1} -казеин и α_{s2} -казеин [15]. Следует отметить, что в козьем молоке, по сравнению с коровьим, более низкое содержание α_{s1} -казеина, который считается аллергенным компонентом коровьего молока [14].

Ассортимент продуктов, вырабатываемых из козьего молока, в настоящее время невелик. На прилавках магазинов чаще всего можно встретить пастеризованное и стерилизованное молоко, редко можно найти биоюгурты, творог, сыр и масло. Однако перспективы производ-

ства и переработки козьего молока весьма широки, что связано с возрастанием потребительского спроса. Из вышеперечисленного ассортимента продуктов наибольший интерес у покупателей вызывает сыр из козьего молока [9].

Сыр из козьего молока – это очень вкусный жирный молочный продукт, который употребляется в пищу во все времена. Питательность козьего сыра и его калорийность на 100 г составляет 290 Ккал, 21,3 г белков, 21,7 г жиров и 0,7 г углеводов. Состав сыра из козьего молока отличается богатым содержанием бактерий, которые уничтожают патогенные микроорганизмы. Присутствие витаминов, а также микроэлементов – делают этот продукт наиболее полезным для человека. Продукт может играть роль самостоятельной закуски, а также его могут использовать как компонент в различных рецептах – как холодных, так и горячих блюд. Благодаря особенностям своего состава сыр из козьего молока придаст блюду новый необычный вкус [16, 17].

По мнению экспертов, благодаря уникальной структуре сгустка, получаемого при створаживании молока, и аромату, козье молоко является ценным сырьем для производства высококачественных сыров, потребление которых в перспективе в России может достигнуть уровня европейских стран [9, 12, 13, 19].

В связи с этим цель наших исследований – оценить сыропригодность козьего, коровьего молока, а также их смесей и определить оптимальное соотношение для производства полутвердого сыра.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: оценить качество коровьего и козьего молока, поступающего на предприятия; составить смеси козьего и коровьего молока, оценить их сыропригодность; провести контрольную выработку сыра опытных образцов и оценить их качество; рассчитать экономическую эффективность производства опытных образцов.

Материал и методика исследования. Исследования проводились в период с 2018 по 2020 гг. на производственных площадках «Кезский сырзавод», «Сарапул-молоко», а также в лаборатории переработки молока кафедры технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Для проведения исследований было сформировано 5 образцов: образец 1 – коровье молоко; образец 2 – козье молоко; образец 3 – смесь козьего и коровьего молока в соотношении 1 : 1; образец 4 – смесь козьего и коровьего

молока в соотношении 3 : 1; образец 5 – смесь козьего и коровьего молока в соотношении 1 : 3.

При определении органолептических свойств молока были оценены вкус, запах, консистенция и внешний вид в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52054-2003 Молоко коровье сырое. Технические условия (с Изменениями 1, 2) и ГОСТ 28283-2015 Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха.

Физико-химические свойства оценивали по таким показателям, как содержание жира, % по ГОСТ Р ИСО 2446-2011 Молоко. Метод определения жира; содержание общего белка, в т.ч. казеина и сывороточных белков, СОМО, лактозы и минеральных веществ по ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка; содержание кальция по ГОСТ ISO Молоко. Определение содержания кальция. Титриметрический метод; плотность по ГОСТ Р 54758-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности; кислотность по ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности.

Микробиологические свойства молока оценивались по следующим показателям: содержание соматических клеток по ГОСТ 23453-2014 Молоко сырое. Методы определения соматических клеток (с поправкой).

Технологические свойства молока оценивались по следующим показателям: свертываемость молока сычужным ферментом проводилась по методике, предложенной З. Х. Диланьяном (1971); диаметр мицелл казеина, Å – по методике П. В. Кугенева и Н. В. Барабанщикова (1973); масса мицелл казеина, млн единиц молекулярного веса – по методике П. В. Кугенева и Н. В. Барабанщикова (1973); класс молока по сычужно-бродильной пробе по ГОСТ Р32901-2014 Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа.

Показатели качества сыра оценивались по следующим показателям: органолептические показатели сыра по ГОСТ 33630-2015 Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей; массовая доля влаги по ГОСТ 3626-73 Методы определения влаги и сухого вещества; степень зрелости – по М. И. Шиловичу; массовая доля хлористого натрия по ГОСТ 3627 Молочные продукты. Методы определения хлористого натрия; активная кислотность по ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности.

Полученный цифровой материал исследованный обработан методом биометрической статистики по Н. А. Плохинскому (1969) и Е. К. Меркурьевой (1970) при использовании соответствующих программ (Microsoft Excel, Microsoft Word).

Результаты исследования. На первом этапе наших исследований нами был произведен анализ коровьего, козьего молока, а также их смесей. Химический состав молока исследуемых образцов представлен в таблице 1.

Анализ химического состава коровьего, козьего молока, а также их смесей показал существенные различия. Так, в козьем молоке по сравнению с коровьим молоком содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) выше на 0,52 % ($P \geq 0,95$) и составило 8,49 %. Что в дальнейшем и сказалось на их смесях. В смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1 содержание СОМО составило 8,39 %, что выше по сравнению со смесью в соотношении 1 : 1 на 0,29 % и 1 : 3 на 0,31 % ($P \geq 0,95$). Такая же тенденция сохраняется и по таким показателям, как молочный жир, белок, в т.ч. казеин. Содержание лактозы и минеральных веществ в козьем молоке незначи-

тельно выше, чем в коровьем молоке, но достоверных различий в группах не выявлено.

По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям коровье молоко полностью отвечает требованиям ГОСТ Р 52054-2003, а козье молоко ГОСТ 32940-2014. Показатели качества представлены в таблице 2.

Необходимо отметить, что козье молоко, и соответственно, смесь, где больше содержится козьего молока, обладает достоверно большей плотностью в сравнении с коровьим молоком.

В коровьем молоке содержание соматических клеток составило 186,4 тыс./см³, что на 498,1 тыс./см³ ($P \geq 0,999$) меньше по сравнению с козьим молоком. Но необходимо отметить, что такой высокий уровень соматических клеток для козьего молока не является отрицательным показателем. По требованиям ГОСТ соматических клеток в козьем молоке должно быть не более 1000 тыс./см³, а специалисты РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (Шуваринов А. С. и др., 2019) рекомендуют такое молоко относить к высшему сорту.

На следующем этапе наших исследований нами была проведена оценка сыропригодности молока. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Химический состав коровьего, козьего молока и их смесей

Показатель	Коровье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и коровьего молока в соотношении		
			1 : 1	3 : 1	1 : 3
Массовая доля, %: сухих веществ	11,67 ± 0,21	12,92 ± 0,24	12,14 ± 0,19	12,47 ± 0,22	11,79 ± 0,27
СОМО	7,97 ± 0,15	8,49 ± 0,17*	8,17 ± 0,11	8,39 ± 0,09*	8,08 ± 0,11
жира	3,70 ± 0,11	4,43 ± 0,09***	3,97 ± 0,11	4,12 ± 0,12*	3,71 ± 0,08
белка	3,12 ± 0,03	3,45 ± 0,05***	3,21 ± 0,02	3,36 ± 0,06*	3,16 ± 0,05
в т.ч. казеина	2,61 ± 0,02	2,69 ± 0,03*	2,64 ± 0,02	2,67 ± 0,03	2,63 ± 0,03
лактозы	4,24 ± 0,08	4,33 ± 0,04	4,30 ± 0,04	4,31 ± 0,05	4,27 ± 0,08
минеральных веществ	0,61 ± 0,03	0,71 ± 0,03	0,66 ± 0,03	0,68 ± 0,04	0,65 ± 0,03

Примечание: * $P \geq 0,95$, *** $P \geq 0,999$

Таблица 2 – Показатели качества коровьего, козьего молока и их смесей

Показатель	Коровье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и коровьего молока в соотношении		
			1 : 1	3 : 1	1 : 3
Консистенция	однородная				
Вкус и запах	чистый, характерный для молока, без посторонних привкусов и запахов				
Цвет	белый				
Кислотность, °Т	16,2 ± 2,1	18,6 ± 2,3	17,2 ± 1,9	17,7 ± 2,1	16,7 ± 2,4
Плотность, кг/м ³	1028,1 ± 0,01	1029,5 ± 0,01***	1028,7 ± 0,02	1029,1 ± 0,01***	1028,4 ± 0,04
Количество соматических клеток, тыс./см ³	186,4 ± 81,6***	684,5 ± 59,1	435,6 ± 62,5	548,1 ± 76,1	329,4 ± 64,3*

Примечание: * $P \geq 0,95$, *** $P \geq 0,999$

Таблица 3 – Результаты оценки сыропригодности молока

Показатель	Коровье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и коровьего молока в соотношении		
			1 : 1	3 : 1	1 : 3
Массовая доля белка, %	3,12 ± 0,03	3,45 ± 0,05***	3,21 ± 0,02	3,36 ± 0,06*	3,16 ± 0,05
в т.ч. казеина	2,61 ± 0,02	2,69 ± 0,03*	2,64 ± 0,02	2,67 ± 0,03	2,63 ± 0,03
Массовая доля жира, %	3,70 ± 0,11	4,43 ± 0,09***	3,97 ± 0,11	4,12 ± 0,12*	3,71 ± 0,08
Соотношение: жир/белок	1,18	1,28	1,24	1,23	1,17
жир/СОМО	0,46	0,52	0,48	0,49	0,46
белок/СОМО	0,39	0,37	0,39	0,40	0,39
Массовая доля кальция, мг%	132,1 ± 16,2	209,4 ± 15,4**	170,7 ± 11,1	186,4 ± 10,8*	151,3 ± 11,5
Диаметр мицелл казеина, Å	657,6 ± 23,1	663,4 ± 19,2	660,5 ± 15,4	661,2 ± 17,4	659,4 ± 11,8
Масса мицелл казеина, млн ед. мол.массы	154,9 ± 8,7	135,4 ± 9,1	145,1 ± 9,2	141,8 ± 10,1	150,6 ± 8,6
Класс молока по сычужно-броидильной пробе	II	II	II	II	II
Продолжительность свертывания, мин.	18,3	11,1	15,1	12,4	15,2

Примечание: *P ≥ 0,95, *** P ≥ 0,999

В молоке, предназначенном для производства сыра, важно не только фактическое содержание компонентов, но и соотношение между ними. Для оценки экономической целесообразности производства сыра ВНИИМС рекомендует использовать следующие соотношения: жир к белку – 1,08–1,24; жир к СОМО – 0,4–0,45; белок к СОМО – 0,36–0,44.

В наших исследованиях мы получили, что основные соотношения соответствуют рекомендациям ВНИИМС, но в козьем молоке, а также в смеси, где доля козьего молока больше, эти значения выше по сравнению с коровьим молоком.

Козье молоко отличается высоким содержанием кальция – 209,4 мг%, что выше по сравнению с коровьим молоком на 58,5 % или 77,3 мг% (P ≥ 0,99). Такая же тенденция прослеживается и в смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1.

Одним из важных показателей сыропригодности молока считается диаметр и масса мицелл казеина. Чем крупнее мицеллы, тем больше на их поверхности фосфата кальция и тем выше их чувствительность к сычужному ферменту. Можно сказать, что в молоке, производимом в Удмуртской Республике, содержатся довольно крупные мицеллы казеина и существенных отличий между козьим и коровьим молоком не выявлено.

Молоко всех групп имело второй класс по сычужно-броидильной пробе, но необходи-

мо отметить, что у козьего молока сырок получился более мягкий, но он хорошо держал форму.

При оценке пригодности молока к производству сыра учитывают такой важный показатель, как свертываемость молока под действием сычужного фермента. В наших исследованиях продолжительность свертывания сычужным ферментом у коровьего молока составила 18,3 мин., что дольше на 7,2 мин. по сравнению с козьим молоком. Использование козьего молока в смеси с коровьим также положительно сказалось на данном показателе.

Таким образом, все исследуемые образцы молока являются сыропригодными, но использование козьего молока в чистом виде и в смеси оказало положительное влияние на пригодность молока к производству сыра.

На следующем этапе нами была проведена контрольная выработка сыра. За основу взяли технологию производства сыра столовый свежий, который производится в условиях Кежско-го сырзавода.

Готовый сыр оценили по органолептическим и физико-химическим показателям. Результаты анализа представлены в таблицах 4–6.

По результатам дегустационной оценки сыра все образцы можно отнести к высшему сорту. Наибольшее количество баллов дегустаторы отдали образцу сыра, который произведен из смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1.

Таблица 4 – Внешний вид и характеристика опытных образцов

Группа	Внешний вид сыра	Характеристика
Коровье молоко		Корочка ровная, тонкая, без повреждений и толстого подкоркового слоя. Консистенция образца плотная, слегка ломкая на изгибе, однородная по всей массе. Вкус выраженный сырный, с наличием легкой кислинки, аромат менее выражен. Цвет продукта белый, однородный по всей массе. На разрезе сыр имеет рисунок, состоящий из глазков угловатой формы, равномерно расположенных по всей массе.
Козье молоко		Корочка ровная, тонкая, без повреждений и толстого подкоркового слоя. Консистенция образца эластичная, однородная по всей массе. Вкус и запах выраженные сырные, присутствует послевкусие козьего молока. Цвет продукта белый, однородный по всей массе. На разрезе сыр имеет рисунок, состоящий из глазков угловатой формы, равномерно расположенных по всей массе.
Смесь козьего и коровьего молока в соотношении	1 : 1 	Корочка ровная, тонкая, без повреждений и толстого подкоркового слоя. Консистенция образца менее эластичная, чем у образца № 4. Вкус выраженный сырный. Цвет – белый, однородный по всей массе. Рисунок состоит из глазков угловатой формы, равномерно расположенных по всей массе.
	3 : 1 	Корочка ровная, тонкая, без повреждений и толстого подкоркового слоя. Консистенция – пластичная, однородная по всей массе. Имеет хорошо выраженный, нежный сырный вкус и аромат. Цвет – белый, однородный по всей массе. Рисунок состоит из крупных глазков неправильной формы, равномерно расположенных по всей массе.
	1 : 3 	Корочка ровная, тонкая, без повреждений и толстого подкоркового слоя. Консистенция – эластичная, слегка ломкая на изгибе, однородная по всей массе. Вкус хорошо выраженный сырный, с наличием легкой кислинки, аромат менее выражен. Цвет – белый, однородный по всей массе. На разрезе сыр имеет рисунок, состоящий из глазков угловатой формы, равномерно расположенных по всей массе.

Таблица 5 – Дегустационная оценка сыра, балл

Показатель	Коровье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и коровьего молока в соотношении		
			1 : 1	3 : 1	1 : 3
Вкус и запах	39,5	40,6	38,0	39,0	38,0
Консистенция	19,0	19,6	22,5	22,0	20,4
Цвет	4,5	5,0	4,6	5,0	4,6
Рисунок	9,3	8,8	9,3	9,0	9,0
Внешний вид	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Упаковка	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Общий балл	87,3	89,0	89,4	90,0	87,0

Дегустаторы отметили, что сыр, произведенный из чистого козьего молока, имел характерный привкус, а в смеси в соотношении козьего и коровьего молока 3 : 1 такого привкуса не наблюдалось. Сыр имел выраженный вкус и запах, пластичное тесто, глазки неправильной формы, корка тонкая и ровная, цвет белый.

По физико-химическим показателям сыр полностью отвечал требованиям ГОСТ 32260-2013 Сыры полутвердые. Технические условия. Использование козьего молока оказало существенное влияние на расход молока (табл. 6). Так, для производства 1 кг сыра из козьего молока он составил 6,86 кг, что меньше по сравнению с коровьим молоком на 5,08 кг или 74,1 %. Если рассматривать смеси, то наименьший расход молока наблюдается в смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1.

Таким образом, для производства полутвердого сыра лучше использовать смесь козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1, так как это молоко обладает более высокими показателями сыропригодности, а сыр не имеет специфического привкуса козьего молока, но при этом сохраняет все его полезные свойства.

Готовый сыр можно упаковывать в треугольные сегменты МГС в жёсткую плёнку на термоформере. Кроме этого нами был разработан примерный вариант дизайна упаковки (рис. 1).

Упаковка должна соответствовать ГОСТ 33756-2016. Упаковка потребительская полимерная. Общие технические условия.



Рисунок 1 – Примерный вариант дизайна упаковки

Маркировка продукции должна соответствовать ГОСТ Р 51074-2003 Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования (с Изменениями № 1, 2).

По периметру окружности будет нанесена ещё информация об изготовителе, дата изготовления, дата упаковывания, наименование продукта, наименование и местонахождение изготовителя [юридический адрес, включая страну, и при несовпадении с юридическим адресом адрес(а) производств(а) и организации в Российской Федерации, уполномоченной изготовителем на принятие претензий от потребителей на ее территории (при наличии), масса нетто, информация о подтверждении соответствия пищевых продуктов.

На последнем этапе нами была рассчитана экономическая эффективность производства полутвердого сыра из смеси козьего и коровьего молока (табл. 7).

Таблица 6 – Физико-химические показатели качества сыра

Показатель	Требования НТД	Коровье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и коровьего молока в соотношении		
				1 : 1	3 : 1	1 : 3
М.д.влаги, %	не более 43,0	40,1	40,4	40,2	40,1	40,2
М.д. NaCl, %	1,5–3,0 вкл.	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0
Активная кислотность	5,25–5,45 вкл.	5,34	5,31	5,35	5,33	5,34
Расход молока на 1 кг сыра, кг	–	11,94	6,86	7,34	6,95	10,07

Таблица 7 – Экономическая эффективность исследований

Показатель	Коровье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и коровьего молока в соотношении		
			1 : 1	3 : 1	1 : 3
Полная себестоимость, руб./кг	488,07	587,10	472,89	500,78	494,00
В т.ч. 1 упаковки 250 г/руб.	122,0	146,77	118,2	125,19	123,5
Цена реализации, руб./уп.	180	200	180	190	180
Валовая прибыль, руб./уп.	58,0	53,23	61,8	64,81	56,5
Чистая прибыль, руб./уп.	50,46	46,3	53,76	56,38	49,16
Уровень рентабельности, %	41,3	31,5	45,4	45,0	39,8
Годовой объем производства, т	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8
Годовая чистая прибыль, тыс. руб.	5812,9	5333,7	6193,1	6494,9	5663,2

Анализ данных таблицы 7 показал, что наибольшую рентабельность производства имеет сыр из смеси в соотношении 1 : 1 и 3 : 1, 45,4 % и 45,0 % соответственно. При этом наибольшую годовую прибыль предприятие получит от реализации сыра из смеси в соотношении 3 : 1, которая составит 6494,9 тыс. руб., что на 682 тыс. руб. или 11,7 % больше, чем от реализации сыра из коровьего молока.

Вывод. Таким образом, использование смеси козьего и коровьего молока в соотношении 3 : 1 является наиболее желательным в производстве сыров, т.к. такое молоко обладает высокими показателями сыропригодности.

Список литературы

1. Ананьева, Т. В. Факторы, влияющие на молочную продуктивность коров, физико-химические и микробиологические показатели молока-сырья / Т. В. Ананьева, В. И. Остроухова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 60–71.
2. Березкина, Г. Ю. Использование заквасок Бифивит и *Lactoferm* есо при производстве творога / Г. Ю. Березкина, С. С. Вострикова, В. В. Макарова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2020. – № 3 (63). – С. 44–51.
3. Васильева, А. Итоги работы молочных хозяйств Удмуртии / А. Васильева // Известия Удмуртской Республики. – 2021. – URL: <https://izvestiaur.ru/news/view/19583701.html> (дата обращения: 20.02.2021).
4. Гетманец, В. Н. Особенности переработки козьего молока / В. Н. Гетманец // Вестник Алтайского ГАУ. – 2016. – № 5. – С. 162–165.
5. Закирова, Р. Р. Показатели качества сырого молока в Удмуртской Республике / Р. Р. Закирова, К. П. Назарова, Г. Ю. Березкина // Вестник Курганской ГСХА. – 2021. – № 1(37). – С. 19–22.
6. Значение бета-лактоглобулина в белковом составе козьего молока / Р. А. Хаертдинов, Г. М. Закирова, И. Н. Камалдинов, А. Г. Фатихов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2017. – Т. 229. – № 1. – С. 58–61.
7. Иванов, В. Факторы, влияющие на качество сырого молока / В. Иванов, Л. Гуркина, М. Алигаджиев // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 7. – С. 23–24.
8. Иванцова, Т. Молочное козоводство Удмуртии / Т. Иванцова // Известия Удмуртской Республики. – 2021. – URL: <https://izvestiaur.ru/news/view/19608201.html> (дата обращения: 20.02.2021).
9. Камаев, А. В. Требования, предъявляемые к составу и качеству молока в сыроделии / А. В. Камаева, П. В. Шаравьев // Молодежь и наука. – 2019. – № 3. – С. 65.
10. Кригер, А. В. Влияние состава ферментных композиций на качество сыров / А. В. Кригер, А. Н. Белов. // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 2. – С. 34–35.
11. Кригер, А. В. Исследования влияния молоко-свертывающих и липолитических ферментов на процесс созревания и качество сыров: спец. 05.18.04 – «Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств» : дис. на соискание ученой степени кандидат технических наук / Кригер Анастасия Викторовна. – Кемерово, 2009. – 19 с.
12. Лукин, И. И. Технологические показатели козьего молока / И. И. Лукин, Ю. А. Юлдашева, Н. И. Кульмакова // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2020. – № 5 (85). – С. 227–230.
13. Молоко коз как дополнительный источник сырья для альтернативных технологий пищевых продуктов / А. Г. Храмцов, Т. В. Вобликова, В. Ю. Котова, Н. О. Ионова // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 3 (19). – С. 82–88.
14. Новые технологии сыров из козьего молока / О. В. Суюнцева, Т. В. Вобликова, М. Ю. Санникова, С. И. Новопашина // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2007. – Т. 2. – № 2-2. – С. 73–75.
15. Особенности свертываемости и термоустойчивости козьего молока в сравнении с разными видами сельскохозяйственных животных / А. Г. Фатихов, Р. А. Хаертдинова, Г. М. Закирова, И. Н. Камалдинова // Вестник Казанского ГАУ. – 2017. – № 1 (43). – С. 46–49.
16. Оправдано ли применение козьего молока у детей с пищевой аллергией к белкам коровьего молока? / А. Н. Пампура, Т. Э. Боровик, И. Н. Захарова [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2012. – Т. 57. – № 4–1. – С. 138–145.
17. Пушкарев, М. Г. Молочное козоводство, состояние и пути развития / М. Г. Пушкарев // Современное состояние и перспективы развития ветеринарной и зоотехнической науки: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. – Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2020. – С. 604–610.
18. Фатихов, А. Г. Влияние уровня содержания α_{s1} - и β -казеинов в козьем молоке на его аллергенные, термостабильные и сыродельческие свойства / А. Г. Фатихов, Р. А. Хаертдинова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2017. – Т. 230. – № 2. – С. 163–167.
19. Malanicheva, T. G. The efficacy of the adapted formula based on New Zealand goat's milk in children with food allergy / T. G. Malanicheva, S. N. Denisova, M. Yu. Belitskaya // Pediatric Nutrition. – 2007. – Vol. 5. – № 5. – P. 63–66.
20. Mustafina, G. N. Technological and biochemical aspects of the cheese "Legenda" from goat milk / G. N. Mustafina, V. T. Izyakov, T. V. Kozhanov // Сыроделие и маслоделие. – 2011. – № 6. – P. 18–19.

Spisok literatury

1. Anan'eva, T. V. Faktory, vliyayushchie na molochnyuyu produktivnost' korov, fiziko-himicheskie i mikrobiologicheskie pokazateli moloka-syr'ya / T. V. Anan'eva, V. I. Ostrouhova // *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2019. – № 2. – S. 60–71.

2. Berezkina, G. YU. Ispol'zovanie zakvasok Bifivit i Lactoferm eco pri proizvodstve tvoroga / G. YU. Berezkina, S. S. Vostrikova, V. V. Makarova // *Vestnik Izhevskoj GSKHA*. – 2020. – № 3 (63). – S. 44–51.

3. Vasil'eva, A. Itogi raboty molochnyh hozyajstv Udmurtii / A. Vasil'eva // *Izvestiya Udmurtskoj Respubliki*. – 2021. – URL: <https://izvestiaur.ru/news/view/19583701.html> (data obrashcheniya: 20.02.2021).

4. Getmanec, V. N. Osobennosti pererabotki koz'ego moloka / V. N. Getmanec // *Vestnik Altajskogo GAU*. – 2016. – № 5. – S. 162–165.

5. Zakirova, R. R. Pokazateli kachestva syrogo moloka v Udmurtskoj Respublike / R. R. Zakirova, K. P. Nazarova, G. YU. Berezkina // *Vestnik Kurganskoy GSKHA*. – 2021. – № 1(37). – S. 19–22.

6. Znachenie beta-laktoglobulina v belkovom sostave koz'ego moloka / R. A. Haertdinov, G. M. Zakirova, I. N. Kamaldinov, A. G. Fatihov // *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana*. – 2017. – T. 229. – № 1. – S. 58–61.

7. Ivanov, V. Faktory, vliyayushchie na kachestvo syrogo moloka / V. Ivanov, L. Gurkina, M. Aligadzhiev // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. – 2011. – № 7. – S. 23–24.

8. Ivancova, T. Molochnoe kozovodstvo Udmurtii / T. Ivancova // *Izvestiya Udmurtskoj Respubliki*. – 2021. – URL: <https://izvestiaur.ru/news/view/19608201.html> (data obrashcheniya: 20.02.2021).

9. Kamaev, A. V. Trebovaniya, pred'yavlyayemye k sostavu i kachestvu moloka v syrodellii / A. V. Kamaeva, P. V. SHarav'ev // *Molodezh' i nauka*. – 2019. – № 3. – S. 65.

10. Kriger, A. V. Vliyanie sostava fermentnyh kompozicij na kachestvo syrov / A. V. Kriger, A. N. Belov // *Syrodellie i maslodellie*. – 2010. – № 2. – S. 34–35.

11. Kriger, A. V. Issledovaniya vliyaniya molokosvertyvayushchih i lipolicheskikh fermentov na process sozrevaniya i kachestvo syrov: spec. 05.18.04 – «Tekhnologiya myasnyh, molochnyh, rybnyh produktov i holodil'nyh proizvodstv»: dis. na soiskanie uchenoj ste-

peni kandidat tekhnicheskikh nauk / Kriger Anastasiya Viktorovna. – Kemerovo, 2009. – 19 s.

12. Lukin, I. I. Tekhnologicheskie pokazateli koz'ego moloka / I. I. Lukin, YU. A. YUldasheva, N. I. Kul'makova // *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – № 5 (85). – S. 227–230.

13. Moloko koz kak dopolnitel'nyj istochnik syr'ya dlya al'ternativnyh tekhnologij pishchevyh produktov / A. G. Hramcov, T. V. Voblikova, V. YU. Kotova, N. O. Ionova // *Vestnik APK Stavropol'ya*. – 2015. – № 3 (19). – S. 82–88.

14. Novye tekhnologii syrov iz koz'ego moloka / O. V. Suyunceva, T. V. Voblikova, M. YU. Sannikova, S. I. Novopashina // *Sbornik nauchnyh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*. – 2007. – T. 2. – № 2-2. – S. 73–75.

15. Osobennosti svertyvaemosti i termoustojchivosti koz'ego moloka v sravnenii s raznymi vidami sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / A. G. Fatihov, R. A. Haertdinova, G. M. Zakirova, I. N. Kamaldinov // *Vestnik Kazanskogo GAU*. – 2017. – № 1 (43). – S. 46–49.

16. Opravdano li primenenie koz'ego moloka u detej s pishchevoj allergiej k belkam korov'ego moloka? / A. N. Pampura, T. E. Borovik, I. N. Zaharova [i dr.] // *Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii*. – 2012. – T. 57. – № 4–1. – S. 138–145.

17. Pushkarev, M. G. Molochnoe kozovodstvo, sostoyanie i puti razvitiya / M. G. Pushkarev // *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya veterinarnoj i zootekhnicheskoy nauki: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem*. – CHEboksary: CHuvashskij GAU, 2020. – S. 604–610.

18. Fatihov, A. G. Vliyanie urovnya sodержaniya α 1- i β -kazeinov v koz'em moloke na ego allergennye, termostabil'nye i syrodell'cheskie svoystva / A. G. Fatihov, R. A. Haertdinova // *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana*. – 2017. – T. 230. – № 2. – S. 163–167.

19. Malanicheva, T. G. The efficacy of the adapted formula based on New Zealand goat's milk in children with food allergy / T. G. Malanicheva, S. N. Denisova, M. Yu. Belitskaya // *Pediatric Nutrition*. – 2007. – Vol. 5. – № 5. – P. 63–66.

20. Mustafina, G. N. Technological and biochemical aspects of the cheese "Legenda" from goat milk / G. N. Mustafina, V. T. Izyakov, T. V. Kozhanov // *Syrodellie i maslodellie*. – 2011. – № 6. – P. 18–19.

Сведения об авторах:

Березкина Галина Юрьевна – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой «Технология переработки продукции животноводства», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: g-berezkina@mail.ru).

Мерцалова Полина Игоревна – студентка 1 курса магистратуры зооинженерного факультета, направление подготовки «Зоотехния», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: mertsalova-99@mail.ru).

Вострикова Светлана Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, микробиолог, ОАО «Гамбринус» (426053, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Салютовская, 77, e-mail: svetlana.sidrenk@rambler.ru).

G. Yu. Berezkina¹, P.I. Mertsalova¹, S.S. Vostrikova²¹Izhevsk State Agricultural Academy²Gambrinus Open Joint Stock Company**EVALUATION OF THE CHEESE SUITABILITY OF GOAT AND COW'S MILK**

It seems expedient and reasonable to use goat's milk for producing semi-hard cheeses, as well as its compound with cow's milk. The studies were carried out within the period of 2018–2020. For researches, 5 samples were compounded: sample 1 – cow milk; sample 2 – goat milk; sample 3 – a compound of goat and cow milk in a 1 : 1 ratio; sample 4 – a mixture of goat and cow milk in a ratio of 3 : 1; sample 5 – a mixture of goat and cow milk in a ratio of 1 : 3. Evaluation of milk and cheese qualities was carried out according to commonly accepted methods. In goat milk, compared to cow milk, the SNF content showed by 0.52 % higher ($P \geq 0.95$) and reached 8.49 %. In a compound of goat and cow milk, in a ratio of 3 : 1, the content of SNF was 8.39 % which was higher than in a mixture in a ratio of 1 : 1 by 0.29 %, and 1 : 3 by 0.31 % ($P \geq 0.95$) respectively. In terms of organoleptic, physicochemical and microbiological indicators, cow milk fully meets the requirements of GOST R 52054-2003 and GOST 32940-2014. In cow milk, the content of somatic cells was 186.4 thousand/cm³ which is by 498.1 thsd / cm³ ($P \geq 0.999$) less than in goat milk. Goat milk has a high calcium content – 209.4 mg% which is by 58.5 % or 77.3 mg% ($P \geq 0.99$) higher than cow's milk. The same trend can be traced in a compound of the goat and cow milk, in a ratio of 3 : 1. The duration of rennet coagulation was 18.3 minutes for the cow milk, which is 7.2 minutes longer than in the goat milk. According to the results of the tasting assessment of cheese, all samples can be qualified as of the high-est grade. The highest number of points had been awarded to the cheese of a compound of goat's and cow's milk, in a ratio of 3 : 1. To produce 1 kg of cheese from goat milk, 6.86 kg of raw milk is needed which is 5.08 kg, or 74.1 % less compared to cow milk. The least expenditure of milk had been observed in a compound of goat and cow milk, in a ratio of 3 : 1. Readymade cheese can be packed in triangular segments of MGS in a rigid film on a thermoformer. Packaging and labeling must comply with the regulatory documentation for the type of a product.

Key words: cow's milk; goat's milk; a compound of goat and cow milk; cheese suitability; semi-hard cheese; cheese yield; packaging; labeling.

Authors:

Beriyozkina Galina Yurievna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Technology of Processing of Livestock Products, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: g-berezkina@mail.ru).

Mertsalova Polina Igorevna – Master's Degree Student, Zoengineering Faculty, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: mertsalova-99@mail.ru).

Vostrikova Svetlana Sergeevna – Candidate of Agricultural Sciences, Microbiologist at Gambrinus OJSC (77, Salyutovskaya St., Izhevsk, 776053, Russian Federation, e-mail: svetlana.sidrenk@rambler.ru).

УДК 631.445.24:631.95(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_12

А. В. Дмитриев¹, А. В. Леднев²¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА²ФГБУН Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ РЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ (ALBIC GLOSSIC RETISOLS (LOAMIC, CUTANIC, OCHRIC) ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Дана агроэкологическая оценка агродерново-подзолистым реградированным почвам (Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric) разного периода зарастания суглинистого и супесчаного гранулометрического состава, расположенным на транзитных и аккумулятивных элементах ландшафта. Исследование проведено методом экспедиционных почвенно-экологических обследований территории районов Удмуртской Республики. Установлено, что в суглинистых почвах залежных земель, расположенных на элементах склонов агроландшафта транзитного направления, происходит изменение физико-химических и химических свойств, интенсивность которых находилась в зависимости от исходного

уровня плодородия земель ключевых площадок – чем выше исходное плодородие пашни, переходящей в залежь, тем выше величина отклонения признака от пахотного аналога: значительное смещение реакции среды слоев почвы 0–10 и 10–20 см в кислую сторону; увеличение суммы поглощенных оснований в слое почвы 0–10 см и снижение ее в слое 10–20 см; снижение степени насыщенности оснований как в слое почвы 0–10 см, так и в слое 10–20 см; содержание гумуса в суглинистых почвах залежных земель, расположенных на элементах склонов агроландшафта транзитного направления, увеличилось в слое 0–10 см на 19,3...36,6 отн.% и снизилось его в слое 10–20 см на 9,4–17,8 отн.%. В почвах, расположенных на аккумулятивных элементах агроландшафтов, почвенная кислотность снижается менее выражено и затрагивает, как правило, верхний слой гумусового горизонта, что вызвано большим увлажнением по сравнению с почвами транзитных склонов.

Вывод земель из активного сельскохозяйственного использования даже длительного периода не оказывает негативного влияния на гумусовое состояние дерново-подзолистых суглинистых почв. Напротив, в залежных землях увеличивается содержание гумуса и его запасов, повышается содержание лабильного углерода почвы. Наблюдается увеличение лабильной части органического вещества в гумусовом слое залежных земель, как правило, пропорционально периоду естественного зарастания. В составе гумусовых кислот преобладают фульвокислоты как в верхней части гумусового слоя 0–10, так и в нижней его части 10–20 см.

Ключевые слова: земли, исключенные из активного сельскохозяйственного использования; период зарастания; элементы агроландшафтов; агрохимические свойства; гранулометрический состав; Albic Retisol.

Актуальность. Одним из основных направлений в современных условиях развития аграрного комплекса является эффективное использование сельскохозяйственных угодий, включая земли, выведенные из активного сельскохозяйственного использования. Сложные экономические условия 90-х годов прошлого века привели к значительному сокращению пахотных угодий, площадь которых в РФ сократилась более чем на 40 млн га или более 23 % [5, 7, 11, 12]. В настоящее время эти угодья, перешедшие в залежные, являются резервом для увеличения валового продукта агропромышленного комплекса. На территории Удмуртской Республики наибольший интерес вызывают выведенные из активного сельскохозяйственного использования дерново-подзолистые почвы, по данным В. П. Ковриго [2004], занимающие 65,1 % от всей площади сельскохозяйственных угодий или 76,1 % от площади пашни, из которых суглинистые разновидности – 66,1 % и супесчаные и песчаные – 10,0 % [9]. Длительное зарастание сорно-рудеральной растительностью, затем лесной растительностью, приводит к изменению признаков и свойств почвы, культуртехнического состояния земельных участков, которые достаточно хорошо освещены в научной литературе [2, 5, 7, 10–18, 20]. Введение в оборот таких земель требует обеспечения оптимальных параметров для сельскохозяйственных культур, основанного на агроэкологической оценке постагрогенных земель.

В последнее время наметилась динамика не только сокращения залежных земель, но и небольшой рост площади пашни за счёт крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей (рост на 8,5 %) [7]. Всё это

определяет высокую востребованность разработки эффективных технологий освоения залежных земель, опирающихся на актуальную информацию о состоянии почвенного и растительного покрова на данном этапе зарастания [19].

Цель: изучение закономерностей почвообразования в постагрогенных дерново-подзолистых почвах в зависимости от уровня плодородия, гранулометрического состава, расположения на элементе ландшафта.

Задачи: выявить особенности изменения агрохимических свойств суглинистых и супесчаных почв, расположенных на элементах транзитного и аккумулятивного направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок; оценить влияние периода зарастания на гумусовое состояние залежных земель.

Материалы и методы. Объект исследования – агродерново-подзолистые реградируемые почвы (Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric)). Методы исследования – сравнение, регрессионный анализ.

Влияние естественного зарастания пашни на свойства почв изучалось с помощью закладки ключевых площадок, выявленных в результате экспедиционных обследований территории районов Удмуртской Республики. Ключевые площадки отвечали следующим требованиям: 1) располагались на почвенных разновидностях, типичных для условий Удмуртской Республики; 2) на одном элементе ландшафта, на одной и той же почвенной разности присутствовали три вида угодий – пашня, залежь и лес. На пашне изучались свойства антропогенно-изменённых почв, в лесу – свойства естественных природных

почв, а на залежи – степень наложения природного (зонального) процесса почвообразования на антропогенно-изменённые почвы. Все площадки были разбиты на три группы по периоду зарастания (до 10, 10–20 и более 20 лет). На каждой ключевой площадке заложено по три почвенных разреза, из которых, согласно общепринятой методике, отобраны почвенные образцы для определения агрохимических показателей и агрофизических свойств. Из пахотного и гумусового горизонтов образцы отобраны по слоям 0–10 и 10–20 см. Почвенные и растительные образцы проанализированы в биохимических лабораториях Удмуртского НИИСХ и Ижевской ГСХА: обменная кислотность (потенциометрическим методом, ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность (по Каппену в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91), сумма обменных оснований (по методу Каппена, ГОСТ 27821-88), содержание органического вещества (по Тюрину в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-91, подготовку почвенной пробы проводили с использованием наэлектризованной стеклянной палочки), подвижные фосфор и калий (по Кирсанову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207-91), геоботаническое описание ключевых площадок [3].

Ключевые площадки были подразделены по направлению вещественно-энергетического потока (транзитные, аккумулятивные) и гранулометрическому составу. При обсуждении результатов использовалась разница показателей фактического свойства почвы залежи (леса) и пашни, взятой в качестве контроля.

Математическая обработка результатов исследований выполнялась с использованием прикладной программы Microsoft Excel.

Результаты исследования. Удмуртская Республика по сельскохозяйственному районированию находится в южнотаёжно-лесной зоне умеренного природно-сельскохозяйственного пояса [1]. Для обсуждения были выбраны наиболее интересные ключевые площадки, имеющие разный период зарастания, различающиеся по гранулометрическому составу и расположенные на транзитных и аккумулятивных элементах ландшафта.

Транзитные элементы ландшафта. Отклонения агрохимических свойств суглинистых почв элементов транзитного направления склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок. Общей закономерностью изменения обменной кислотности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв в процессе их зарастания является постепенное смещение кислотно-щелочного баланса в кислую сторо-

ну. Интенсивность данного процесса напрямую зависит, во-первых, от периода зарастания и, во-вторых, конечно же, от исходного уровня плодородия. Показатель обменной кислотности краткосрочной низкоплодородной залежи (5 лет, разрез 11) в слое почвы 0–10 см снизился на 0,29 ед. рН (-4,8 %), в слое почвы 10–20 см снизился на 0,17 ед. рН (-2,8 %) (табл. 1). Однако за пятилетний период не достиг уровня целинных почв лесных угодий.

Аналогичная динамика изменения почвенной кислотности наблюдается и в почвах со средним уровнем плодородия. Показатель обменной кислотности среднесрочной залежи (18 лет, разрез 29) в слое почвы 0–10 см снизился на 0,08 ед. рН (-1,9 %), в слое почвы 10–20 см снизился более значительно – на 0,12 ед. рН (-2,8 %). При более длительном периоде зарастания показатель обменной кислотности долгосрочной среднеплодородной залежи (35 лет, разрез 30) в слое почвы 0–10 см снизился на 1,56 ед. рН (-26,0 %), в слое почвы 10–20 см снизился более значительно – на 1,51 ед. рН (-24,4 %).

Постепенное смещение кислотно-щелочного баланса в кислую сторону в результате зарастания подтверждается изменениями гидролитической кислотности залежных земель. Показатель гидролитической кислотности краткосрочной низкоплодородной залежи (5 лет, разрез 11) увеличился как в слое почвы 0–10 см на 1,29 ммоль/100 г (35,5 %), так и в слое почвы 10–20 см на 0,95 ед. рН (-25,1 %).

Изменения показателя гидролитической кислотности на среднем уровне плодородия не подчинялись ранее выявленной закономерности. Гидролитическая кислотность среднесрочной залежи (18 лет, разрез 29) в слое почвы 0–10 см снизилась на 0,07 ммоль/100 г (-5,5 %), а в слое почвы 10–20 см, напротив, увеличилась – на 0,48 ммоль/100 г (44,4 %).

В почвах более длительного периода зарастания под смешанным лесом (8С2Б) показатель гидролитической кислотности долгосрочной среднеплодородной залежи (35 лет, разрез 30) в слое почвы 0–10 см многократно превышал этот показатель пахотных угодий на 5,25 ммоль/100 г (-410,2 %), в слое почвы 10–20 см – на 2,63 ммоль/100 г (243,5 %).

На изменение показателя суммы поглощенных катионов оснований гумусового слоя залежных земель значительное влияние оказало распределение органического вещества в течение периода зарастания. При длительном периоде зарастания наблюдаются более значимые изменения. Как правило, увеличение гумуса в слое 0–10 см в большинстве случаев

привело к увеличению показателя суммы, а снижение гумуса в слое 10–20 см вызывало снижение и показателя суммы обменных катионов ППК. Сумма поглощенных катионов оснований краткосрочной низкоплодородной залежи (5 лет, разрез 11) в слое почвы 0–10 см увеличилась на 0,1 ммоль/100 г (1,0 %), а в слое почвы 10–20 см снилась на 1,2 ед. рН (-14,3 %).

На среднем уровне плодородия наблюдалось более выраженное изменение количества поглощенных ППК катионов. Сумма поглощенных катионов среднесрочной залежи (18 лет, разрез 29) в слое почвы 0–10 см увеличилась на 3,2 ммоль/100 г (14,8 %), а в слое почвы 10–20 см, напротив, снизилась – на 0,9 ммоль/100 г (-4,4 %).

Изменение гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований повлияло на расчетный показатель степени насыщенности почв основаниями залежей разных периодов зарастания. Произошло значительное уменьшение этого показателя в слое почвы 0–10 см на 3...19 % (-4,1...-20,2 отн.%), в слое 10–20 см – на 3...12 % (-3,2...-12,6 отн.%).

Наименьший показатель степени насыщенности почв основаниями отмечался на ключевой площадке долгосрочной залежи (бывшая пашня, в настоящее время лес, 8С2Б, период зарастания 35 лет (разрез 30) (табл. 1).

В условиях экспедиционного обследования сложно было выявить влияние исходного почвенного плодородия залежи на химические свойства почвы ввиду наложения влияния разных периодов зарастания залежей (табл. 2).

Поэтому изменения содержания подвижных форм фосфора, калия, азота в почвах разновозрастных залежей разных уровней плодородия неоднозначны и требуют дополнительного изучения.

Содержание гумуса в суглинистых почвах залежных земель, расположенных на элементах склонов агроландшафта транзитного направления, увеличилось в слое 0–10 см на 19,3–36,6 отн.% и снизилось в слое 10–20 см на -9,4...-17,8 отн. %.

Отклонения агрохимических свойств супесчаных почв элементов транзитного направления склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок. Отличие почв легкого гранулометрического состава от суглинистого заключается в меньшем содержании илистой фракции и, как правило, органического вещества. Песчаные и супесчаные почвы обладают меньшей поглотительной способностью, чем суглинистые, и тем самым имеют отличия, определяемые течением современных почвообразовательных процессов.

Таблица 1 – Отклонения физико-химических свойств суглинистых почв элементов транзитных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок

Горизонт	Глубина взятия, см	рН _{КСИ}		Нг		S		V	
		отк. ед.рН	отк. %	отк. ммоль/100 г	отк. %	отк. ммоль/100 г	отк. %	%	отк. %
Низкий уровень плодородия (КП 4)									
краткосрочная залежь, 5 лет (разрез 11)									
P	0–10	-0,08	-1,9	1,29	35,5	0,1	1,0	-6	-8,1
P	10–20	-0,12	-2,8	0,95	25,1	-1,2	-11,3	-7	-9,5
BTy	20–30	0,31	7,7	0,72	18,2	-2,8	-18,7	-7	-8,9
смешанный лес, 6ЕЗБ1Л (разрез 12)									
AУ	2–10	-0,16	-3,7	1,42	39,1	1,8	17,5	-3	-4,1
EL	10–20	-0,26	-6,1	1,55	40,9	-0,7	-6,6	-8	-10,8
BTy	30–40	-0,01	-0,2	-0,3	-7,6	2,3	15,3	5	6,3
Средний уровень плодородия (КП 10)									
среднесрочная залежь, 18 лет (разрез 29)									
P	0–10	-0,29	-4,8	-0,07	-5,5	3,2	14,8	1	1,4
P	10–20	-0,17	-2,8	0,48	44,4	-0,9	-4,4	-3	-3,2
BTy	20–30	0,29	5,7	-1,06	-36,3	-5,5	-24,0	1	1,5
долгосрочная залежь (бывшая пашня, в настоящее время лес, 8С2Б), 35 лет (разрез 30)									
P	0–10	-1,56	-26,0	5,25	410,2	-2,0	-9,3	-19	-20,2
P	10–20	-1,51	-24,4	2,63	243,5	-2,6	-12,6	-12	-12,6
BTy	20–30	-0,68	-13,4	-0,3	-10,3	2,7	11,8	2	2,2

Таблица 2 – Отклонения химических свойств суглинистых почв элементов транзитных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок

Горизонт	Глубина взятия, см	P ₂ O ₅		K ₂ O		N-NH ₄		N-NO ₃		Гумус	
		отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	абс. %	%
Низкий уровень плодородия (КП 4)											
краткосрочная залежь, 5 лет (разрез 11)											
P	0–10	-20	-57,1	-18	-25,4	12	24,0	0,1	14,3	0,27	19,3
P	10–20	-16	-50,0	-13	-23,2	24	63,2	0,1	14,3	0,12	9,0
BTy	20–30	-54	-84,4	-62	-63,3	9	37,5	–	–	0,4	129,0
смешанный лес, 6ЕЗБ1Л (разрез 12)											
AУ	2–10	-15	-0,2	-3	0,0	13	26,0	0,3	50,0	1,49	106,4
EL	10–20	-5	-0,1	-5	-0,1	14	36,8	–	–	-0,28	-21,1
BTy	30–40	15	0,2	15	0,2	9	37,5	–	–	0,1	32,3
Средний уровень плодородия (КП 10)											
среднесрочная залежь, 18 лет (разрез 29)											
P	0–10	52	53,6	87	107,4	30	69,8	–	–	0,78	36,6
P	10–20	20	20,0	25	37,3	6	14,6	–	–	-0,20	-9,4
BTy	20–30	-27	-38,0	84	210,0	7	18,4	–	–	0,12	23,1
долгосрочная залежь (бывшая пашня, в настоящее время лес, 8С2Б), 35 лет (разрез 30)											
P	0–10	-1	-1,0	77	95,1	138	189,0	–	–	1,96	92,0
P	10–20	-30	-30,0	25	37,3	89	189,4	–	–	-0,38	-17,8
BTy	20–30	10	14,1	80	200,0	5	11,1	–	–	0,20	38,5

В супесчаных почвах, так же, как и в суглинистых почвах, наблюдалось снижение почвенной кислотности в бывшем пахотном слое (табл. 3). Снижение почвенной кислотности пахотного слоя в процессе его зарастания подтверждается данными гидролитической кислотности. Такое изменение кислотности пахотного слоя залежных земель обусловлено проявлением процесса гумусообразования, который вызван ежегодным разложением травянистой растительности в аэробных условиях. Зарастание пашни травянистой растительностью способствовало более значительному увеличению в бывшем пахотном слое суммы обменных оснований, как правило, и в слое 0–10 см и в слое 10–20 см. В подпахотном горизонте залежных почв (в слое 20–30 см) показатель суммы во всех ключевых площадках резко снизился по сравнению с пахотными аналогами.

Гумусовый и подзолистый горизонты целинных почв, по сравнению с пахотными и залежными аналогами, характеризовались наиболее высоким содержанием аммонийного азота и самым низким – подвижного фосфора и обменного калия, что объясняется определённым сочетанием деятельности дернового и подзолистого процессов под пологом лесной растительности и на ключевых площадках длительного периода зарастания (50 лет, разрез 24).

Поступление большого количества ежегодно травянистого опада за период среднего зарастания пашни низкого уровня плодородия привело к значительному накоплению органического вещества в верхней части супесчаного пахотного слоя 0–10 см на 1,71 % (219,2 %), слое 10–20 см – на 1,12 % (160,0 %).

На уровне среднего уровня плодородия содержание гумуса в супесчаных почвах под влиянием зарастания, напротив, снижается или увеличивается незначительно.

Аккумулятивные элементы ландшафта. Отклонения агрохимических свойств суглинистых почв элементов аккумулятивных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок. В результате проведённого предварительного комплексного анализа ключевых площадок, расположенных на аккумулятивном направлении транспортно-энергетических потоков, подтвердились выявленные закономерности изменения свойств суглинистых почв под влиянием современных почвообразовательных процессов.

На изменение свойств залежных земель, так же, как и в случае с транзитными формами рельефа, наибольшее влияние оказывают два фактора: период их зарастания, исходный уровень плодородия и гранулометрический состав почв.

Таблица 3 – Отклонения физико-химических свойств супесчаных почв элементов транзитных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок

Горизонт	Глубина взятия, см	pH _{KCl}		Нг		S		V	
		отк. ед.рН	отк. %	отк. ммоль/100 г	отк. %	отк. ммоль/100 г	отк. %	%	отк. %
Низкий уровень плодородия (КП 9)									
среднесрочная залежь, 12 лет (разрез 26)									
P	0–10	-0,17	-3,3	0,34	17,2	0,6	7,7	-2	-2,5
P	10–20	-0,02	-0,4	0,29	17,1	0,2	2,6	7	8,5
BTy	20–30	0,49	10,1	1,11	127,6	0,0	0,0	-10	-11,1
смешанный лес, 8С2Б (разрез 27)									
AУ	2–10	-0,67	-13,1	2,63	132,8	0,8	10,3	-15	-18,8
EL	10–20	-0,92	-18,0	1,49	87,6	-3,0	-38,5	-22	-26,8
BTy	30–40	-0,49	-10,1	0,66	75,9	-3,3	-42,3	-15	-16,7
Средний уровень плодородия (КП 8)									
среднесрочная залежь, 18 лет (разрез 23)									
P	0–10	0,49	8,5	-0,48	-30,8	3,4	27,0	5	5,6
P	10–20	0,62	10,5	-0,58	-40,6	7,7	63,1	6	6,7
BTy	20–30	0,23	3,9	0,13	14,0	-0,6	-7,1	-2	-2,2
долгосрочная залежь (посадки сосны), 50 лет (разрез 24)									
P	3–14	-2,00	-34,8	4,74	303,8	-6,0	-47,6	-38	-42,7
P	14–24	-1,67	-28,3	1,90	132,9	-7,7	-63,1	-33	-36,7
BTy	24–34	-1,61	-27,2	1,87	201,1	-3,7	-44,0	-27	-30,0

Таблица 4 – Отклонения химических свойств супесчаных почв элементов транзитных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок

Горизонт	Глубина взятия, см	P ₂ O ₅		K ₂ O		N-NH ₄		N-NO ₃		Гумус	
		отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	абс. %	%
Низкий уровень плодородия (КП 9)											
среднесрочная залежь, 12 лет (разрез 26)											
P	0–10	-120	-64,9	32	38,1	15	33,3	сл.	–	0,75	96,2
P	10–20	-74	-44,6	31	59,6	14	33,3	сл.	–	0,31	44,3
BF1	20–30	-9	-10,1	58	141,5	1	2,2	–	–	0,21	175,0
смешанный лес, 8С2Б (разрез 27)											
AУ	2–10	-123	-66,5	-74	-87,5	62	137,8	сл.	–	1,71	219,2
E	10–20	-119	-71,7	-43	-82,7	6	14,3	–	–	1,12	160,0
BF1	30–40	-8	-9,0	50	122,0	-2	-4,4	–	–	0,76	633,3
Средний уровень плодородия (КП 8)											
среднесрочная залежь, 18 лет (разрез 23)											
P	0–10	25	6,6	17	11,8	5	6,3	сл.	–	-0,18	-11,2
P	10–20	86	21,8	-31	-19,0	3	3,8	сл.	–	0,05	4,4
BF1	20–30	9	3,8	-58	-54,7	7	9,7	–	–	0,17	56,7
долгосрочная залежь (посадки сосны), 50 лет (разрез 24)											
P1pa	3–14	-222	-58,4	-43	-29,9	36	45,0	сл.	–	0,58	36,0
P2pa	14–24	-295	-74,9	-88	-54,0	6	7,5	сл.	–	-0,07	-6,2
E	24–34	-118	-50,0	-39	-36,8	12	16,7	–	–	0,47	156,7

Почвы, расположенные на аккумулятивных элементах рельефа, отличаются от почв, расположенных на транзитных элементах рельефа: 1) более темной окраской пахотного (гумусового) слоя; 2) в некоторых разрезах в нижней части профиля отмечены признаки глееватости, что свидетельствует о периодическом переувлажнении данных почв.

Изменение морфологических признаков почв в результате их зарастания касается только верхнего 30 см слоя и выражается в дифференциации первоначально однородного (гомогенного) пахотного слоя на два подгоризонта (подслоя). Эти изменения начинают проявляться уже при среднесрочном периоде зарастания. Верхний подслой характеризуется более темной окраской и лучшей структурой, чем второй подслей. Еще более контрастные различия между подгоризонтами наблюдаются при очень длительном зарастании залежи (более 20 лет). В этих случаях уже четко просматривается сформировавшийся более темный дерновый горизонт с комковатой структурой, на поверхности которого расположен слой из полуразложившегося органического вещества мощностью 2–3 см (лесная подстилка). Второй подгоризонт приобретает более значительную белесоватость и комковато-плитовидную струк-

туру. По морфологическим признакам он несколько напоминает гумусово-элювиальный горизонт серых лесных почв. На почвах с более высоким исходным содержанием гумуса изменения морфологических признаков наступают несколько раньше.

В отличие от почв, расположенных на транзитных склонах, в залежах, расположенных на аккумулятивных элементах агроландшафтов, почвенная кислотность снижается менее выражено и затрагивает, как правило, верхний слой гумусового горизонта (табл. 5). Кислотность слоев 10–20 см и 20–30 см, как правило, не изменяется, а в некоторых случаях и снижается.

Зарастание почв наложило свой отпечаток на дифференциацию пахотного слоя по подслоям и по химическим свойствам. Степень и характер дифференциации определялся целым рядом факторов: исходным уровнем плодородия залежных почв, видом элемента питания, интенсивностью зарастания и видовым составом сорняков. В верхнем 0–10 см слое, по сравнению с пахотными аналогами, происходило постепенное увеличение содержания аммонийного азота и обменного калия, причём более значительное, чем в слое 10–20 см (табл. 6). Содержание подвижного фосфора изменялось неоднозначно.

Таблица 5 – Отклонения физико-химических свойств суглинистых почв элементов аккумулятивных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок

Горизонт	Глубина взятия, см	pH _{KCl}		Нг		S		V	
		отк. ед.рН	отк. %	отк. ммоль/100 г	отк. %	отк. ммоль/100 г	отк. %	%	отк. %
Низкий уровень плодородия (КП 22)									
среднесрочная залежь, 12 лет (разрез 45)									
P	0–10	-0,28	-6,4	-0,09	-2,2	0,1	1,4	0,8	1,3
P	10–20	-0,33	-7,6	-0,17	-4,3	0,1	1,4	1,4	2,2
BEЛ	20–30	0,02	0,5	0,69	16,3	3,5	34,0	2,8	3,9
смешанный лес (8Е2В) (разрез 46)									
AУ	3–10	-0,62	-14,2	1,23	29,7	-3,0	-43,5	-20,4	-32,6
EL	10–20	-0,50	-11,5	-0,33	-8,3	-5,0	-72,5	-29,1	-45,8
BTy	30–40	0,06	1,6	0,21	5,0	-5,4	-52,0	-18,2	-25,7
Средний уровень плодородия (КП 28)									
среднесрочная залежь, 18 лет (разрез 65)									
P	0–10	-0,24	-4,6	0,41	19,0	2,0	9,6	2,0	2,3
P	10–20	0,00	0,0	-0,81	-21,8	0,4	1,9	3,0	3,5
BEЛ	20–30	0,46	10,5	0,17	6,5	1,1	5,2	0,0	0,0
долгосрочная залежь (смешанный лес, 6Е4В), 80 лет (разрез 66)									
P1pa	2–10	-0,44	-8,4	2,25	104,2	6,7	32,2	-2,0	-2,3
P2pa	10–20	0,04	0,8	0,33	8,9	4,9	23,1	2,0	2,4
AEL	20–30	-0,04	-0,9	2,48	94,3	-1,7	-8,0	-13,0	-14,6

Таблица 6 – Отклонения химических свойств суглинистых почв элементов аккумулятивных направлений склонов в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок

Горизонт	Глубина взятия, см	P ₂ O ₅		K ₂ O		N-NH ₄		N-NO ₃		Гумус	
		отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	отк. мг/кг	%	абс. %	%
Низкий уровень плодородия (КП 22)											
среднесрочная залежь, 12 лет (разрез 45)											
P	0–10	20	44,4	63	101,6	-4	-12,5	–	–	0,30	19,0
P	10–20	27	67,5	15	36,6	-6	-18,8	–	–	-0,11	-7,0
BEL	20–30	-71	-51,4	13	24,5	1	3,8	–	–	0,08	23,5
смешанный лес (8Е2Б) (разрез 46)											
AУ	3–10	8	17,8	53	85,5	22	68,8	–	–	0,63	39,9
EL	10–20	22	55,0	27	65,9	4	12,5	–	–	-0,56	-35,7
BТу	30–40	-62	-44,9	0	0,0	18	69,2	–	–	0,52	152,9
Средний уровень плодородия (КП 28)											
среднесрочная залежь, 18 лет (разрез 65)											
P	0–10	6	7,5	42	45,2	9	18,8	–	–	0,57	16,9
P	10–20	-16	-34,8	8	8,7	-1	-1,8	–	–	0,28	10,3
BEL	20–30	107	594,4	20	20,0	-3	-6,3	–	–	0,12	15,6
долгосрочная залежь (смешанный лес, 6Е4Б), 80 лет (разрез 66)											
P1ра	2–10	-13	-16,3	-14	-15,1	19	39,6	–	–	0,75	22,2
P2ра	10–20	42	91,3	8	8,7	31	54,4	–	–	0,62	22,8
AEL	20–30	55	305,6	20	20,0	24	50,0	–	–	1,18	153,2

Наиболее контрастно дифференциация пахотного слоя по подгоризонтам в процессе зарастания почв проявилась по содержанию органического вещества. В верхнем 0–10 см слое наблюдалась четко выраженная тенденция по его повышению. Этот процесс объясняется разложением большого количества травянистого опада (в основном состоящего из сорного разнотравья) и его частичной гумификацией. В нижней части пахотного слоя (10–20 см), начиная со второго этапа, наблюдалось постепенное снижение содержания органического вещества по сравнению с пахотными аналогами. Наиболее высокая степень дифференциации гумуса в верхней части профиля наблюдается в целинных почвах, что свидетельствует о наличии двух генетических горизонтов: гор. АУ (дернового) и гор. ЕЛ (элювиального).

Гумусовое состояние залежных земель. Содержание и запасы органического вещества почв ключевых площадок представлены в таблице 7. Данные таблицы свидетельствуют, что в почвах, исключенных из активного сельскохозяйственного оборота, количество органического вещества в верхней части (0–10 см) гумусового слоя выше, чем в пахотных аналогах. Так, содержание гумуса почвы в слое 0–10 см залежи с периодом естественного зарастания 6 лет выше на 0,27 %, с периодом зарастания 15 лет – на 0,06...0,45 %, с пе-

риодом зарастания 30 лет – на 0,46 % и 45-летней залежи – на 1,26 %.

Запасы гумуса в гумусовом слое залежных земель с периодом зарастания до 15 лет были больше на 1,7...3,3 т/га. В почвах, исключенных из пашни 30–45 лет назад, запасы органического вещества значительно ниже и близки по своим значениям к лесным угодьям. Такое снижение обусловлено меньшими показателями плотности почв залежных участков, меньшей мощностью гумусового горизонта и увеличением его влажности. Согласно классификации Грипиной и Орлова (1978), запасы гумуса в изучаемых почвах угодий очень низкие (менее 50 т/га) и низкие (50–100 т/га).

Длительное неиспользование пахотных земель вследствие зонального процесса гидролиза, приводит к дифференциации пахотного слоя, особенно по содержанию органического вещества. Содержание гумуса в слое почвы 10–20 см долгосрочных залежей ниже: при 30-летнем периоде зарастания – на 0,47 %, 45-летнем зарастании – на 0,23 %.

В почвах 30- и 45-летних залежей резко расширяется соотношение между углеродом и азотом, и показатель обогащенности гумуса азотом составлял 9 (согласно классификации Грипиной, Орлова (1978) – среднее) и 14 (низкое).

Содержание азота, фосфора, калия в почвах ключевых площадок, определенное по методу Гинзбурга, представлено в таблице 8.

Таблица 7 – Содержание и запасы органического вещества почв ключевых площадок

Разрез, угодье	Мощность гумусового слоя, см	Содержание, %		Обогащенность гумуса азотом, C:N	Запасы, т/га			
		С	±		в слое		общий	
					С	±	С	±
ключевая площадка 4								
р.10 пашня (оз. рожь)	0–10	1,40	–	6	24,2	–	54,1	–
	10–25	1,23	–	7	29,9	–		
р.11 залежь 6 лет	0–10	1,67	+0,27	7	20,9	-3,3	55,8	+1,7
	10–26	1,55	+0,32	7	35,0	+5,1		
р.12 лес (6ЕЗБ1Л)	2–10	2,89	+1,49	15	22,0	-2,2	22,0	-32,1
ключевая площадка 1								
р.1 пашня (пшеница)	0–10	1,38	–	7	22,0	–	49,2	–
	10–24	1,25	–	7	27,2	–		
р.2 залежь 15 лет	0–10	1,44	+0,06	5	20,7	-1,3	52,5	+3,3
	10–26	1,19	-0,06	6	31,8	+4,6		
р.3 березовый лес, залежь 30 лет	2–10	1,84	+0,46	9	11,9	-10,1	24,1	-25,1
	10–24	0,78	-0,47	4	12,2	-15,0		
ключевая площадка 5								
р.13 пашня (пшеница)	0–10	1,33	–	7	17,2	–	42,00	–
	10–23	1,29	–	6	24,8	–		
р.14 залежь 15 лет	0–10	1,78	+0,45	8	22,3	+5,1	44,60	+2,60
	10–24	1,13	-0,16	7	22,3	-2,5		
р.15 лес (5ЕЗБ2О), залежь, 45 лет	2–10	2,59	+1,26	14	12,6	-4,6	28,9	-13,10
	10–22	1,06	-0,23	7	16,3	-8,5		

Таблица 8 – Содержание азота, фосфора, калия в почвах ключевых площадок (по Гинзбургу), %

Разрез, угодье	Слой, см	Н	Р	К
Ключевая площадка 4				
р.10 пашня (оз. рожь)	0–10	0,24	0,09	0,31
	10–25	0,17	0,07	0,32
р.11 залежь 6 лет	0–10	0,24	0,09	0,30
	10–26	0,22	0,09	0,30
р.12 смешанный лес (6ЕЗБ1Л)	2–10	0,19	0,09	0,33
Ключевая площадка 1				
р.1 пашня (пшеница)	0–10	0,21	0,09	0,33
	10–24	0,18	0,09	0,32
р.2 залежь 15 лет	0–10	0,28	0,07	0,29
	10–26	0,20	0,06	0,28
р.3 березовый лес, бывшая пашня, 30 лет	2–10	0,21	0,09	0,30
	10–24	0,20	0,10	0,29
Ключевая площадка 5				
р.13 пашня (пшеница)	0–10	0,19	0,14	0,35
	10–23	0,20	0,16	0,38
р.14 залежь 15 лет	0–10	0,21	0,12	0,36
	10–24	0,16	0,13	0,35
р.15 смешанный лес (5ЕЗБ2О), бывшая пашня, 45 лет	2–10	0,18	0,07	0,31
	10–22	0,16	0,06	0,29

Дифференциацию гумусового горизонта принято оценивать по соотношению содержания углерода в верхней части гумусового горизонта к содержанию его в нижней части (рис. 1). Это соотношение имеет тесную положительную связь с периодом заращения. Коэффициент корреляции при этом составил 0,93 (более 0,66). При увеличении срока естественного заращения это соотношение расширяется. Согласно представленной математической зависимости $y = f(x)$, где x – год залежи, ежегодное расширение составляет 0,0386. Таким образом, выявленную закономерность возможно использовать для оценки залежных земель и перспективы использования данного вида земель.

Значительный вклад в эффективное плодородие почвы вносят лабильные органические соединения, которые являются хорошими диагностическими показателями и надежным критерием изменения гумусового состояния почв (табл. 9). Определение лабильного углерода почвы в пирофосфатной вытяжке ($0,1M Na_4P_2O_7$, рН7) показало увеличение его содержания в залежных землях пропорционально периоду заращения – на участке с периодом заращения 6 лет – на 0,05 (22,7 %), 15-летним периодом – на 0,10 (45,4 %), и на участке бывшей пашни с периодом заращения 30 лет – на 0,14 (63,6 %). После 30-летнего заращения содержание лабильного углерода приблизилось к содержанию его в почвах абсолютного контроля (под лесом). Изменения содержания лабильного углерода в почвах 45-летней залежи были противоречивы, находились в пределах ошибки опыта – минус 0,05 и плюс 0,07 при $НСР_{05} = 0,08$.

Отмеченная закономерность подтверждается и изменениями содержания лабильного углерода в нижней части гумусового слоя (10–20 см).

Определение подвижных гумусовых веществ в почве, по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой, в растворе 0,1N NaOH также показало увеличение его содержания в залежных землях пропорционально периоду заращения – на участке с периодом заращения 6 лет на 0,05 % (22,0 %), 15-летним периодом – на 0,10 (62,5 %) и 0,20 (105,3 %), на участке бывшей пашни с периодом заращения 30 лет – на 0,18 (94,7 %) и 45-летней залежи – на 0,20 (125,0 %).

Наибольшее содержание подвижных гумусовых веществ отмечено в р. 12 – под лесными угодьями – 0,51 %. Отмеченная закономерность подтверждается и изменениями содержания лабильного углерода в нижней части гумусового слоя (10–20 см).

Определение группового состава гумуса почв ключевых площадок в 0,1 нормальной вытяжке NaOH указывает на преобладание в составе фульвокислот как в верхней части гумусового слоя 0–10 см – в 1,2–1,8 раза, так и в нижней его части (рис. 2).

Наблюдается значительное повышение содержания фульвокислот в залежных землях. Наибольшее содержание фульвокислот в слое 0–10 см отмечено под лесом (р.12) – 0,33 %.

Соотношение углерода гуминовых кислот гумусового слоя к содержанию углерода фульвокислот определяет в большинстве случаев гуматно-фульватный тип гумуса ($C_{гк}/C_{фк} 0,5–1$), обусловленный течением зонального почвообразовательного процесса, что подтверждается обобщенными литературными данными о гумусовом состоянии зональных дерново-подзолистых почв [9]. Исключение составил участок 45-летней залежи, где это соотношение в слое 0–10 см составило 0,4 – тип гумуса фульватный ($C_{гк}/C_{фк} < 0,5$).

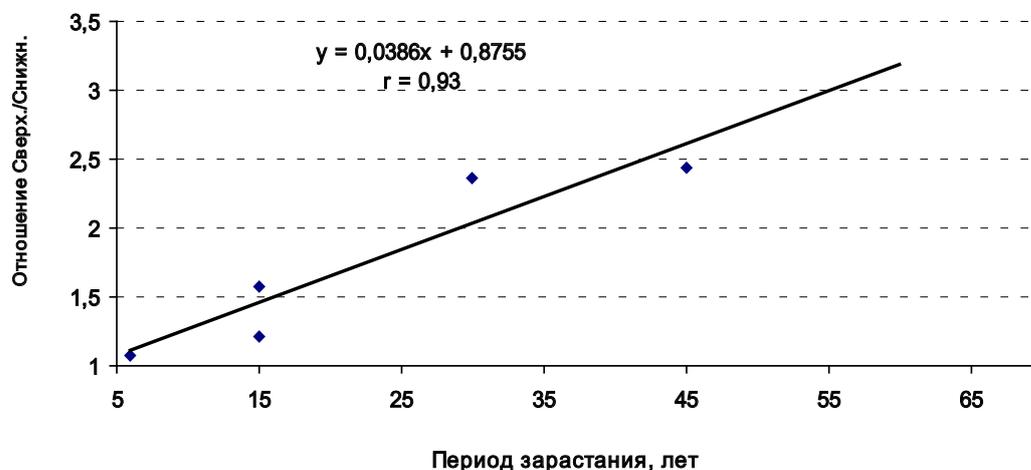


Рисунок 1 – Отношение содержания гумуса в верхней части гумусового горизонта к содержанию его в нижней части в зависимости от периода заращения

Таблица 9 – Статистические показатели содержания лабильного углерода почвы (по методу К. В. Дьяконовой, в растворе 0,1 М Na₄P₂O₇, pH7), %

Площадка	Угодье	Lim	X ± δx	V, %	Отклонение	
слой 0–10 см						
Ключевая площадка 4	р.10 Пашня (оз.рожь)	0,22–0,23	0,22 ± 0,00	2,6	–	
	р.11 Залежь, 6 лет	0,25–0,28	0,27 ± 0,01	6,4	+0,05	
	р.12 лес (6ЕЗБ1Л)	0,37–0,39	0,38 ± 0,01	3,0	+0,16	
	НСР ₀₅				0,02	
	НСР %				7,0	
Ключевая площадка 1	р.1 Пашня (пшеница)	0,20–0,23	0,22 ± 0,01	7,1	–	
	р.2. Залежь, 15 лет	0,30–0,33	0,32 ± 0,01	5,4	+0,10	
	р.3 березовый лес, залежь 30 лет	0,34–0,37	0,36 ± 0,01	4,8	+0,14	
	НСР ₀₅				0,04	
	НСР %				14,1	
Ключевая площадка 5	р.13 Пашня (клевер)	0,18–0,21	0,19 ± 0,01	9,1	–	
	р.14 Залежь, 15 лет	0,12–0,15	0,14 ± 0,01	11,2	-0,05	
	р.15 лес (5ЕЗБ2О), залежь, 45 лет	0,23–0,30	0,26 ± 0,02	13,3	+0,07	
	НСР ₀₅				0,08	
	НСР %				34,3	
слой 10–20 см						
Ключевая площадка 4	р.10 Пашня (оз.рожь)	0,18–0,21	0,20 ± 0,02	8,7	–	
	р.11 Залежь, 6 лет	0,23–0,27	0,25 ± 0,02	8,2	+0,05	
	р.12 лес (6ЕЗБ1Л)	–	не определялось	–	–	
	НСР ₀₅				0,04	
	НСР %				18,5	
Ключевая площадка 1	р.1 Пашня (пшеница)	0,22–0,23	0,22 ± 0,01	2,6	–	
	р.2. Залежь, 15 лет	0,27–0,28	0,27 ± 0,01	2,1	+0,05	
	р.3 березовый лес, залежь 30 лет	0,25–0,30	0,27 ± 0,03	10,8	+0,05	
	НСР ₀₅				0,04	
	НСР %				17,1	
Ключевая площадка 5	р.13 Пашня (клевер)	0,20–0,22	0,21 ± 0,01	5,4	–	
	р.14 Залежь, 15 лет	0,16–0,21	0,18 ± 0,03	14,7	-0,03	
	р.15 лес (5ЕЗБ2О), залежь, 45 лет	0,16–0,21	0,19 ± 0,03	13,9	-0,02	
	НСР ₀₅				Fr. < Fr.	
	НСР %				–	

Примечание: Lim – пределы варьирования, X – среднее арифметическое, δx – ошибка среднего, V – коэффициент вариации.

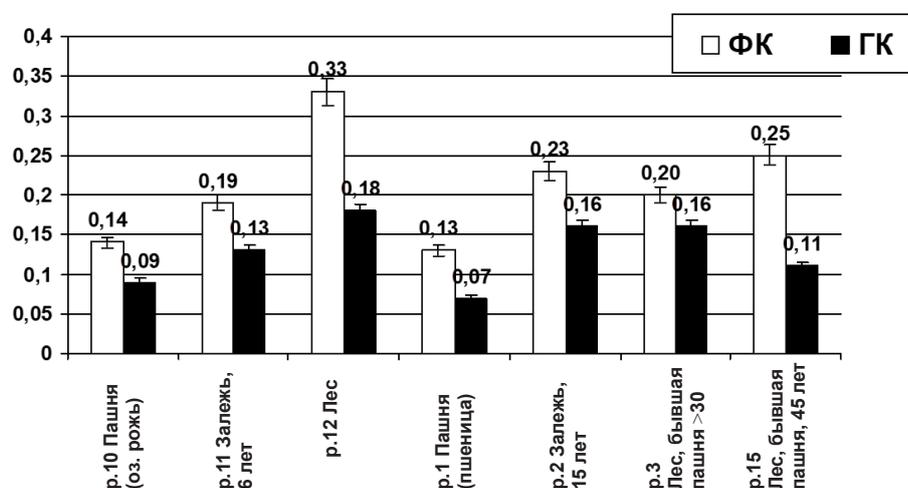


Рисунок 2 – Содержание углерода фульво- и гуминовых кислот в верхнем слое А (0–10 см) почвы (по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой, в растворе 0,1н NaOH), %

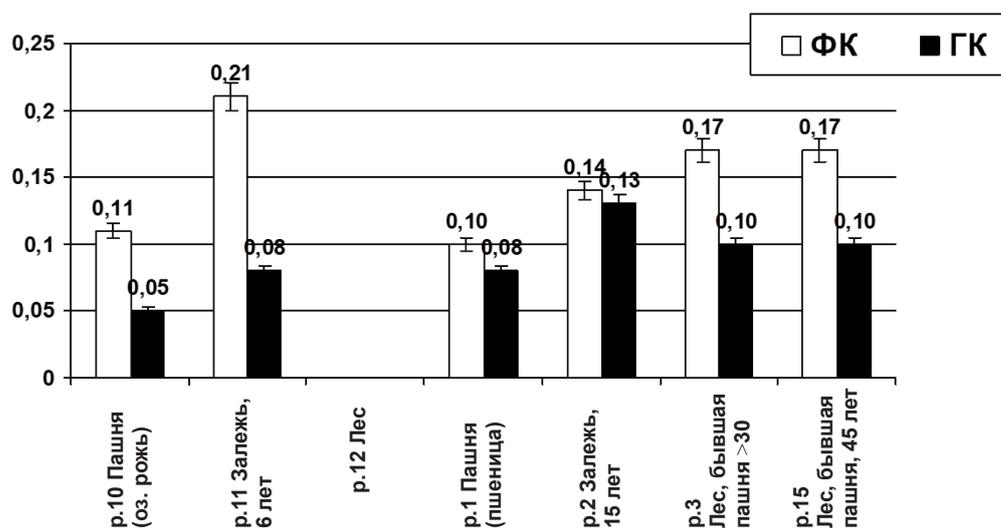


Рисунок 3 – Содержание углерода фульво- и гуминовых кислот в верхнем слое А (10–20 см) почвы (по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой, в растворе 0,1н NaOH), %

Выводы. Таким образом, исследованиями установлено, что в суглинистых почвах залежных земель, расположенных на элементах склонов агроландшафта транзитного направления, происходит смещение реакции среды слоев почвы 0–10 и 10–20 см в кислую сторону; увеличение суммы поглощенных оснований в слое почвы 0–10 см и снижение ее в слое 10–20 см; снижение степени насыщенности оснований как в слое почвы 0–10 см, так и в слое 10–20 см. Интенсивность изменения физико-химических свойств почв залежных земель находилась в зависимости от исходного уровня плодородия земель ключевых площадок – чем выше исходное плодородие пашни, переходящей в залежь, тем выше величина отклонения признака от пахотного аналога. Содержание гумуса в суглинистых почвах залежных земель, расположенных на элементах склонов агроландшафта транзитного направления, увеличилось в слое 0–10 см на 19,3...36,6 отн. % и снизилось в слое 10–20 см на 9,4...17,8 отн. %.

В отличие от почв, расположенных на транзитных склонах, в залежах, расположенных на аккумулятивных элементах агроландшафтов, почвенная кислотность снижается менее выражено и затрагивает, как правило, верхний слой гумусового горизонта, что вызвано большим увлажнением по сравнению с почвами транзитных склонов. Кислотность слоев 10–20 см и 20–30 см, как правило, не изменяется, а в некоторых случаях и снижается.

Вывод земель из активного сельскохозяйственного использования даже с 45-летним периодом не оказывает негативного влияния на гумусовое состояние дерново-подзолистых су-

глинистых почв. Напротив, в залежных землях увеличивается содержание гумуса и его запасов, повышается содержание лабильного углерода почвы.

В почвах, исключенных из активного сельскохозяйственного оборота, количество органического вещества в верхней части (0–10 см) гумусового слоя выше, чем в пахотных аналогах. Так, содержание гумуса почвы в слое 0–10 см залежи с периодом естественного зарастания 6 лет выше на 0,27 %, с периодом зарастания 15 лет – на 0,06...0,45 %, с периодом зарастания 30 лет – на 0,46 % и 45-летней залежи – на 1,26 %.

Наблюдается увеличение лабильной части органического вещества в залежных землях, как правило, пропорционально периоду естественного зарастания. В составе гумусовых кислот преобладают фульвокислоты как в верхней части гумусового слоя 0–10 см – в 1,2–1,8 раза, так и в нижней его части 10–20 см.

Соотношение углерода гуминовых кислот гумусового слоя к содержанию углерода фульвокислот определяет в большинстве случаев гуматно-фульватный тип гумуса (Сгк/Сфк 0,5–1), обусловленный течением зонального почвообразовательного процесса.

Список литературы

1. Агроклиматический справочник по Удмуртской АССР / Отв. ред. А. Н. Михайлов; Верх.-Волж. упр. гидрометеорол. службы, Горьк. гидрометеорол. обсерватория. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1961. – 119 с.
2. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

3. Воронов, А. Г. Геоботаника / А. Г. Воронов. – М.: Высшая школа, 1973. – 384 с.
4. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.
5. Дричко, В. Ф. Скорости изменения кислотно-основных параметров, содержания общего углерода и состава гумуса в дерново-подзолистой песчаной почве при переходе от пашни к лесу при сукцессии залежных земель / В. Ф. Дричко, А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова, Д. В. Чернов, В. М. Буре // *Агробиохимия*. – 2015. – № 11. – С. 19–29.
6. ЕМИСС. Государственная статистика. Официальные статистические показатели [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 19.11.2020).
7. Казеев, К. Ш. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима / К. Ш. Казеев, А. В. Трушков, М. Ю. Одабашян, С. И. Колесников // *Почвоведение*. – 2020. – № 7. – С. 901–910.
8. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
9. Ковриго, В. П. Почвы Удмуртской Республики / В. П. Ковриго. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2004. – 489 с.
10. Леднев, А. В. Зависимость агрохимических показателей залежных земель, расположенных на аккумулятивном направлении вещественно-энергетического потока, от срока зарастания и типа почв / А. В. Леднев, А. В. Дмитриев // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2016. – № 5. – С. 27–32.
11. Леднев, А. В. Зарастание залежных дерново-подзолистых почв как фактор современного почвообразовательного процесса / А. В. Леднев, А. В. Дмитриев // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2017. – № 5. – С. 28–31.
12. Леднев, А. В. Влияние степени исходного окультуривания на агрофизические показатели залежных дерново-подзолистых почв / А. В. Леднев, А. В. Дмитриев, Н. А. Пегова, Д. А. Попов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2018. – № 6 (67). – С. 102–108.
13. Леднев, А. В. Влияние степени исходного окультуривания на агрохимические показатели залежных дерново-подзолистых почв / А. В. Леднев, А. В. Дмитриев, Н. А. Пегова, Д. А. Попов // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2018. – № 6. – С. 36–39.
14. Овсепян, Л. А. Изменение денситометрического фракционного состава органического вещества почв лесостепной зоны в процессе постагрогенной эволюции / Л. А. Овсепян, И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню [и др.] // *Почвоведение*. – 2020. – № 1. – С. 26–68.
15. Рыжова, И. М. Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления / И. М. Рыжова, В. М. Телеснина, А. А. Ситникова // *Почвоведение*. – 2020. – № 2. – С. 230–243.
16. Телеснина, В. М. Особенности морфологии и химических свойств постагрогенных почв южной тайги на легких отложениях (Костромская область) / В. М. Телеснина, И. Е. Ваганов, А. А. Карлсен [и др.] // *Почвоведение*. – 2016. – № 1. – С. 115–129.
17. Gunina, A. Effect of plant communities on aggregate composition and organic matter stabilization in young soils / A. Gunina, I. Ryzhova, M. Dorodnikov, Ya. Kuzyakov // *Plant and Soil*. – 2015. – V. 387 (1–2). – P. 265–275.
18. Helfrich, M. Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fractions as revealed by solidstate ¹³C NMR spectroscopy / M. Helfrich, B. Ludwig, P. Buurman, H. Flessa // *Geoderma*. – 2006. – V. 136. – P. 331–341.
19. Vafina, E. F. The use of macro- and micronutrient fertilizers in the technology of spring rape cultivation in the middle cisurals / E. F. Vafina, S. I. Kokonov, T. A. Babaitseva [et al.] // *EurAsian Journal of BioSciences*. – 2020. – T. 14. – № 2. – С. 5483–5489.
20. Vuichard, N. Carbon sequestration due to abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 / N. Vuichard, P. Ciais, L. Beletti, P. Smith, R. Valentini // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2008. – V. 22.

Spisok literatury

1. *Agroklimaticheskij spravochnik po Udmurtskoj ASSR* / *Otv. red. A. N. Mihajlov; Verh.-Volzh. upr. gidrometeorol. sluzhby, Gor'k. gidrometeorol. observatoriya*. – Leningrad: *Gidrometeoizdat*, 1961. – 119 s.
2. Vadyunina, A. F. *Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv* / A. F. Vadyunina, 3.A. Korchagina. – М.: *Agropromizdat*, 1986. – 416 s.
3. Voronov, A. G. *Geobotanika* / A. G. Voronov. – М.: *Vysshaya shkola*, 1973. – 384 s.
4. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Rossijskoj Federacii v 2018 godu*. – М.: *FGBNU «Rosinformagrotekh»*, 2020. – 340 s.
5. Drichko, V. F. *Skorosti izmeneniya kislotno-osnovnyh parametrov, soderzhaniya obshchego ugleroda i sostava gumusa v dernovo-podzolistoj peschanoj pochve pri perekhode ot pashni k lesu pri sukcессии залежных земель* / V. F. Drichko, A. V. Litvinovich, O. YU. Pavlova, D. V. Chernov, V. M. Bure // *Agrohimiya*. – 2015. – № 11. – S. 19–29.
6. ЕМИСС. *Gosudarstvennaya statistika. Oficial'nye statisticheskie pokazateli* [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.fedstat.ru/> (data obrashcheniya: 19.11.2020).
7. Kazeev, K. SH. *Postagrogennoe izmenenie fermentativnoj aktivnosti i soderzhaniya organicheskogo ugleroda chernozema v pervye 3 goda zalezhnogo rezhima* / K. SH. Kazeev, A. V. Trushkov, M. YU. Odabashyan, S. I. Kolesnikov // *Pochvovedenie*. – 2020. – № 7. – S. 901–910.

8. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii. – Smolensk: Ojkumena, 2004. – 341 s.
9. Kovrigo, V. P. Pochvy Udmurtskoj Respubliki / V. P. Kovrigo. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2004. – 489 s.
10. Lednev, A. V. Zavisimost' agrohimicheskikh pokazatelej zaleznyh zemel', raspolozhennyh na akumulativnom napravlenii veshchestvenno-energeticheskogo potoka, ot sroka zarastaniya i tipa pochv / A. V. Lednev, A. V. Dmitriev // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2016. – № 5. – S. 27–32.
11. Lednev, A. V. Zarastanie zaleznyh dernovo-podzolistyh pochv kak faktor sovremennogo pochvo-obrazovatel'nogo processa / A. V. Lednev, A. V. Dmitriev // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2017. – № 5. – S. 28–31.
12. Lednev, A. V. Vliyanie stepeni iskhodnogo okul'turivaniya na agrofizicheskie pokazateli zaleznyh dernovo-podzolistyh pochv / A. V. Lednev, A. V. Dmitriev, N. A. Pegova, D. A. Popov // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2018. – № 6 (67). – S. 102–108.
13. Lednev, A. V. Vliyanie stepeni iskhodnogo okul'turivaniya na agrohimicheskie pokazateli zaleznyh dernovo-podzolistyh pochv / A. V. Lednev, A. V. Dmitriev, N. A. Pegova, D. A. Popov // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2018. – № 6. – S. 36–39.
14. Ovsepyan, L. A. Izmenenie densitometricheskogo frakcionnogo sostava organicheskogo veshchestva pochv lesostepnoj zony v processe postagrogennoj evolyucii / L. A. Ovsepyan, I. N. Kurganova, V. O. Lopes de Gerenyu [i dr.] // Pochvovedenie. – 2020. – № 1. – S. 26–68.
15. Ryzhova, I. M. Dinamika svojstv pochv i struktury zapasov ugleroda v postagrogennyh ekosistemah v processe estestvennogo lesovosstanovleniya / I. M. Ryzhova, V. M. Telesnina, A. A. Sitnikova // Pochvovedenie. – 2020. – № 2. – S. 230–243.
16. Telesnina, V. M. Osobennosti morfologii i himicheskikh svojstv postagrogennyh pochv yuzhnoj tajgi na legkih otlozheniyah (Kostromskaya oblast') / V. M. Telesnina, I. E. Vaganov, A. A. Karlson [i dr.] // Pochvovedenie. – 2016. – № 1. – S. 115–129.
17. Gunina, A. Effect of plant communities on aggregate composition and organic matter stabilization in young soils / A. Gunina, I. Ryzhova, M. Dorodnikov, Ya. Kuzyakov // Plant and Soil. – 2015. – V. 387 (1–2). – P. 265–275.
18. Helfrich, M. Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fractions as revealed by solidstate ¹³C NMR spectroscopy / M. Helfrich, B. Ludwig, P. Buurman, H. Flessa // Geoderma. – 2006. – V. 136. – P. 331–341.
19. Vafina, E. F. The use of macro- and micronutrient fertilizers in the technology of spring rape cultivation in the middle cisurals / E. F. Vafina, S. I. Kokonov, T. A. Babaitseva [et al.] // EurAsian Journal of Bio-Sciences. – 2020. – T. 14. – № 2. – S. 5483–5489.
20. Vuichard, N. Carbon sequestration due to abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 / N. Vuichard, P. Ciais, L. Belelli, P. Smith, R. Valentini // Global Biogeochemical Cycles. – 2008. – V. 22.

Сведения об авторах:

Дмитриев Алексей Валентинович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан агрономического факультета, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: agro@izhgsha.ru).

Леднев Андрей Викторович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, руководитель Удмуртского НИИСХ, Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (426067, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, e-mail: av-lednev@yandex.ru).

A. V. Dmitriev¹, A. V. Lednev²

¹Izhevsk State Agricultural Academy

²The Udmurt Federal Research Center of UB RAS

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF AGRO-SOD-PODZOLIC REGRADED SOILS (ALBIC GLOSSIC RETISOLS (LOAMIC, CUTANIC, OCHRIC) OF FALLOW LANDS IN THE UDMURT REPUBLIC

In the article, an agroecological assessment is given over agro-sod-podzolic regraded soils (Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric) of different overgrowth periods of loamy and sandy loamy granulometric composition located over transit and accumulative landscape elements. The study was carried out by the method of expeditionary soil-ecological surveys of the territory of regions in the Udmurt Republic. It was found out that in loamy soils of fallow lands located on the elements of the agricultural landscape's slopes of the transit direction there a change in physicochemical and chemical properties takes place, the intensity of which depends on the initial level of soil fertility in key areas – the higher the initial fertility of arable land turning into fallow, the higher the value deviations of the trait from the arable analogue: a significant shift in the environment reaction of the soil layers 0–10 and 10–20 cm to the acidic side; an increase in the amount of absorbed bases in the 0–10 cm soil layer and a decrease in it in the 10–20 cm layer; a decrease in the saturation degree of the bases both in the 0–10 cm soil layer and in the 10–20 cm layer. The humus content in loamy soils of fallow lands located on the elements of the agro-landscape's slopes of the transit direction has increased by 19.3...36.6 rel.% in the 0–10 cm layer and

decreased in the 10–20 cm layer by 9.4...17.8 rel.%. The soil acidity of the fallows located on the accumulative elements of agricultural landscapes decreases less pronounced, in contrast to the soils located on the transit slopes, and usually affects the upper layer of the humus horizon, which is caused by greater moisture, in comparison with the soils of the transit slopes.

Removal of lands from active agricultural use, even for a long period, doesn't have a negative effect on the humus state of sod-podzolic loamy soils. On the contrary, the humus content and its reserves in fallow lands increase the labile carbon content in the soil increases. The labile part of organic matter in the humus layer of fallow lands increases, as a rule, in proportion to the period of natural overgrowth. The composition of humic acids is dominated by fulvic acids, both in the upper part of the humus layer 0–10 cm, and in its lower part 10–20 cm.

Key words: lands excluded from active agricultural use; the period of overgrowth; elements of agricultural landscapes; agrochemical properties; granulometric composition; Albic Retisol.

Authors:

Dmitriev Alexey Valentinovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, 426033, Russian Federation, e-mail: agro@izhgsha.ru).

Lednyov Andrey Viktorovich – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Udmurt Research Institute of Agriculture, The Udmurt Federal Research Center of UB RAS (34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russian Federation, e-mail: av-lednev@yandex.ru).

УДК [630*17:582.475+630*5] (470.51-751.1) DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_26

К. Ю. Прокошева, С. Л. Абсалямова, Р. Р. Абсалямов, Д. А. Поздеев
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ЛАНДШАФТНО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Особо охраняемые природные территории служат важным элементом рекреационного лесопользования. При постоянно растущей урбанизации важным становится сохранение средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных функций лесов. Тенденция увеличения рекреационного использования лесов приводит к появлению негативных изменений в лесных экосистемах.

Целью работы является определение рекреационного потенциала сосновых насаждений рекреационной зоны особо охраняемых природных территорий НП «Нечкинский» и ПП «Усть-Бельск».

Приводятся результаты глазомерно-измерительной и ландшафтной таксации участков сосняков на 21 заложённой пробной площади. По результатам корреляционно-регрессионного анализа выявлена тесная связь между стадиями дигрессии и рекреационной нагрузкой. Составлены уравнения зависимости рекреационной посещаемости лесов от стадии дигрессии.

Установлено, что на территории рекреационной зоны исследуемых объектов преобладают устойчивые сосновые насаждения с высокой рекреационной оценкой. Указанные насаждения играют существенную роль в обеспечении условий сохранения природных комплексов и осуществления рекреационного использования лесов Удмуртской Республики.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории; рекреационная нагрузка; рекреационная оценка; тип пространственной структуры; дигрессия; тип леса.

Актуальность. На территории Удмуртской Республики насчитывается 309 ООПТ федерального, регионального и местного значений. Общая площадь данных территорий около 400 тыс. га. В связи с ростом численности городского населения ежегодно происходит рекреационное воздействие в виде значительного снижения устойчивости и продуктивности зеленых насаждений ООПТ. Возросшие темпы рекреационного поль-

зования лесов приводят к изменениям в лесных экосистемах и ставят вопрос сохранения рекреационной устойчивости лесов, что является актуальной задачей сохранения ООПТ.

Одно из следствий растущей урбанизации – все большее сосредоточение населения в городах и крупных населенных пунктах, стремление населения к отдыху на природе и особенно в лесу. Для этого необходимо сохранение средообра-

зующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций лесов [2]. Осуществление рекреационной деятельности является одним из видов использования лесов [16]. Вопросы рекреационного лесопользования и его экологических последствий являются составной частью экологической продуктивности и одновременно имеют самостоятельное значение. Понятие об экологической продуктивности леса впервые введено академиком РАСХН И. С. Мелеховым. Согласно И. С. Мелехову [7], экологическая продуктивность леса определяется оценкой его средообразующей роли, защитных свойств, возможностей техногенных и рекреационных нагрузок.

Урбанизация негативно влияет на природные комплексы и окружающую среду, вносит непредвиденные изменения в экологические системы, в регуляцию биосферы в целом. В основном это связано с загрязнением воздушного бассейна [21], морских акваторий и пресноводных водоемов, нарушением почвенного покрова и ценных ландшафтов, с ухудшением состояния водных и лесных ресурсов, уменьшением численности полезных видов животных и растений [9], повышением уровня загрязнения почв [17].

Методический подход к оценке рекреационного потенциала лесов разработан Л. П. Рысиным и С. Л. Рысиным [15]. Ими предложены критерии элементов рекреационного потенциала. Данные критерии использовались в работах Т. В. Климачевой и др. [3, 4] при изучении лесов Прикамья.

По рекреационной оценке лесных ландшафтов В. П. Чижовой [20], наилучшую оценку имеют сосновые и широколиственные леса; хорошую – сухие темнохвойные лиственные, кедровые, мелколиственные леса, пойменные дубравы; удовлетворительную – частично заболоченные, темнохвойные, лиственничные и смешанные леса, сухие осиново-березовые колки; плохую – притундровые березовые редколесья, северотаежные ельники; весьма плохую – заболоченные редкостойные леса, арктические и горные лесотундры, леса по болотам и небольшие сельскохозяйственные массивы среди сельскохозяйственных угодий. По сравнению с другими хвойными породами сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L) отличается повышенной устойчивостью к различным повреждениям и рекреационным нагрузкам. Вследствие более мощной и глубоко идущей корневой системы сосновые леса выдерживают большие нагрузки от посещения людей, чем еловые. В отличие от лиственницы, которая теряет осенью хвою, сосна во все периоды года обладает высокой декоративностью [12].

Воздействие на лесной биогеоценоз факторов, обусловленных видом лесной рекреации, определяется рекреационной нагрузкой, которая характеризуется такими показателями, как площадь объекта лесной рекреации, количество посетителей и время пребывания посетителей на объекте [22]. Высокий уровень рекреационной нагрузки сопровождается уплотнением почвы, изменением живого покрова, что имеет следствием снижение уровня численности энтомофагов и других представителей полезной лесной энтомофауны. Многочисленные механические повреждения комлевой части деревьев, уничтожение и повреждение подроста и подлеска, образование непланируемых дорог и заездов по границам насаждений лесопарков, расположенных вблизи от населенных пунктов и вдоль трасс [8].

Показателем интенсивности рекреационного воздействия является рекреационная нагрузка, которая определяется количеством отдыхающих на единице площади, временем их пребывания на объекте рекреации и видом отдыха. Различают предельно допустимую рекреационную нагрузку. Согласно ОСТ 56-84-85, это максимальная рекреационная нагрузка, при которой биогеоценоз сохраняет свою жизнеспособность. По данным В. М. Лукьянова [6], предельная рекреационная нагрузка зависит от пяти основных факторов: протяженности дорог, преобладающей породы, группы возраста, классов бонитета, группы типов леса (по В. Г. Нестерову) и типа условий произрастания (по П. С. Погребняку) и составляет от 0,3 до 3,5 человек на 1 га в день. По исследованиям Росгипролес, допустимые рекреационные нагрузки определены в зависимости от функциональных зон [1]. Разработаны нормативы допустимых нагрузок для разных типов леса в зависимости от вида рекреационного лесопользования (экскурсии, плановый туризм, самостоятельный туризм, массовый повседневный отдых). В соответствии с нормами ВНИИЛМ, составленными на основе дифференцированных норм, установленных методом пробных площадей В. П. Чижовой [20]; Э. А. Репшасом [13]; Р. И. Ханбековым [19]; В. М. Лукьяновым [6], среднегодовая единовременная допустимая рекреационная нагрузка может колебаться от 0,1 до 8,0 чел./га.

Рекреационное лесопользование вызывает негативные последствия: снижение защитных функций леса, уменьшение его эстетической ценности, постепенная деградация. Неблагоустроенные, не приспособленные для массового отдыха естественные леса не обладают комплексом показателей, необходимых для выполнения ими рекреационных функций. В результате

этого лесным экосистемам, их фауне и флоре наносится невосполнимый ущерб.

По мере роста крупных городов, индивидуального и дачного строительства существенно увеличиваются рекреационные нагрузки на территории ООПТ. Нередко там происходит смена хозяйственно ценных пород осиной и березой, а также постепенное сокращение площади, занимаемой молодняками. С возрастом насаждений уменьшается их позитивное воздействие на газовый состав атмосферы. Одновременно происходят и необратимые изменения в биогеоценозах, исчезают многие виды растительности нижних ярусов, беднеет животный мир [16].

Для оценки степени воздействия на лесные насаждения широко используется определение стадий дигрессии – ухудшение состояния экосистем из-за внешних (экзогенных) или внутренних (эндогенных) причин и деградации – постепенная утрата жизнеспособности и отмирание лесных насаждений в результате ухудшения экологического состояния лесной среды под влиянием антропогенных или природных факторов.

В процессе рекреационного воздействия происходят изменения в лесном насаждении. Из-за усиленного вытаптывания исчезает лесная подстилка, почва уплотняется, теряется плодородный слой, содержащий гумус. Плотная почва хуже пропускает воду и воздух к корням деревьев и кустарников, а корни, лежащие вблизи поверхности, механически повреждаются ногами. Это ослабляет деревья, делает их легкой добычей насекомых-вредителей и болезнетворных организмов. Механические повреждения на скелетных ветвях, стволах и корневых лапах деревьев способствуют развитию инфекции. Меняется состав живого напочвенного покрова под пологом леса – от преобладания типично лесных видов до абсолютного доминирования сорных растений через промежуточную стадию господства лесолуговой и луговой флоры. Это происходит из-за того, что лесной полог редее, усиливается освещенность, и светолюбивые луговые виды получают преимущество. Вытаптывается и ломается подлесок, гибнет подрост – молодое поколение леса. Постепенно деревья основного яруса отмирают, лес редее, в конце превращаясь в иное растительное сообщество.

Основными проявлениями действия рекреации на древостой являются растущее уплотнение верхних почвенных горизонтов, механические повреждения стволов и корней деревьев. Повреждения снижают эстетические достоинства леса, они являются воротами инфекции, и ствол заражается грибными заболеваниями.

У деревьев уменьшается радиальный прирост, развиваются болезни корневых систем, что ведет к их усыханию [8]. При этом резко падает сомкнутость насаждений, снижаются приросты по высоте, диаметру и запасам, появляются редины и другие негативные последствия [10, 11]. В результате воздействия неблагоприятных факторов сильно повреждается древостой на легких сухих почвах и на избыточно увлажненных, особенно мокрых.

В первую очередь рекреационная нагрузка оказывает воздействие на угнетенные деревья IV и V класса по Крафту, наряду с ними отмирают господствующие деревья (I класса). Поэтому относительная полнота уменьшается в меньшей степени, чем сомкнутость древесного полога. Падает класс бонитета. В сосняках крупные деревья наиболее устойчивы, за счет чего средний диаметр древостоя увеличивается [14].

Во многих сосновых типах леса при снижении сомкнутости древостоя до 0,6 часто появляется подрост березы, и со временем происходит непосредственная смена сосняков на березняки. У соснового подростка корневая система, хотя более устойчива, но наземная часть повреждается сильнее, чем у ели. При доле уплотненной поверхности более 30 % площади обычно насчитывается половина поврежденного подростка. А если учесть, что теневыносливый подрост ели появляется раньше, то часто наблюдается смена рекреационных сосняков на ельники [18].

Материал и методика исследований. Экспедиционные исследования проводились в сосновых насаждениях, расположенных в рекреационной зоне НП «Нечкинский» и ПП «Усть-Бельск», подверженных влиянию рекреационных нагрузок различной интенсивности в преобладающих типах леса – кисличном, снытьевом и широколиственном. По составу древостоя представлены чистыми и смешанными сосновыми насаждениями, с участием в составе сосны от 90 до 50 %.

В качестве экспериментальных объектов для натуральных исследований воздействия рекреационных нагрузок отобраны ключевые участки, на которых заложена 21 постоянная пробная площадь (ППП). Пробные площади закладывались в соответствии с ОСТ 56-69-83 Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки.

Рекреационная характеристика насаждений приведена на основании проведенной ландшафтной таксации.

Результаты исследований. Краткая лесоводственно-таксационная характеристика участков приведена в таблицах 1 и 2.

Средний возраст сосновых древостоев кисличного типа леса (*Pinetum oxalidosum*) варьирует от $56,94 \pm 9,19$ до $98,0 \pm 17,88$ лет, в среднем он составляет 63,7 года. Это позволяет их отнести к группам средневозрастных, приспевающих и спелых насаждений. Большая часть участков относится к средневозрастным насаждениям. Средняя высота древостоя кисличного типа составляет $21,57 \pm 5,19$ м, средний диаметр $22,86 \pm 7,04$ см. Сосняки кисличные отличаются высокой продуктивностью, средний бонитет – I. Средняя сумма площадей сечения составляет $25,64 \pm 5,37$. Средняя полнота – 0,73. Тип лесорастительных условий С3. Древостои, относимые к этому типу, занимают преимущественно возвышенные, хорошо дренированные местоположения. Почвы дерново-сильнопodzольные песчаные на покровном суглинке ППП (1, 21); дерново-сильнопodzольные легкосуглинистые на покровном суглинке ППП (2). Слой подстилки достигает 2,0–4,0 см, отличается хорошо развитым перегнойно-аккумулятивным горизонтом.

Травянистая растительность хорошо развита, доминантой является кислица обыкновенная. Естественное возобновление представлено елью европейской и пихтой сибирской в насаждениях НП «Нечкинский», а также дубом черешчатым и кленом остролистным в ПП «Усть-Бельск». Подлесок средней густоты или редкий, но разнообразен по видовому составу, в его составе выделено до 9 видов. Средний возраст насаждений сосняка широколиственного (*Pinetum compositum*) составляет 61,65 лет. Наибольшее количество изученных участков относится к средневозрастным насаждениям $51,32 \pm 10,36$ лет, отмечены спелые и перестойные насаждения, средний возраст которых $120,0 \pm 10,0$ лет. Средняя высота составляет $17,15 \pm 5,68$ м, средний диаметр $18,74 \pm 7,67$ см, средний бонитет – II, средняя полнота – 0,65. Средняя сумма площадей сечения составляет $24,69 \pm 4,81$ м², средний запас 230 м³/га. Тип лесорастительных условий С₂-С₃. На территории НП «Нечкинский» преобладают почвы дерново-среднеpodzольные супесчаные на древнеаллювиальных отложениях, на глубине 76–185 см суглинистая прослойка ППП (4), дерново-среднеpodzольные суглинистые на древнеаллювиальных отложениях ППП (17).

На территории ПП «Усть-Бельск» дерново-карбонатные слабоpodzольные легкосуглинистые ППП (20). Лесная подстилка имеет мощность 2,0–3,0 см.

Возобновление древесных пород протекает хуже, чем в кисличном типе леса. Подрост редкий, представлен елью европейской и пихтой сибирской на территории НП «Нечкинский», дубом

черешчатым, сосной обыкновенной и кленом остролистным на территории ПП «Усть-Бельск». Подлесок редкий, распространен неравномерно и представлен рябиной обыкновенной, липой мелколистной, вязом шершавым, жимолостью лесной, бересклетом бородавчатым, лещиной обыкновенной. Травяной покров густой, представлен большим числом видов, многоярусный.

Средний возраст насаждений в сосняке снытьевом (*Pinetum aegopodiosum*), составляет 65,43 года и колеблется от $51,84 \pm 10,61$ года до $115,0 \pm 21,21$ лет. Наибольшее количество насаждений средневозрастные, спелые древостои, произрастают на двух участках. В насаждениях снытьевого типа леса средняя высота $19,49 \pm 4,40$ м, средний диаметр $21,18 \pm 6,17$ см. Средняя полнота – 0,69, средний бонитет – II. Средняя сумма площадей сечения $21,17 \pm 5,18$ м², средний запас составляет 185 м³/га.

Тип лесорастительных условий Д₃-Д₂. Почвы дерново-среднеpodzольные супесчаные (4–40) на покровном суглинке представлены ППП (6,7) на территории НП «Нечкинский». Дерново-карбонатные на делювиально-пролювиальных суглинках, расположенных на глубине 3,0–3,5 м, легкосуглинистые ППП (11,12) на территории ПП «Усть-Бельск». Мощность лесной подстилки достигает 2,0–3,0 см. Подрост в условиях НП «Нечкинский» представлен в основном елью европейской, присутствует незначительное количество пихты сибирской. Подрост в условиях ПП «Усть-Бельск» представлен сосной обыкновенной и дубом черешчатым.

Рекреационные зоны парков являются наиболее часто посещаемыми лесными массивами Удмуртии, наибольшую нагрузку испытывают насаждения, расположенные вблизи водной поверхности рек Кама, Сива и Белая, а также участки вблизи населенных пунктов с. Каракулино, с. Степаново, п. Новый, п. Чеганда и др. Для выявления степени влияния рекреационных нагрузок на лесные системы рассчитана рекреационная посещаемость в пределах постоянной пробной площади (табл. 3).

Наименьшая среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка составила 0–0,7 чел./га в день и отмечена на ППП (1, 12, 15, 16, 20), основная часть участков расположена в значительной удаленности от населенных пунктов и водоемов. На территории участков присутствует бездорожная и добычательская формы рекреации. На ППП (7, 8, 9, 11, 13, 21) нагрузка составляет 1,0–3,5 чел./га в день, что соответствует предельно допустимой рекреационной нагрузке на рекреационные насаждения, согласно оценке В. М. Лукьянова [6].

Таблица 1 – Лесоводственно-таксационная характеристика ППП насаждений сосны в рекреационной зоне НП «Нечкинский»

№ ППП	Кв. Выдел	Площадь, га	Средние таксационные показатели						Тип пространственной структуры	Рекреационная нагрузка Рср, чел/га в день	Проективное покрытие ЖНП, %	Вытопанность почвы %	Рекреационная характеристика							
			Ярусы			Насаждения		Древостой элемента леса					Эстетическая оценка	Сан-гигиенич. оценка	Рекреационная оценка	Устойчивость насаждения	Стадия дигрессии			
			Состав	Плотота	З площадь сечения, м ² /га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Тип леса ТЛУ										Возраст, лет	Нср, м	Дср, см
1	$\frac{22}{4}$	4,0	9С1Е+Лп	0,6	28,02	375,0	IA	$\frac{С_{кк}}{С_3}$	110	29,0	34,0	Ia	0,2	93	0	1	2	1	1	
8	$\frac{19}{19}$	3,8	5С1Е1Лп-1Б2Ос	0,7	29,12	379,4	II	$\frac{С_{штп}}{С_3}$	120	28,0	34,4	Iб	1,7	62	5,0	1	2	2	1	2
9	$\frac{19}{18}$	19,0	6С1Е1Лп2Б	0,6	25,14	333,6	II	$\frac{С_{штп}}{С_3}$	130	27,5	35	Ia	2,3	74	3,5	1	2	2	2	2
21	$\frac{24}{5}$	5,5	7С2Б1Лп	0,8	34,64	386,4	I	$\frac{С_{кк}}{С_3}$	70	24,0	24,5	Ia	1,6	79	2,5	1	2	2	2	2
3	$\frac{15}{4}$	6,0	9С1Е	0,6	25,02	255,6	I	$\frac{С_{кк}}{С_3}$	60	22,4	23,8	Ia	26,0	47	32	2	2	3	5	5
4	$\frac{17}{13}$	16,0	8С1Е1Б	0,8	28,24	265,6	II	$\frac{С_{штп}}{С_2}$	57	19,2	20,1	Iб	5,8	60	18	2	3	3	3	3
5	$\frac{33}{18}$	3,8	10С+Б	0,5	16,2	144,0	III	$\frac{С_{сн}}{Д_3}$	70	18,0	20,0	IIa	20,7	57	40	2	3	3	4	5
6	$\frac{33}{23}$	5,5	9С1Б+Ос+Лп	0,7	24,92	232,4	II	$\frac{С_{сн}}{Д_3}$	60	19,7	20,6	Ia	9,4	62	17	2	2	3	3	4
7	$\frac{33}{21}$	1,9	8С2Б+Е	0,7	25,97	303,2	II	$\frac{С_{сн}}{Д_3}$	70	21,5	23,3	Ia	3,5	65	5,5	1	2	1	2	3
2	$\frac{32}{5}$	2,1	9С1Е+Б	0,6	25,02	255,6	I	$\frac{С_{кк}}{С_3}$	60	22,4	23,8	Ia	4,3	56	7,5	1	2	1	1	3

Таблица 2 – Лесоводственно-таксационная характеристика ППП насаждений сосны в рекреационной зоне ПП «Усть-Бельск»

№ППП	Кв. Выдел	Площадь, га.	Средние таксационные показатели						Тип пространственной структуры	Рекреационная нагрузка Ср, чел./га в день	Проективное покрытие ЖНП, %	Вытопанность почвы, %	Рекреационная характеристика					
			Ярусы			Насаждения		Древостой элемента леса					Эстетическая оценка	Сан-гигиеническая оценка	Рекреационная оценка	Устойчивость насаждения	Стадия дигрессии	
			Состав	Полнота	Площадь сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Классе бонитета	Тип леса ТЛУ	Возраст, лет	Нср, м	Дср, см							
15	$\frac{1}{60}$	28,0	6С2Ос1Д1Ивд	0,8	28,0	208,0	I	$\frac{Скс}{С_3}$	45	16,7	16,8	1	1	1	1	1	1	1
16	$\frac{1}{58}$	5,6	10С+Ос+Кл+Д	0,8	28,32	213,6	IA	$\frac{Скс}{С_3}$	45	18,5	17	1	1	1	1	1	1	1
20	$\frac{2}{23}$	1,4	10С	0,7	21,14	145,6	II	$\frac{Слптр}{С_2}$	41	14,0	14,2	1	1	1	1	1	2	1
13	$\frac{1}{62}$	14,0	8С1Ос1Д+Лп	0,8	28,48	265,6	II	$\frac{Скс}{С_3}$	55	19,0	20,0	2	1	1	1	2	2	2
14	$\frac{1}{63}$	16,0	9С1Ос+Д+Лп	0,8	24,16	166,4	II	$\frac{Скс}{С_3}$	44	14,5	14,0	2	2	2	3	3	4	4
17	$\frac{2}{9}$	4,3	10С	0,7	17,43	98,0	II	$\frac{Слптр}{С_2}$	30	10,6	11,0	2	3	3	2	3	2	3
18	$\frac{2}{20}$	2,2	10С	0,6	15,72	92,4	III	$\frac{Слптр}{С_2}$	41	11,7	11,8	2	3	3	3	5	4	4
12	$\frac{41}{9}$	0,8	10С	0,8	30,84	277,2	IA	$\frac{Ссн}{Д_2}$	50	19,3	20,2	1	1	1	1	1	1	1
11	$\frac{41}{6}$	3,6	9С1Ос	0,7	24,9	232,4	II	$\frac{Ссн}{Д_3}$	55	19,0	20,0	2	1	1	1	2	2	2
10	$\frac{41}{2}$	1,6	9С1Дп	0,6	20,6	165,2	III	$\frac{Слптр}{С_2}$	50	14,1	14,5	3	3	3	4	4	5	5
19	$\frac{2}{21}$	1,4	10С	0,5	13,1	77,0	III	$\frac{Слптр}{С_2}$	41	11,7	11,8	3	3	3	4	4	4	4

Наибольшая среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка была отмечена на ППП (3), она составила 26 чел./га в день, обусловлена такая нагрузка расположением лесных насаждений вблизи р. Кама. На данном участке лесная среда сильно нарушена. Подрост отсутствует. Подлесок представлен рябиной обыкновенной. Размещение по площади единичное, ветви и стволы имеют механические повреждения. В составе ЖНП доминируют сорные виды трав: пырей ползучий (*Agropyron repens*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), мать-и-мачеха обыкновенная (*Farfarae folium*) и др. Участок замусорен и захламлен. Процент вытоптанной площади составляет 32 %. Отмечено преобладание бивуачной и кошевой форм рекреации.

Таблица 3 – Распределение рекреационной нагрузки по стадиям дигрессии в зависимости от типа леса

Стадия дигрессии	Рекреационная посещаемость (Re), чел./га в день	Рекреационная посещаемость (Re), чел./га в год
Сосняк кисличный		
I	0–1	0–360
II	1–3	360–1080
III	4–5	1440–1800
IV	8–10	2880–3600
V	20–26	7200–9360
Сосняк широколиственный		
I	0–1	0–360
II	1–3	360–1080
III	4–6	1440–2160
IV	10–11	3600–3960
V	22–26	7920–9360
Сосняк снытьевый		
I	0	0
II	2–3	720–1080
III	3–4	1080–1440
IV	9–12	3240–4320
V	19–22	6840–7920

По экспериментальным данным выявлено, что рекреационная посещаемость широколиственного типа леса в 1,2 раза выше, чем снытьевого. Посещаемость кисличного типа такая же высокая, как и широколиственного. Это позволяет отметить, что данные типы леса наиболее комфортны отдыхающим.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа подтверждают тесную зависимость между рекреационной нагрузкой и стадией дигрессии насаждений ($r = 0,95$) и выражаются следующими уравнениями:

– для сосняка кисличного: $Re = 0,25e^{0,92x}$; $R^2 = 0,98$ (1);

– для сосняка снытьевого: $Re = 1,5x^2 - 4,1x + 3,2$; $R^2 = 0,99$ (2);

– для сосняка широколиственного: $Re = 0,45x^{2,3}$; $R^2 = 0,98$ (3).

Здесь Re – рекреационная посещаемость, чел./га в день; x – стадия дигрессии.

Воздействие между лесом и рекреантами носит характер двустороннего воздействия как леса на человека, так и человека на лес. Поэтому в основе рекреационного использования леса должна лежать комплексная оценка рекреационного потенциала насаждений, учитывающая целевое назначение лесов [13]. На исследуемых участках проведена оценка рекреационного потенциала насаждений (табл. 4), разработанная С. Л. Рысиным [15, 16]. Дана оценка насаждений ППП по 29 показателям, объединенным в три основные группы (привлекательность леса, его комфортность для отдыхающих и устойчивость к рекреационному воздействию).

По экспериментальным данным выявлено, что использование лесных участков в рекреационной зоне ООПТ для отдыха возможно лишь с определенными ограничениями, т.к. в среднем они относятся к III классу рекреационной ценности (КРЦ). Насаждения имеют низкую привлекательность (КП = 0,49), из-за невысокой оценки таких показателей, как возраст древостоя (относительно ПП «Усть-Бельск»), состав древостоя (преобладают древостои с небольшим смешением пород и недостаточным разнообразием подлесочных пород), большинство древостоев одноярусные. На исследуемых участках отсутствуют обращающие на себя внимание отдельные деревья и группы кустарников. Также отмечена невысокая устойчивость насаждений (КУ = 0,48), что говорит о низкой способности древесной растительности и напочвенного покрова выдерживать рекреационные нагрузки. Значительно снижен коэффициент устойчивости в насаждениях IV–V стадиях дигрессии (КУ = 0,44–0,38). Насаждения отличаются высокими показателями рекреационной комфортности (КК = 0,65) из-за благоприятного местоположения парков. Данные участки доступны отдыхающим, расположены вблизи р. Кама, вблизи отсутствуют источники шума и загрязнения воздуха.

Таблица 4 – Рекреационный потенциал сосновых насаждений ООПТ Прикамья

Стадия дигрессии	Показатели рекреационного потенциала сосновых насаждений			
	КП	КК	КУ	КРЦ
Сосняк кисличный				
I	0,61 ± 0,02	0,72 ± 0,02	0,66 ± 0,01	II
II	0,61 ± 0,03	0,68 ± 0,01	0,60 ± 0,03	II
III	0,51 ± 0,02	0,68 ± 0,01	0,53 ± 0,01	III
IV	0,39 ± 0,03	0,65 ± 0,01	0,42 ± 0,02	IV
V	0,37 ± 0,03	0,69 ± 0,03	0,41 ± 0,01	IV
Средняя по типу леса	0,50 ± 0,02	0,68 ± 0,03	0,52 ± 0,02	III
Сосняк широколиственный				
I	0,63 ± 0,01	0,69 ± 0,02	0,62 ± 0,02	II
II	0,56 ± 0,02	0,67 ± 0,03	0,49 ± 0,04	III
III	0,52 ± 0,03	0,66 ± 0,03	0,47 ± 0,03	III
IV	0,49 ± 0,02	0,64 ± 0,02	0,40 ± 0,03	III
V	0,38 ± 0,04	0,59 ± 0,03	0,39 ± 0,02	IV
Средняя по типу леса	0,52 ± 0,03	0,63 ± 0,02	0,48 ± 0,03	III
Сосняк снытьевый				
I	0,53 ± 0,02	0,66 ± 0,01	0,53 ± 0,01	III
II	0,51 ± 0,03	0,64 ± 0,03	0,47 ± 0,02	III
III	0,51 ± 0,04	0,64 ± 0,02	0,46 ± 0,04	III
IV	0,38 ± 0,03	0,62 ± 0,01	0,44 ± 0,03	IV
V	0,41 ± 0,04	0,58 ± 0,03	0,38 ± 0,03	IV
Средняя по типу леса	0,47 ± 0,04	0,63 ± 0,02	0,46 ± 0,03	III
Средний по объекту	0,49 ± 0,02	0,65 ± 0,01	0,48 ± 0,01	III

Примечание: КП – Коэффициент привлекательности, КК – Коэффициент комфортности, КУ – Коэффициент устойчивости, КРЦ – Класс рекреационной ценности

Насаждения сосняка кисличного, подверженные минимальным рекреационным нагрузкам, I и II стадий дигрессии, отнесены к II КРЦ и их рекреационное использование возможно без существенных ограничений. Насаждения IV и V стадий дигрессии кисличного, снытьевого, а также V стадии широколиственного типов леса отнесены к IV КРЦ и их использование должно быть прекращено до проведения комплекса мероприятий, направленных на повышение их качества. Основная часть насаждений сосняка широколиственного отнесена к III КРЦ, предусматривающему их ограниченное рекреационное использование.

Наиболее высокие показатели устойчивости и комфортности отмечены в сосняке кисличном, наиболее привлекательным является сосняк широколиственный, самые низкие баллы по всем показателям получили сосняки снытьевые.

По данным рекогносцировочного обследования рекреационной зоны, преобладают насаждения без признаков нарушения лесной среды или с незначительным ее изменением, отнесен-

ные к I и II стадиям рекреационной дигрессии. На участках отмечена вытоптанная до минерального горизонта поверхность почвы, она составляет до 1,0 % для насаждений I стадии дигрессии и до 5,0 % для II стадии (рис. 1).

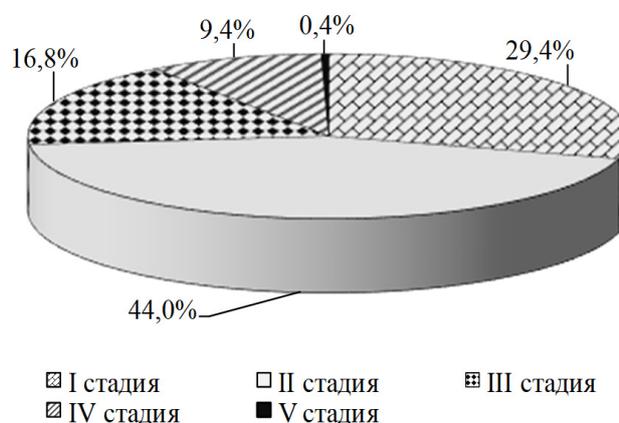


Рисунок 1 – Распределение сосновых насаждений рекреационной зоны по стадиям дигрессии

Доля насаждений со значительным изменением лесной среды составляет 16,8 %. На данных

участках рост и развитие деревьев ослаблены, подрост и подлесок находятся в угнетенном состоянии, в видовом составе ЖНП встречается луговая и сорная растительность, лесная подстилка и почва уплотнены. Вытоптанная поверхность почвы составляет до 10,0 % от общей площади участка. Насаждения соответствуют III стадии дигрессии и представлены ППП (2, 4, 7, 17). Отмечены насаждения IV ППП (6, 14, 18, 19) и V стадии дигрессии ППП (3, 5, 10). Рекреационное воздействие на территорию рекреационной зоны ООПТ носит локальный характер и в основном отмечено вдоль береговой линии водоемов и вблизи населенных пунктов. Насаждения на этих участках с сильно нарушенной лесной средой, угнетенными деревьями, неблагонадежным, расположенным в куртинах подростом и подлеском. Вытоптанная до минерального горизонта поверхность почвы составляет от 10,1–25,0 % на участках IV стадии и от 25,0–32,0 % в насаждениях V стадии. На долю участков IV стадии дигрессии приходится 9,4 % от общей площади сосновых насаждений рекреационной зоны, доля участков V стадии дигрессии составляет 0,4 %.

Основная доля исследуемых древостоев закрытого типа пространственной структуры (85,7 %), преимущественно горизонтальной сомкнутости, с полнотой 0,6–1,0. Полуоткрытый тип ландшафта составляет 11,4 % от общей площади, представлен изреженными насаждениями IV–V стадии дигрессии ППП (10, 19, 5). Открытый тип ландшафта составляет 5,6 %, представлен землями, вышедшими из-под сельскохозяйственного пользования, и они не могут выполнять функции мест сосредоточения отдыхающих, для достижения снижения антропогенного воздействия на основную часть насаждений. Данное соотношение ТПС не соответствует рекреационной зоне парков, поскольку для зоны хвойно-широколиственных лесов рекомендуется следующее соотношение типов ландшафта: закрытых – 65 %, полуоткрытых – 20 %, а открытых – 15 %. Следовательно, необходимо проводить соответствующие мероприятия по изменению структуры парка. Перевод закрытых пространств в полуоткрытые проводить за счет вырубки малоценных насаждений, в НП «Нечкинский» они представлены осинниками.

В отношении пригодности ландшафтных выделов к выполнению рекреационных и оздоровительных функций была использована шкала рекреационной оценки В/О «Леспроект». Рекреационная оценка представлена на рисунке 2.

Участки с высокой рекреационной оценкой (54,0 %) преобладают в ПП «Усть-Бельск»

и представлены ППП (2, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 20). На данных участках отмечено хорошее состояние древесно-кустарниковой растительности, ЖНП, передвижение удобно во всех направлениях и возможно использование для отдыха, без проведения мероприятий по благоустройству территории. Участки относятся к I и II стадиям дигрессии. Выявлены участки с преобладанием ослабленной и угнетенной древесно-кустарниковой растительности, поврежденным напочвенным покровом. Передвижение затруднено или невозможно во всех направлениях. Доля таких участков составляет 36,0 % в ПП «Усть-Бельск», и 40,0 % в НП «Нечкинский» от общего числа исследуемых, представлены ППП (3, 4, 5, 6, 10, 14, 17, 18, 19).

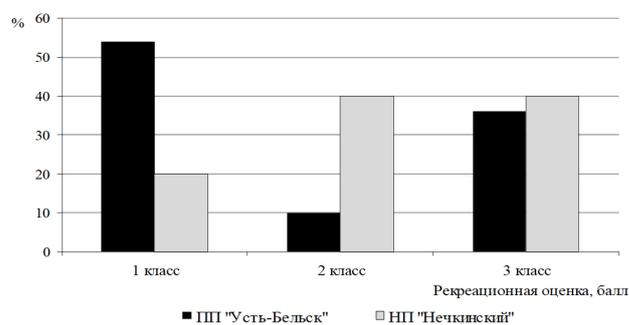


Рисунок 2 – Распределение площади сосновых насаждений по рекреационной оценке участков

Эстетическая оценка насаждений определяет уровень ценности природы как красоту, воспринимаемую человеком эмоционально [1]. На территории Прикамья эстетическая оценка проведена с учетом следующих показателей: положение на местности, влажность почвы, проходимость, живописность опушек, наличие и качество единичных или небольших групп деревьев и кустарников, качество травяного и мохового покрова, доступность водной поверхности для отдыхающих, возможность его использования для отдыха и купания. Доля высокой эстетической оценки насаждений ПП «Усть-Бельск» и НП «Нечкинский» составила 48,0 %, что свидетельствует о живописности насаждений парков. Небольшая доля – 10,0 % представлена участками с низкими эстетическими характеристиками ППП (10, 19). На данных пробных площадях отмечены насаждения сосны IV класса бонитета, отмечено, что у деревьев плохо развиты кроны, участки захламлены мертвой древесиной.

Проведена санитарно-гигиеническая оценка участков, характеризующая пригодность территории по условиям ее комфортности для пребывания человека на природе. Выявлено, что 38,0 %

изученных насаждений с хорошим санитарным состоянием. На этих участках чистый воздух, хорошая аэрация, ароматические запахи, лесные звуки, сочные краски. В насаждениях отсутствуют паразиты, густые заросли и шум. Отмечено, что практически все участки с перечисленными выше характеристиками удалены от городов и других населенных пунктов, а также от водных объектов и автомагистралей. Плохим санитарным состоянием характеризуются 28,6 % от общей территории. Данные участки захламлиены мертвой древесиной, замусорены, на участках имеются места свалок мусора, загрязненный воздух. Отмечено наличие паразитов (клещи, комары, пауты, мошка), густых зарослей. Большая часть участков расположена вблизи населенных пунктов, автомагистралей и р. Кама, IV–V стадии дигрессии. Тесная прямая связь обнаружена между санитарно-гигиенической оценкой участков и стадией рекреационной дигрессии ($r = 0,81$).

В лесах урбанизированных территорий, в частности в рекреационной зоне ООПТ, помимо вредителей, болезней, воздействий абиотической природы необходимо учитывать также рекреационную дигрессию и ряд других факторов антропогенного происхождения, необходимо проведение оценки состояния устойчивости лесных насаждений по шкале Липаткина [5]. Анализ биологической устойчивости насаждений в рекреационной зоне на территории Прикамья представлен на рисунке 3.

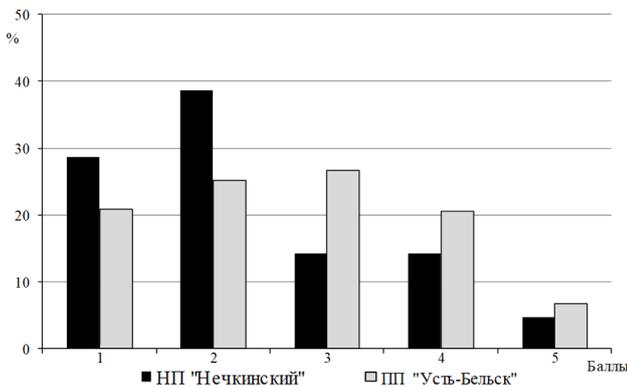


Рисунок 3 – Распределение площади рекреационных лесов по биологической устойчивости насаждений:

1 – устойчивые здоровые; 2 – устойчивые ослабленные; 3 – с обратимо нарушенной устойчивостью; 4 – с необратимо нарушенной устойчивостью; 5 – утратившие устойчивость

На исследуемых объектах преобладают насаждения устойчивые ослабленные, их доля составляет 38,6 % в НП «Нечкинский» и 25,2 % в ПП «Усть-Бельск», участки отнесены к II стадии дигрессии, меньше всего насаждений, утра-

тивших устойчивость – 4,8 % в НП «Нечкинский» и 6,7 % в ПП «Усть-Бельск».

Результаты и выводы:

1. НП «Нечкинский» и ПП «Усть-Бельск» имеют огромную значимость как для обеспечения условий сохранения природных комплексов, так и для обеспечения комфортного отдыха в условиях Удмуртии.

2. Наибольшая среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка составила 26 чел./га, обусловлена она расположением насаждений вблизи р. Кама, здесь отмечены бивуачная и кошевая виды рекреации.

3. По привлекательности сосняки кисличные (КП = 0,50), широколиственные (КП = 0,52) и снытьевые (КП = 0,49) существенно не различаются. Наиболее комфортными являются сосняки кисличные (КК = 0,68). По степени устойчивости к рекреационным нагрузкам сосновые древостои в кисличном (КУ = 0,52), широколиственном (КУ = 0,48) и снытьевом (КУ = 0,48) типах почти не отличаются.

4. Рекреационное использование насаждений II и III стадий дигрессии возможно ограниченно, т.к. насаждения относятся к III классу рекреационной ценности, насаждения IV и V стадии дигрессии относятся к IV КРЦ и их использование должно быть прекращено до проведения комплекса мероприятий, направленных на повышение их качества. Рекреационное использование возможно без ограничений в насаждениях I и II стадий дигрессии в сосняке кисличном и снытьевом и I стадии дигрессии в сосняке широколиственном.

5. Насаждения без признаков нарушения лесной среды составляют 29,4 % от общей площади основных насаждений рекреационной зоны. Рекреационное воздействие на территорию ООПТ носит локальный характер, наибольшее воздействие отмечено вдоль береговой линии водоемов и вблизи населенных пунктов. Насаждения на этих участках с сильно нарушенной лесной средой. На долю участков IV стадии дигрессии приходится 9,4 % от общей площади, доля участков V стадии дигрессии составляет 0,4 %.

6. На территории рекреационной зоны преобладают сосновые насаждения с высокой рекреационной оценкой (54,0 %), средние по санитарно-гигиеническим показателям, эстетические свойства (48,0 %) повышает холмистый рельеф, который нарушает однотипность восприятия ландшафта.

7. Преобладают насаждения устойчивые ослабленные, их доля составляет 38,6 % в НП «Нечкинском» и 25,2 % в ПП «Усть-Бельск», насаждения, утратившие устойчивость, занимают

наименьшую долю от общей площади (4,8 % НП «Нечкинский» и 6,7 % ПП «Усть-Бельск»).

8. Основная доля изученных древостоев 85,7 % закрытого ТПС, преимущественно горизонтальной сомкнутости. Полуоткрытый тип ландшафта представлен изреженными насаждениями IV – V стадии дигрессии. Открытый тип ландшафта 5,6 %, представлен землями, вышедшими из-под сельскохозяйственного пользования, и не выполняет функции мест сосредоточения отдыхающих.

Список литературы

1. Агальцова, В. А. Основы лесопаркового хозяйства : учеб. пособие / В. А. Агальцова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 111 с.

2. Дебелая, И. Д. Городские особо охраняемые природные территории в зеленой инфраструктуре города Хабаровска / И. Д. Дебелая, Г. Ю. Морозова // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 3. – С. 203–209. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44271555_24262673.pdf (дата обращения: 01.09.2021).

3. Климачева, Т. В. Рекреационный потенциал лесов Прикамья / Т. В. Климачева, К. Ю. Прокошева // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2009. – № 2. – С. 52–57.

4. Климачева, Т. В. Опыт прикладного изучения лесов рекреационного назначения Прикамья / Т. В. Климачева, Н. А. Бусоргина, С. Л. Абсалямова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2010. – № 4 (25). – С. 29–34.

5. Липаткин, В. А. Многообразие аспектов оценки состояния деревьев и насаждений / В. А. Липаткин // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. Сер. «Научные труды». – М., 2002. – С. 13–20.

6. Лукьянов, В. М. Зеленые зоны населенных пунктов Нечерноземья / В. М. Лукьянов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 219 с.

7. Мелехов, И. С. Лесоводство : учеб. для вузов / И. С. Мелехов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 302 с.

8. Мозолевская, Е. Г. Результаты оценки и динамики состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы в 1998 г. / Е. Г. Мозолевская // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 1999. – № 2. – С. 183–189.

9. Николаенко, В. Т. Урбанизация и использование лесов в рекреационных целях / В. Т. Николаенко // Лесное хозяйство. – 1992. – № 11. – С. 25–28.

10. Пентелькина, О. С. Долгосрочное прогнозирование динамики рекреационного потенциала насаждений для рекреационного потенциала насаждений для разных сценариев использования лесов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. / О. С. Пентелькина. – М., 1998. – 23 с.

11. Пентелькина, О. С. Долгосрочное прогнозирование динамики рекреационного потенциала на-

саждений для рекреационного потенциала насаждений для различных сценариев ведения лесного хозяйства / О. С. Пентелькина // Сборник научных статей докторантов и аспирантов Московского государственного университета леса. – М., 2005. – № 239 (6). – С. 192–198.

12. Побединский, А. В. Сосна / А. В. Побединский. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 125 с.

13. Репшас, Э. А. Оценка стадии дигрессии и рекреационных нагрузок в неблагоприятных для отдыха лесах ЛитНИИЛХ: методические рекомендации и указания для лесного хозяйства / Э. А. Репшас. – Каунас, 1983. – 29 с.

14. Рожков, В. А. Технологическая концепция классификации типологии / В. А. Рожков, А. З. Швиденко, П. В. Кравец // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2001. – № 1. – С. 10–23.

15. Рысин, Л. П. Методика оценки последствий рекреационного лесопользования / Л. П. Рысин, С. Л. Рысин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2000. – № 6. – С. 56–59.

16. Рысин, С. Л. О необходимости разработки концепции рекреационного лесопользования на урбанизированных территориях / С. Л. Рысин, Л. П. Рысин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 4. – С. 129–138.

17. Сидоренко, М. В. Оценка экологического состояния рекреационных зон г. Нижнего Новгорода по уровням загрязнения почв тяжелыми металлами и биоиндикационным показателям листьев *betula pendula roth* / М. В. Сидоренко, В. П. Юнина, Е. А. Ерофеева [и др.] // Самарский научный вестник. – 2020. – Т. 9. – № 1 (30). – С. 88–92. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42816362_68225839.pdf (дата обращения: 01.09.2021).

18. Тихонов, А. С. Лесоведение : учебное пособие / А. С. Тихонов, Н. М. Набатов. – М. : Экология, 1995. – 320 с.

19. Ханбеков, Р. И. Методы измерения рекреационных нагрузок на лесные территории / Р. И. Ханбеков // Оптимизация рекреационного лесопользования. – М.: Наука, 1990. – С. 56–62.

20. Чиждова, В. П. Допустимые рекреационные нагрузки в охраняемых природных территориях Камчатки / В. П. Чиждова // Российский журнал устойчивого туризма. – 2013. – № 3. – С. 28–35.

21. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health / D. J. Nowak, S. Hirabayashi, M. Doyle [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening, 2018. – V. 29. – P. 40–48. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866717302182> (дата обращения: 01.09.2021).

22. Assessing the potential of social media for estimating recreational use of urban and peri-urban forests / F. M. Wartmann, M. F. Baer, K. T. Hegetschweiler [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – V. 64. –

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866721002880> (дата обращения: 01.09.2021).

Spisok literatury

1. Agal'cova, V. A. Osnovy lesoparkovogo hozyajstva : ucheb. posobie / V. A. Agal'cova. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : GOU VPO MGUL, 2006. – 111 s.

2. Debelaya, I. D. Gorodskie osobo ohranyaemye prirodnye territorii v zelenoj infrastrukture goroda Habarovska / I. D. Debelaya, G. YU. Morozova // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. – 2020. – № 3. – S. 203–209. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44271555_24262673.pdf (data obrashcheniya: 01.09.2021).

3. Klimacheva, T. V. Rekreacionnyj potencial lesov Prikam'ya / T. V. Klimacheva, K. YU. Prokosheva // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. – 2009. – № 2. – S. 52–57.

4. Klimacheva, T. V. Opyt prikladnogo izucheniya lesov rekreacionnogo naznacheniya Prikam'ya / T. V. Klimacheva, N. A. Busorgina, S. L. Absalyamova // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2010. – № 4 (25). – S. 29–34.

5. Lipatkin, V. A. Mnogoobrazie aspektov ocenki sostoyaniya derev'ev i nasazhdenij / V. A. Lipatkin // Ekologiya, monitoring i racional'noe prirodopol'zovanie. Ser. «Nauchnye trudy». – M., 2002. – S. 13–20.

6. Luk'yanov, V. M. Zelenye zony naselennykh punktov Nechernozem'ya / V. M. Luk'yanov. – M. : Agropromizdat, 1987. – 219 s.

7. Melekhov, I. S. Lesovodstvo : ucheb. dlya vuzov / I. S. Melekhov. – M. : Agropromizdat, 1989. – 302 s.

8. Mozolevskaya, E. G. Rezul'taty ocenki i dinamiki sostoyaniya zelenykh nasazhdenij i gorodskih lesov Moskvy v 1998 g. / E. G. Mozolevskaya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. – 1999. – № 2. – S. 183–189.

9. Nikolaenko, V. T. Urbanizaciya i ispol'zovanie lesov v rekreacionnykh celyah / V. T. Nikolaenko // Lesnoe hozyajstvo. 1992. – № 11. – S. 25–28.

10. Pentel'kina, O. S. Dolgosrochnoe prognozirovaniye dinamiki rekreacionnogo potenciala nasazhdenij dlya rekreacionnogo potenciala nasazhdenij dlya raznykh scenariy ispol'zovaniya lesov : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. / O. S. Pentel'kina. – M., 1998. – 23 s.

11. Pentel'kina, O. S. Dolgosrochnoe prognozirovaniye dinamiki rekreacionnogo potenciala nasazhdenij dlya rekreacionnogo potenciala nasazhdenij dlya razlichnykh scenariy vedeniya lesnogo hozyajstva / O. S. Pentel'kina // Sbornik nauchnykh statej doktorantov i aspirantov Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. – M., 2005. – № 239 (6). – S. 192–198.

12. Pobedinskij, A. V. Sosna / A. V. Pobedinskij. – M.: Lesnaya prom-st', 1979. – 125 s.

13. Repshas, E. A. Ocenka stadii digressii i rekreacionnykh nagruzok v neblagopriyatnykh dlya otдыха lesah LitNIILH: metodicheskie rekomendacii i ukazaniya dlya lesnogo hozyajstva / E. A. Repshas. – Kaunas, 1983. – 29 s.

14. Rozhkov, V. A. Tekhnologicheskaya koncepciya klassifikacii tipologii / V. A. Rozhkov, A. Z. SHvidenko, P. V. Kravec // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. – 2001. – № 1. – S. 10–23.

15. Rysin, L. P. Metodika ocenki posledstvij rekreacionnogo lesopol'zovaniya / L. P. Rysin, S. L. Rysin // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. – 2000. – № 6. – S. 56–59.

16. Rysin, S.L., Rysin L. P. O neobhodimosti razrabotki koncepcii rekreacionnogo lesopol'zovaniya na urbanizirovannykh territoriyah / S. L. Rysin, L. P. Rysin // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. – 2011. – № 4. – S. 129–138.

17. Sidorenko, M. V. Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya rekreacionnykh zon g. Nizhnego Novgoroda po urovnjam zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami i bioindikacionnym pokazatelyam list'ev *betula pendula roth* / M. V. Sidorenko, V. P. YUnina, E. A. Erofeeva [i dr.] // Samarskij nauchnyj vestnik. – 2020. – T. 9. – № 1 (30). – S. 88–92. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42816362_68225839.pdf (data obrashcheniya: 01.09.2021).

18. Tihonov, A. S. Lesovedenie : uchebnoe posobie / A. S. Tihonov, N. M. Nabatov. – M. : Ekologiya, 1995. – 320 s.

19. Hanbekov, R. I. Metody izmereniya rekreacionnykh nagruzok na lesnye territorii / R. I. Hanbekov // Optimizaciya rekreacionnogo lesopol'zovaniya. – M.: Nauka, 1990. – S. 56–62.

20. Chizhova, V.P. Dopustimye rekreacionnye nagruzki v ohranyaemykh prirodnykh territoriyah Kamchatki / V. P. CHizhova // Rossijskij zhurnal ustojchivogo turizma. – 2013. – № 3. – S. 28–35.

21. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health / D. J. Nowak, S. Hirabayashi, M. Doyle [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening, 2018. – V. 29. – P. 40–48. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866717302182> (data obrashcheniya: 01.09.2021).

22. Assessing the potential of social media for estimating recreational use of urban and peri-urban forests / F. M. Wartmann, M. F. Baer, K. T. Hegetschweiler [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – V. 64. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866721002880> (data obrashcheniya: 01.09.2021).

Сведения об авторах:

Прокошева Ксения Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоустройства и экологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Абсальямова Светлана Леонидовна – старший преподаватель кафедры лесоустройства и экологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Абсалимов Рафаэль Рамзиевич – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой лесоустройства и экологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Поздеев Денис Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоустройства и экологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: lesoust@yandex.ru).

K. Y. Prokosheva, S. L. Absalyamova, R. R. Absalyamov, D. A. Pozdeyev

Izhevsk State Agricultural Academy

LANDSCAPE AND FORESTRY CHARACTERISTICS OF PINE PLANTATIONS IN RECREATIONAL ZONES OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF THE UDMURT REPUBLIC

Specially protected natural territories serve as an important element of recreational forest management. With constantly growing urbanization, it is important to preserve the environmental, water protection, protective, sanitary-hygienic and health-improving functions of forests. A tendency of increasing recreational use of forests leads to the appearance of negative changes in forest ecosystems.

The purpose of the work is to determine the recreational potential of pine plantations in the recreational zone of specially protected natural territories of National Park Nechkinsky and Nature Park Ust'-Bel'sk.

The results of eye-measuring and landscape taxation of pine forest plots on 21 laid testing area are presented. According to the results of correlation and regression analysis, a close relationship between the stages of digression and recreational load has been revealed. The equations of dependence of recreational attendance of forests on the stage of digression have been compiled.

It is established that the territory of the recreational zone of the studied objects is dominated by stable pine plantations, with a high recreational rating. These plantings play a significant role in ensuring the conditions for conservation of natural complexes and the implementation of recreational use of forests of the Udmurt Republic.

Key words: *specially protected natural territories; recreational loading; recreational assessment; type of spatial structure; digression; forest type.*

Authors:

Prokosheva Ksenia Yurievna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Management and Ecology, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., 426033, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Absalyamova Svetlana Leonidovna – Senior Lecturer at the Department of Forest Management and Ecology, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., 426033, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Absalyamov Raphael Ramziyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Forest Management and Ecology, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., 426033, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Pozdeyev Denis Aleksandrovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Management and Ecology, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., 426033, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: lesoust@yandex.ru).

УДК 631.81.095.337

DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_38

В. А. Руденок, Н. И. Мазунина, О. С. Тихонова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СТИМУЛИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Применение инновационных технологий при возделывании сельскохозяйственных культур обеспечивает получение высокой урожайности, позволяет снизить материальные затраты и повысить рентабельность производства. Одним из таких направлений является разработка и применение нанозлементов для растениеводства с оптимальными параметрами частиц для максимального усвоения

макро- и микроэлементов. Эти металлы непосредственно взаимодействовать с растением не могут. В качестве альтернативы в работе предложена технология использования нанорастворов на основе коллоидных систем. Микроэлементы в такой форме более доступны для растений. Изучено влияние окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) коллоидных растворов микроэлементов на урожайность ячменя. Исследования, проведенные в полевых условиях на дерново-подзолистой среднесуглинистой среднеоккультуренной почве, подтвердили предположение о влиянии на урожайность знака заряда частиц в растворе при замачивании семян. Цель исследования: разработать применение нанозлементов для растениеводства с оптимальными параметрами частиц для максимального усвоения макро- и микроэлементов. Задача заключается в изучении влияния окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) коллоидных растворов микроэлементов на урожайность ячменя. Двухлетними исследованиями установлено, что в вариантах с предпосевной обработкой семян ячменя растворами с отрицательным ОВП (Cu^- и Co^-) урожайность зерна ячменя достоверно превышала контрольный вариант без обработки на 11,1–13,2 г/м² при НСР₀₅ – 6,3 г/м². Обработка семян коллоидными растворами с положительным ОВП (Cu^+ и Co^+) негативно повлияла на культуру, в результате чего урожайность зерна ячменя снизилась на 8,4–27,5 г/м² при НСР₀₅ – 6,3 г/м².

Ключевые слова: коллоидные растворы; окислительно-восстановительный потенциал (ОВП); предпосевная обработка; урожайность.

Актуальность. Для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур необходимо внедрение инновационных технологий, обеспечивающих получение высокой урожайности, позволяющих снизить материальные затраты и повысить рентабельность производства. Одним из перспективных направлений является разработка и применение нанозлементов для растениеводства с оптимальными параметрами частиц для максимального усвоения макро- и микроэлементов. В настоящее время исследования в данном направлении проводятся на сельскохозяйственных культурах. В научных работах ряда ученых показано, что обработка семян овса перед посевом композициями нанометаллов обеспечивает возрастание урожайности, увеличивает содержание белка и сырого жира в зерне [1, 5, 6, 10, 14]. Использовались нанотрубки – металлические стержни, обернутые в слой графита. Понятно, что эти металлы непосредственно взаимодействовать с растением не могут. В качестве альтернативы в работе предложена технология использования нанорастворов на основе коллоидных систем. Микроэлементы в такой форме более доступны для растений [4, 8, 11, 12, 13].

Для приготовления коллоидных растворов использовали разбавленные растворы сернокислой соли металла микроэлемента и карбоната натрия в таком соотношении, чтобы в первом случае концентрация сульфата металла в полученном после смешения растворе составила 0,001 моль/литр, а концентрация карбоната натрия составила 0,01 моль/литр (избыток соды в растворе). Формула мицеллы полученного коллоидного раствора (раствор 1), представленная А. Д. Зимон, А. Н. Павловым [3] с указанным соотношением компонентов, следующая: $\{(nCuCO_3) mCO_3 \cdot 2(m-x) Na^+\} 2x Na^+$.

Здесь гранула – это отрицательно заряженная частица. Благодаря этому и весь раствор имеет электронно-донорные свойства, и его окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) в результате должен быть смещен, в сравнении с чистой водой, в отрицательную сторону. Во втором случае, когда соотношение концентраций компонентов в растворе обратное (раствор 2), знак заряда гранулы положительный. Значения окислительно-восстановительных потенциалов коллоидных растворов различного состава приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение окислительно-восстановительного потенциала коллоидных растворов различного состава

Раствор	Значение ОВП, мВ	
	1	+115
2	+210	+15
Дистиллированная вода (κ)	+195	0

Данные таблицы свидетельствуют, что значение ОВП раствора 1 с отрицательным зарядом гранулы смещается на 80 мВ в меньшую сторону по отношению к дистиллированной воде, взятой в качестве контроля. Значение ОВП раствора 2 с гранулами, имеющими положительные заряды, напротив, смещается на 15 мВ в большую сторону по отношению к дистиллированной воде.

В растворе с отрицательно заряженными частицами значение ОВП смещается в сторону отрицательных значений. Это приводит к тому, что вода утрачивает свои электронно-акцепторные свойства и приобретает электронно-донорные. Иными словами, активированная таким образом вода при последующем взаимодействии с другими объектами способна не отнимать у них элек-

троны, а напротив, отдавать их. То есть не окислять, а восстанавливать вещества, не угнетать, а активировать биологические системы.

Цель исследования заключается в разработке применения наноэлементов для растениеводства с оптимальными параметрами частиц для максимального усвоения макро- и микроэлементов.

Задача: изучить влияние окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) коллоидных растворов микроэлементов на урожайность ячменя.

Материал и методы исследования. Объектом исследования является ячмень яровой (*Hordeum sativa*) сорта Памяти Чепелева (разновидность – *nutans*), включенный в Государственный реестр селекционных достижений и допущенный к использованию по Удмуртской Республике с 2016 г.

Опыт закладывали на опытном поле агрономического факультета АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» по следующей схеме опыта: 1) без обработки (к); 2) обработка коллоидным раствором Cu^+ ; 3) обработка коллоидным раствором Co^+ ; 4) обработка коллоидным раствором Cu^- ; 5) обработка коллоидным раствором Co^- .

Для приготовления коллоидных растворов использовали разбавленные растворы сернокислой соли металла микроэлемента и карбоната натрия в таком соотношении, чтобы в первом случае концентрация сульфата металла в полученном после смешения растворе составила 0,001 моль/литр, а концентрация карбоната натрия составила 0,01 моль/литр (избыток соды в растворе). Предназначенные для высева семена обрабатывали опрыскиванием из пульверизатора растворами № 1 и № 2 и выдерживали в течение суток. После такой обработки семена высевали на подготовленную делянку. Символами Cu^- и Co^- обозначены растворы с отрицательным ОВП, символами Cu^+ и Co^+ – с положительным ОВП.

Опыт однофакторный, микрополевой. Повторность вариантов в опыте шестикратная, размещение – систематическое, методом расщепления, в два яруса. Общая площадь делянки – 1,5 м², учетная – 1,07 м².

Опыты заложены в соответствии с требованиями методик опытного дела [9]. Агрохимический анализ почвы выполняли в аналитической лаборатории агрономического факультета по следующим общепринятым методикам: определение содержания органического вещества в почве – титриметрическим методом по Тюрину (ГОСТ 26213-91); определение суммы поглощен-

ных оснований по Каппену-Гильковицу – титрическим методом (ГОСТ 27821-88); определение гидролитической кислотности по Каппену – потенциометрическим методом (ГОСТ 26212-84); определение степени насыщенности основаниями – расчетным методом; определение рН солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); определение подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову – колориметрическим методом (ГОСТ 26207-91). Анализ структуры урожайности – анализ сноповых образцов во всех вариантах.

Существенность разницы в показаниях между вариантами опыта устанавливали методом дисперсионного анализа [2].

Анализ метеорологических условий вегетационного периода 2019 г. показал, что они были различными от средних многолетних значений как по температурным условиям, так и по увлажнению. В 2019 г. среднемесячная температура воздуха мая составила +13,8 °С, что на 2,1 °С выше от нормы, осадков при этом выпало 2 мм, что ниже нормы на 46 мм. Июнь отличался теплой погодой и недостаточным увлажнением. Температура воздуха была ниже на 1 °С, сумма осадков 60 мм. Июль был прохладным и сухим. Температура воздуха ниже на 8,5 °С от средне-многолетних. Август 2019 г. характеризовался среднесуточной температурой воздуха (+10,4 °С) близкой к норме (16,0 °С) и недостаточным выпадением осадков (53 % от средних многолетних значений).

В 2020 г. среднемесячная температура воздуха мая составила +14,1 °С, что на 0,6 °С выше от нормы, осадков при этом выпало 11,5 мм, что ниже нормы на 36,5 мм. Июнь отличался теплой погодой, среднесуточная температура составила – 16,6 °С, сумма осадков составила – 47 мм. Июль был умеренно теплым. Температура воздуха – 18,3 °С. Август 2020 г. характеризовался среднесуточной температурой воздуха (+21,5 °С). Осадков выпало 1,5 мм.

Агроклиматические условия августа были не благоприятными для проведения уборочных работ, поэтому уборка затянулась.

Опыт закладывали на дерново-подзолистой среднесуглинистой среднекультуренной почве, наиболее распространенной в составе пахотных угодий Среднего Предуралья [7], в четырехкратной повторности. Содержание гумуса – низкое; подвижных форм фосфора и калия – от повышенного до высокого; обменных калия и магния – среднее; подвижной серы – среднее; обменная кислотность – от слабокислой до близкой к нейтральной. Содержание подвижных

цинка и кобальта – низкое, меди, молибдена, бора, марганца – среднее.

В опытах ячмень яровой размещали в севообороте после озимых зерновых. Основную и предпосевную обработку почв проводили в соответствии с рекомендациями адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Осенью проводили лущение стерни (БДТ-3). Весной – закрытие влаги (БЗТС-1,0), культивация (КПС-4,0), предпосевная культивация (КМН-2). Предпосевная обработка проводилась комбинированным агрегатом, включая рыхление, выравнивание и прикатывание. Минеральные удобрения вносили (НРУ-0,5) из расчета на планируемую урожайность зерна 25 ц/га.

В опытах ячмень высевали репродукционными семенами, которые соответствовали требованиям ГОСТ Р 52352-2005 на сортовые и посевные качества. Посев производили вручную, обычным рядовым способом, на глубину 3...4 см, норма высева 5 млн шт./га всхожих семян.

Главным в уходе за посевами является поддержание их в чистом от сорняков состоянии. Прополку от высокостебельных сорняков осуществляли вручную. Уборку урожая – однофазным способом при полной спелости зерна, вручную.

Результаты научных исследований. Влияние предпосевной обработки семян ячменя коллоидными растворами представлено в таблице 2. Проведенные в 2019 г. опыты показали существенную прибавку урожайности при предпосевной обработке семян ячменя растворами с отрицательным ОВП (Cu^- и Co^-) 3,1 и 13,3 г/м² соответственно, по сравнению с урожайностью в варианте с контролем. В вариантах с положительным ОВП (Cu^+ и Co^+) наблюдается достоверное снижение урожайности на 5,4 и 7,7 г/м² соответственно, при НСР₀₅ – 2,8 г/м². Исследования 2020 г. выявили аналогичные изменения показателей урожайности. Повышение было на 13,1 и 19,2 г/м² при обработке семян растворами с отрицательным ОВП (Cu^- и Co^-) и снижение урожайности на 9,0 и 49,6 г/м² – с положительным ОВП (Cu^+ и Co^+), относительно урожайности в варианте без обработки при НСР₀₅ – 9,0 г/м².

Двухлетними исследованиями установлено, что в вариантах с предпосевной обработкой семян ячменя растворами с отрицательным ОВП (Cu^- и Co^-) урожайность зерна ячменя достоверно превышала контрольный вариант без обработки на 11,1–13,2 г/м², при НСР₀₅ – 6,3 г/м². Обработка семян коллоидными растворами с положительным ОВП (Cu^+ и Co^+) негативно повлияла на культуру, в результате чего урожай-

ность зерна ячменя снизилась на 8,4–27,5 г/м² при НСР₀₅ – 6,3 г/м².

Таблица 2 – Урожайность зерна ячменя при предпосевной обработке семян коллоидными растворами с различным значением ОВП

Вариант	Урожайность	
	г/м ²	отклонение
2019 г.		
Без обработки (к)	250,0	–
Cu^-	253,1	3,1
Co^-	263,3	13,3
Cu^+	244,6	-5,4
Co^+	242,3	-7,7
НСР ₀₅	2,8	
2020 г.		
Без обработки (к)	177,1	–
Cu^-	196,3	+19,2
Co^-	190,2	+13,1
Cu^+	127,5	-49,6
Co^+	168,1	-9,0
НСР ₀₅	9,0	
Среднее за 2019–2020 г.		
Без обработки (к)	213,6	–
Cu^-	224,7	11,1
Co^-	226,8	13,2
Cu^+	186,1	-27,5
Co^+	205,2	-8,4
НСР ₀₅	6,3	

Примечание: символами Cu^- и Co^- обозначены растворы с отрицательным ОВП, Cu^+ и Co^+ – с положительным.

Вывод. Таким образом, влияние коллоидных растворов на прорастание семян сводится к следующим причинам: воздействие избыточного запаса поверхностной энергии коллоидной частицы на обрабатываемое зерно, природа металла и ОВП системы. При этом наиболее важным параметром из приведенных является, несомненно, значение окислительно-восстановительного потенциала. Повсеместное применение способа обработки семян при предпосевной подготовке коллоидными растворами определенного состава существенно упростит и удешевит этот процесс. Частицы коллоидных растворов имеют геометрически те же размеры, что и частицы нанорастворов. Поэтому величина запаса поверхностной энергии у них сопоставима, и воздействие частиц в этом плане будет идентичным.

Список литературы

1. Антипова, Т. А. Влияние предпосевной обработки семян и некорневой подкормки на продуктивность озимой тритикале Ижевская 2 / Т. А. Антипова, Т. А. Бабайцева // Воспроизводство плодородия почв и их рациональное использование: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки УР, почетного работника высшей школы РФ, профессора В. П. Ковриго. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 189–192.

2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Зимон, А. Д. Коллоидная химия наночастиц / А. Д. Зимон, А. Н. Павлов. – М.: Научный мир, 2012. – 224 с.

4. Кадырова, А. И. Применение микроудобрений в наноформе в технологии возделывания овса / А. И. Кадырова, В. Г. Колесникова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2016. – № 4 (49). – С. 3–12.

5. Колесникова, В. Г. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность овса Яков в Среднем Предуралье / В. Г. Колесникова, К. В. Захаров // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – Т. 1. – С. 25–30.

6. Мазунина, Н. И. Предпосевная обработка семян ячменя коллоидными растворами / Н. И. Мазунина, О. С. Тихонова, В. А. Руденок // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 55–58.

7. Макаров, В. И. Роль гумуса в формировании плодородия пахотных угодий Удмуртии / В. И. Макаров, А. В. Дмитриев, А. Н. Исупов // Агрехимикаты в XXI веке: теория и практика применения: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 252–255.

8. Мерзлякова, В. М. Эффективность применения металл/углеродного нанокompозита при выращивании лилии в условиях защищенного грунта / В. М. Мерзлякова, А. А. Лапин, В. И. Кодолов // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии: тезисы докладов Шестой Междунар. конф. (Ижевск, 4–6 апреля 2017 г.); под общей ред. проф. В. И. Кодолова. – Ижевск: ИЖГТУ им. М. Т. Калашникова, 2017. – С. 60–63.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, выпуск 2 зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М.: Госагропром СССР, 1989. – 196 с.

10. Руденок, В. А. Влияние предпосевной обработки семян клюквы препаратом нанокремния на их прорастание МНПК / В. А. Руденок, Т. А. Строт // Актуальные проблемы природообустройства: геоде-

зия, землеустройство, кадастр и мониторинг земель: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 150–151.

11. Фатыхов, И. Ш. Эффективность микроудобрений в наноформе в технологии возделывания овса / И. Ш. Фатыхов, А. И. Кадырова, В. Г. Колесникова, Т. Н. Рябова // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии: тезисы докладов Шестой Междунар. конф. (Ижевск, 4–6 апреля 2017 г.); под общей ред. проф. В. И. Кодолова. – Ижевск: ИЖГТУ им. М. Т. Калашникова, 2017. – С. 84–86.

12. Alcarde, J. C. Solubilidade de micronutrientes contidos em formulacoes de fertilizantes, em extratores gymimicos / J. C. Alcarde // Rev. brasil/Cienc. Solo. – 2003. – Vol. 27. – № 2. – P. 363–372.

13. Braziene, Z. Salyrliniu mieziu grudu derlius, jo rorybes rodirliai ir juos salygojantys veirsniai / Z. Braziene, V. Paplausriene // Zemes vrio morslai. – 2005. № 1. – S. 31–39.

14. Sekhon, B. S. Chelates for Micronutrient Nutrition among Crops [Электронный ресурс] / B. S. Sekhon. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02834402?error=cookies_not_supported&code=7c8a1311-5a29-4f7f-8b5e-06d3670cc5c0 (дата обращения: 20.01.2020).

Spisok literatury

1. Antipova, T. A. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan i nekornevoj podkormki na produktivnost' ozimoy tritikale Izhevskaya 2 / T. A. Antipova, T. A. Babajceva // Vosproizvodstvo plodorodiya pochv i ih racional'noe ispol'zovanie: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya doktora sel'skohozyajstvennyh nauk, zasluzhennogo deyatelya nauki UR, pochetnogo rabotnika vysshej shkoly RF, professora V. P. Kovrigo. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. – S. 189–192.

2. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) / B. A. Dospekhov. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

3. Zimon, A. D. Kolloidnaya himiya nanochastic / A. D. Zimon, A. N. Pavlov. – M.: Nauchnyj mir, 2012. – 224 s.

4. Kadyrova, A. I. Primenenie mikroudobrenij v nanoforme v tekhnologii vzdelyvaniya ovsa / A. I. Kadyrova, V. G. Kolesnikova // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2016. – № 4 (49). – S. 3–12.

5. Kolesnikova, V. G. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan i norm vyseva na urozhajnost' ovsa YAKov v Srednem Predural'e / V. G. Kolesnikova, K. V. Zaharov // Teoriya i praktika – ustojchivomu razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa: m-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2015. – T. 1. – S. 25–30.

6. Mazunina, N. I. Predposevnaya obrabotka semyan yachmenya kolloidnymi rastvorami / N. I. Mazunina,

O. S. Tihonova, V. A. Rudenok // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. – S. 55–58.

7. Makarov, V. I. Rol' gumusa v formirovanii pldorodiya pahotnyh ugodij Udmurtii / V. I. Makarov, A. V. Dmitriev A. N. Isupov // Agrohimikey v XXI veke: teoriya i praktika primeneniya: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – N. Novgorod: Nizhegorodskaya GSKHA, 2017. – S. 252–255.

8. Merzlyakova, V. M. Effektivnost' primeneniya metall/uglerodnogo nanokompozita pri vyrashchivaniililii v usloviyah zashchishchennogo grunta / V. M. Merzlyakova, A. A. Lapin, V. I. Kodolov // Ot nanostruktur, nanomaterialov i nanotekhnologij k nanoindustrii: tezisy dokladov SHestoj Mezhdunar. konf. (Izhevsk, 4–6 aprelya 2017 g.); pod obshchey red. prof. V. I. Kodolova. – Izhevsk: IzhGTU im. M. T. Kalashnikova, 2017. – S. 60–63.

9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur, vypusk 2 zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. – M.: Gosagroprom SSSR, 1989. – 196 s.

10. Rudenok, V. A. Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan klyukvy preparatom nanokremniya na ih prorastanie MNPK / V. A. Rudenok, T. A. Strot // Aktual'nye

problemy prirodoobustrojstva: geodeziya, zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel': m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. – S. 150–151.

11. Fatyhov, I. SH. Effektivnost' mikroudobrenij v nanoforme v tekhnologii vzdelyvaniya ovsa / I. SH. Fatyhov, A. I. Kadyrova, V. G. Kolesnikova, T. N. Ryabova // Ot nanostruktur, nanomaterialov i nanotekhnologij k nanoindustrii: tezisy dokladov SHestoj Mezhdunar. konf. (Izhevsk, 4–6 aprelya 2017 g.); pod obshchey red. prof. V. I. Kodolova. – Izhevsk: IzhGTU im. M. T. Kalashnikova, 2017. – S. 84–86.

12. Alcarde, J. C. Soludilidade de micronutrients contidos em formulacoes de fertilizantes, em extratores gymiocos / J. C. Alcarde // Rev. brasil/Cienc. Solo. – 2003. – Vol. 27. – № 2. – P. 363–372.

13. Braziene, Z. Salyrliniu mieziu grudu derlius, jororybes rodirliai ir juos salygojantys veirsniai / Z. Braziene, V. Paplausriene // Zemes vrio morslai. – 2005. № 1. – S. 31–39.

14. Sekhon, B. S. Chelates for Micronutrient Nutrition among Crops [Elektronnyj resurs] / B. S. Sekhon. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02834402?error=cookies_not_supported&code=7c8a1311-5a29-4f7f-8b5e-06d3670cc5c0 (data obrashcheniya: 20.01.2020).

Сведения об авторах:

Руденко Владимир Афанасьевич – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (423033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: rudenva@rambler.ru).

Мазунина Надежда Иллорьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (423033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: nadya.mazunina.67@mail.ru).

Тихонова Ольга Семеновна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (423033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: o.s.tih@mail.ru).

V. A. Rudenok, N. I. Mazunina, O. S. Tikhonova
Izhevsk State Agricultural Academy

MICRONUTRIENT STIMULATING ADDITIVES WITH CONTROLLED REDOX POTENTIAL

The application of innovative technologies when cultivating crops ensures a high yield, reduces material costs and increases the ren-service capacity of production. One such a direction is the development and application of nanoelements for crop production with optimal particle parameters for maximum absorption of macro- and microelements. These metals cannot directly interact with the plant. As an alternative, the paper proposes a nanosolutions technology to be used and based on colloidal systems. Such microelements are more accessible to plants. Therefore, influence of trace elements of oxidation-reduction potential (ORP) of colloidal solutions on barley yield was studied. Studies carried out in the field conditions on sod-podzolic medium-glutinous medium-occult soil have confirmed the assumption of the effect of the sign of particle charge in solution when soaking seeds. The aim of the study was to develop the use of nanoelements for a plant with optimal particle parameters for maximum absorption of macro- and microelements. The task is to study the influence of redox potential (ORP) of colloidal solutions of trace elements on barley yield. The two-year studies proved that in versions with pre-treatment of barley seeds with solutions of had negative ORP (Cu^- and Co^-), the yield of barley grains significantly exceeded the control version being devoid of treatment by 11,1–13,2 g/m². Treatment of seeds with colloidal solutions with positive ORP (Cu^+ and Co^+) had affected the crop negatively. As a result, the yield of barley had decreased by 8,4–27,5 g/m² with the SSD_{05} – 6,3 g/m².

Key words: colloidal solutions; redox potential; pretreatment; yield.

Authors:

Rudenok Vladimir Afanasievich – Candidate of Chemical Sciences, Department of Chemistry, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, 426033, Russian Federation, e-mail: rudenva@rambler.ru).

Mazinina Nadezhda Illorievna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Plant Cultivation, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, 426033, Russian Federation, e-mail: nadya.mazinina.67@mail.ru).

Tikhonova Olga Seminovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, 426033, Russian Federation, e-mail: o.s.tih@mail.ru).

УДК 638.132

DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_44

В. М. Юдин, А. И. Любимов, У. М. Тучкова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕДОНОСОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СРЕДНЕРУССКОЙ МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ

На пасеках применяется система содержания пчелиных семей в 12-рамочных или 16-рамочных ульях-лежаках. Для содержания в период осенне-зимнего покоя ульи размещают в специализированных зимовниках. Наибольшим запасом доступного медового ресурса обладает пасека «Калиновка», преимущество составляет 25 141,25 кг за сезон. В летний период, в радиусе лета пчел «Красного Яра» и «Калиновки», преобладающими культурами являются клевер луговой – 13 440 и 12 885 кг и люцерна посевная – 46 665 и 114 750 кг, соответственно. Зимостойкость пчелиных семей «Калиновки» на 1 улочку выше, количество расплода также превышает на 1 единицу показателя «Красного Яра». Это может объясняться расположением и наличием более защищенного участка от ветров. Чистота ульев на среднем уровне, разница между двумя пасеками составляет 0,6 балла. В целом определяет зимостойкость на среднем уровне. Количество товарного мёда между пасеками отличается на 25 кг в пользу пасеки «Калиновка», количество кормового мёда также выше на 15 кг. Товарный мёд в расчёте на одну пчелиную семью на Красноярской пасеке ниже на 25 %. Полученная разница обусловлена наличием большего разнообразия медоносных культур в период главного медосбора. Большей экономической эффективностью характеризуется пасека «Калиновка», объем производства на 1 пчелиную семью на 2,6 условных единиц выше, чем на «Красном Яре» – общая прибыль пасеки на 41 % ниже. Несмотря на это, прибыль на 1 условную медовую единицу с пасек отличается на 12 руб. Уровень рентабельности на 8,4 % выше на пасеке «Калиновка».

Ключевые слова: пчелы; пчеловодство; кормовая база; мед; медовая продуктивность.

Актуальность. Особенность кормовой базы для пчел заключается в том, что ее использование не связано с границами землепользования данного хозяйства и охватывает территорию медоносных угодий в радиусе 2 км от места нахождения пасеки [1, 9]. Установлено, что в период главного медосбора при безветренной солнечной летней погоде пчелы собирают до 70 % запасов нектара с гречихи, липы, кипрея, люцерны. Ранней весной из-за нелетной дождливой погоды пчелы обычно берут нектар не более 30 %, а осенью – 30–40 % в зависимости от погоды. Пчелиная семья в условиях республики расходует для потребления собственных нужд 93–97 кг меда, которые необходимы каждой се-

мье пчел для нормальной жизнедеятельности в течение всего года [3, 4].

Цель исследования: установить влияние медоносных культур на хозяйственно-полезные признаки пчелиных семей в условиях Удмуртской Республики.

Задачи исследования:

- изучить технологию содержания пчелиных семей;
- проанализировать доступную кормовую базу;
- провести экономическую оценку эффективности разведения пчелиных семей.

Материал и методы. Исследование проводилось в 2020 г. на стационарных пасеках ООО

«Россия» Можгинского района Удмуртской Республики. Материалом для исследований послужили данные пасечных журналов, данные бухгалтерского учета, собственные исследования. Из особенностей пчел были изучены следующие показатели: медовая продуктивность, зимостойкость, сила пчелиных семей. Анализ кормовой базы осуществлялся по следующим показателям, характеризующим разные виды медоносов: площадь производства (га), средняя медовая продуктивность (кг/га), количество меда, выделяемого растениями (кг), удельный запас меда (%), доступный медовый ресурс (кг) [2, 5, 8].

Результаты исследований: в результате исследований были определены две пасеки, расположенные в д. Калиновка и д. Красный Яр. Фактически на Калиновском пункте содержатся 132 пчелиных семьи, а на пункте Красный Яр – 129. В таблице 1 представлена характеристика содержания пчелиных семей в ООО «Россия».

Таблица 1 – Технология содержания пчёл

Показатель	Пасека «Калиновка»	Пасека «Красный Яр»
Типовая конструкция ульев	12- и 16-рамочные улья, с магазинной надставкой	16-рамочные улья, с магазинной надставкой
Тип рамки	Гнездовая, магазинная	Гнездовая, магазинная
Размер гнездовой/магазинной рамки	435×300 и 435×145	435×300 и 435×145
Зимовка пчёл	Зимовник надземный	Зимовник надземный
Обновление гнезда	апрель	апрель
Добавление воицины, шт.	5–6	6–7
Способ размножения	Искусственный, естественный	Естественный

На пасеках применяется система содержания пчелиных семей в 12-рамочных или 16-рамочных ульях-лежаках. Для содержания в период осенне-зимнего покоя ульи размещают в специализированных зимовниках. Размножение пчелиных семей на пасеках производится естественным способом, тем не менее на пасеке «Калиновка» используется ещё и искусственное разведение.

Для формирования отводков выращивают индивидуальную новую семью (из пчел и расплода одного материнского гнезда) и сборную (от нескольких семей). Назначение отводков из-

меняется в зависимости от потребности: продавца пчелиных пакетов, получение плодных пчелиных маток [7].

Особенность кормовой базы для пчел заключается в том, что ее использование не связано с границами землепользования данного хозяйства и охватывает территорию медоносных угодий в радиусе 2 км от места нахождения пасеки.

Установлено, что в период главного медосбора при безветренной солнечной летней погоде пчелы собирают до 70 % запасов нектара с гречихи, липы, кипрея, люцерны. Ранней весной из-за нелетной дождливой погоды пчелы обычно берут нектар не более 30 %, а осенью – 30–40 % в зависимости от погоды.

Пчелиная семья в условиях республики расходует для потребления собственных нужд 93–97 кг меда, которые необходимы каждой семье пчел для нормальной жизнедеятельности в течение всего года. Определив потенциальный медовый запас этих двух точек, установили, что дефицит кормов отсутствует. Пчелиные семьи ООО «Россия» в достаточном объеме обеспечены кормами во все периоды их развития при условии высева энтомофильных сельскохозяйственных культур: клевера лугового, гречихи посевной, люцерны, ярового рапса.

Резерв углеводного и белкового корма в летний период позволяет формировать дополнительные семьи и нуклеусы для содержания и вывода пчелиных маток среднерусской породы пчел.

Использование кормов у медоносных пчел четко дифференцировано: энергетические вещества поставляются сахарами меда, а пластические – белками пыльцы [6, 7].

В таблице 2 приведены данные медовых запасов в пределах продуктивного лета пчёл пасеки «Красного Яра».

Из таблицы 2 видно, что в весенний период наибольшее количество запасов осуществляется за счёт одуванчика лекарственного и земляники лесной, численность выделяемого ими мёда составляет 80 и 65 кг, соответственно. В летний период преобладающими культурами являются люцерна посевная – удельный запас мёда по всем периодам составляет 54,24 %, и клевер луговой, на его долю по продуктивному лету приходится 15,62 % удельного запаса. В осенний период больший удельный вес запаса мёда приходится на рапс яровой – 22,84 %.

Медовые запасы «Калиновской» пасеки в радиусе продуктивного лета пчёл приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Медовый запас Красного Яра в радиусе продуктивного лета пчел

Медоносные растения	Площадь производства, га	Средняя медовая продуктивность, кг/га	Количество меда, выделяемого растениями, кг	Удельный запас меда, %	Доступный медовый ресурс, кг
Весенний период					
Мать-и-мачеха обыкновенная	1,0	8	8,0	0,01	112,75
Медуница аптечная	1,0	50	50,0	0,06	
Одуванчик лекарственный	2,0	40	80,0	0,09	
Черемуха обыкновенная	0,5	10	5,0	0,01	
Рябина обыкновенная	0,5	35	17,5	0,02	
Земляника лесная	5,0	13	65,0	0,07	
Всего	–	–	225,5	0,26	
Летний период					
Клевер белый	2,0	83	166,0	0,19	30 759,00
Герань луговая	3,0	77	231,0	0,26	
Малина лесная	3,0	120	360,0	0,42	
Кипрей узколистный	2,0	67	134,0	0,15	
Липа мелколистная	1,0	522	522,0	0,62	
Клевер луговой	384,0	35	13 440,0	15,62	
Люцерна посевная	183,0	255	46 665,0	54,24	
Всего	–	–	61 518,0	71,50	
Осенний период					
Лопух паутинистый	4,0	388	1552,0	1,81	12 146,00
Бодяк полевой	30,0	103	3090,0	3,59	
Рапс яровой	262,0	75	19 650,0	22,84	
Всего	–	–	24 292,2	28,24	
Итого	–	–	86 035,5	100,00	43 017,75

Таблица 3 – Медовый запас Калиновского точка в радиусе продуктивного лета пчел

Медоносные растения	Площадь производства, га	Средняя медовая продуктивность, кг/га	Количество меда, выделяемого растениями, кг	Удельный запас меда, %	Доступный медовый ресурс, кг
Весенний период					
Ива остролистная	1,0	150	150,0	0,1	225,25
Мать-и-мачеха обыкновенная	1,0	8	8,0	0,005	
Медуница аптечная	1,0	50	50,0	0,036	
Одуванчик лекарственный	1,0	40	40,0	0,029	
Черемуха обыкновенная	0,5	10	5,0	0,003	
Рябина обыкновенная	0,5	35	17,5	0,01	
Смородина черная	1,0	25	25,0	0,01	
Калина обыкновенная	0,5	15	7,5	0,005	
Земляника лесная	0,5	13	6,5	0,005	
Сурепка обыкновенная	1,0	141	141,0	0,10	
Всего	–	–	450,5	0,33	

Медоносные растения	Площадь производства, га	Средняя медовая продуктивность, кг/га	Количество меда, выделяемого растениями, кг	Удельный запас меда, %	Доступный медовый ресурс, кг
Летний период					
Клевер белый	0,5	83	41,5	0,04	67 638,25
Гречиха	143,0	48	6864,0	5,04	
Герань луговая	0,5	77	38,5	0,03	
Малина лесная	1,0	120	120,0	0,08	
Кипрей узколистый	0,5	67	33,5	0,02	
Липа мелколистная	0,5	522	1044,0	0,76	
Люцерна посевная	450,0	255	114 750,0	84,17	
Клевер луговой	351,0	35	12 285,0	9,02	
Пустырник обыкновенный	0,5	200	100,0	0,07	
Всего	–	–	135 276,5	99,23	
Осенний период					
Лопух паутинистый	1,0	388	388,0	0,28	295,50
Бодяк полевой	1,0	103	103,0	0,07	
Валериана лекарственная	0,5	200	100,0	0,08	
Всего	–	–	591,0	0,43	
Итого	–	–	136 318,0	100,00	68 159,00

Анализируя таблицу 3, можно сказать, что в весенний период пасека накапливает мёд за счёт преобладающих культур: ива остролистная и сурепка обыкновенная, количество мёда, выделяемого растениями, составляет 150 и 141 кг, соответственно. В летний период преобладающими культурами являются люцерна посевная, её удельный запас мёда от общего запаса составляет 84,17 %, и клевер луговой, количество выделяемого мёда составляет 12 285 кг. В осенний период запасы осуществляются за счёт лопуха паутинистого, количество выделяемого мёда – 388 кг.

В целом, из данных таблиц 2 и 3, видно, что наибольшими запасами обладает пасека «Калиновка», преимущество составляет 25 141,25 кг доступного медового ресурса. В летний период преобладающими культурами являются клевер луговой, 13 440 и 12 885 кг доступно в радиусе «Красного Яра» и «Калиновки», соответственно, также люцерна посевная, запас составляет 46 665 кг – Красный Яр и 114 750 кг – Калиновка. По данным таблицам заметно, что на обеих точках пчелы значительно меньше обеспечены кормами весной. В связи с этим мед заготавливается летом на зимне-весенний период.

Зимостойкость оценивают путём сравнения данных главных ревизий. Определяют: количество погибших и потерявшихся маток семей в каждой группе; количество корма, израсходованного каждой семьёй в целом и в пересчёте на одну улочку

ку зимовавших пчёл; степень ослабления каждой семьи за зиму; оплодотворённость гнезд на момент весенней ревизии по пятибалльной шкале.

В таблице 4 приведены данные зимостойкости по пасекам хозяйства.

Таблица 4 – Зимостойкость пчелиных семей

Показатель	Пасека «Калиновка»	Пасека «Красный Яр»
Сила пчелиных семей, улочка	9	8
Количество расплода в рамках, шт.	5	4
Наличие корма в рамках, шт.	6	7
Наличие матки	+	+
Чистота гнезда, балл	2,7 ± 0,36	3,3 ± 0,43
Влажность, %	73,4 ± 3,01*	75,3 ± 2,2

Примечание: * P ≥ 0,95

Результаты оценки зимостойкости показали, что сила семей на 1 улочку выше на пасеке «Калиновка», количество расплода также на 1 единицу превышает показатели пасеки «Красный Яр». Значительный расход корма за зиму может привести к большому отходу пчел за счет переполнения кишечника экскрементами. Степень чистоты гнезда устанавливали по числу пятен

эксскрементов на сотах с использованием «градации» (отсутствие, следы, слабая опоношенность, средняя, сильная; по шкале от 5 до 1 балла). Таким образом, пчелиные семьи на пасеках показали среднюю чистоту своих гнезд с разницей в 0,6 балла в пользу «Калиновской» пасеки.

Важным фактором развития пчелиной семьи является влажность гнезда внутри улья. Благоприятная влажность воздуха считается от 75 до 85 %. По имеющимся данным видно, что влажность обеих пасек находится в пределах нормы [7].

Силу пчелиных семей в улочках и количество печатного расплода (в переводе на стандартную гнездовую рамку) определяют 3 раза за сезон: весной, во время главной весенней ревизии, перед началом главного медосбора и во время главной осенней ревизии. Под улочкой понимают количество пчёл, плотно обсиживающих сот с двух сторон (или плотно заполняющих пространство между двумя соседними сотами). При гнездовой рамке размером 435×300 мм количество пчёл в улочке по живой массе равняется около 250–300 г, а при размерах рамки 435×230 мм составляет 200–230 г. Выявление особенностей развития пчелиных семей позволяет установить их готовность к главному медосбору [3].

Медовую продуктивность пчелиной семьи определяют путём взвешивания сотов с мёдом. Из их общей массы вычитают массу пустых сотов (по 0,5 кг каждый). В таблице 5 приведена характеристика медовой продуктивности пасек ООО «Россия».

Таблица 5 – Медовая продуктивность пчёл

Показатель	Пасека «Калиновка»	Пасека «Красный Яр»
Валовый сбор меда, кг	180,0	140,0
Товарный мед, кг	140,0	115,0
Кормовой мед, кг	40,0	25,0
Товарный мёд на одну пчелиную семью, кг	18,2 ± 0,10***	13,6 ± 0,07
Количество отстроенных сот, шт.	6,0 ± 0,63	5,0 ± 0,40

Примечание: *** $P \geq 0,999$

Анализируя полученные данные, видим, что наибольшая продуктивность наблюдается на пасеке «Калиновка», валовый сбор мёда составляет 180 кг, что на 22 % меньше, чем в «Красном Яре». Различие в количестве товарного мёда между пасеками составляет 25 кг, количество

кормового мёда выше на 15 кг. Количество отстроенных сот на 1 единицу больше на пасеке «Калиновка», что объясняет разницу в показателе товарного мёда в расчёте на одну пчелиную семью на красноярской пасеке ниже на 25 %.

На основании проведённых исследований была рассчитана экономическая эффективность разведения пчелиных семей. Для расчета себестоимости продукции пчеловодства, общей продуктивности пчелиных семей и пасеки в целом, существуют переводные коэффициенты продукции пчеловодства в условный мед. Они были разработаны на стоимостной основе (сопоставлением закупочных цен на пчеловодную продукцию с закупочной ценой мёда) и используются в следующих параметрах:

- 1 кг мёда – 1 условная единица;
- 1 кг воска – 2 условные единицы;
- 1 кг пыльцы – 6,5 условных единиц;
- 1 кг прополиса – 18,5 условных единиц;
- 1 сотовая рамка (прирост) размером 435×300 мм – 0,5 условных единиц;
- 1 плодная матка – 2 условные единицы;
- 1 чистопородная матка – 2,5 условных единиц;
- 1 кг пчел для реализации в пакетах – 10 условных единиц;
- 1 кг маточного молочка – 440 условных единиц;
- прирост семей пчел – 5 условных единиц.

Экономическая эффективность разведения пчелиных семей представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Экономическая эффективность

Показатель	Пасека «Калиновка»	Пасека «Красный Яр»
Объем производства, условных медовых единиц на 1 пчелиную семью	18,2	15,6
Себестоимость 1 условной медовой единицы, руб.	187,9	200,9
Себестоимости товарного меда 1 пчелиной семьи, руб.	3419,8	2645,4
Цена реализации 1 условной медовой единицы, руб.	250	250
Прибыль (+) убыток (-) на 1 условную медовую единицу, руб.	62,1	50,1
Прибыль всего, руб.	1130,2	654,7
Уровень рентабельности, %	33,1	24,7

Сравнивая экономические показатели между пасаками, видно, что больший объем производства на 1 пчелиную семью приходится на пасеку «Калиновка» с разницей в 2,6 условных медовых единиц. Реализация продукции осуществляется по постоянной цене – 250 руб. Несмотря на это, прибыль на 1 условную медовую единицу с пасек отличается на 12 руб., лучшей является пасека «Калиновка». Общая прибыль «Красного Яра» на 41 % ниже по сравнению с «Калиновкой».

Анализ экономических показателей эффективности производства продукции пчеловодства показал, что рентабельность между пасаками отличается на 8,4 %, что связано с меньшим объемом производства продукции.

Заключение. Подытоживая вышесказанное, следует отметить, что в целом обе пасеки показывают неплохие результаты, однако, для обеспечения сохранности пчел и увеличения продуктивности пчелиных семей необходимо произвести дополнительный высеv медоносных культур в радиусе продуктивного лета пчел пасеки «Красный Яр».

Список литературы

1. Влияние препарата на основе хитозана на зимовку пчелиных семей / А. Р. Хамадиева, Н. Г. Кутлин, Б. К. Назмиев [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2012. – Т. 209. – С. 320–324.
2. Влияние пробиотиков спасипчел и пчелонормосил на продуктивные показатели пчелиных семей / А. С. Тронина, С. Л. Воробьева, Л. М. Колбина [и др.] // Пчеловодство. – 2020. – № 2. – С. 18–20.
3. Мусиенко, А. В. Паспортизация пасек и мероприятий по профилактике болезней пчел / А. В. Мусиенко, А. С. Кистерная // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2019. – № 2 (11). – С. 90–93.
4. Пушкарев, Н. Н. Биологические и продуктивные особенности карпатской и Среднерусской пород пчел / Н. Н. Пушкарев, Г. А. Япрынцева, Д. Н. Пушкарев, Р. З. Алибаев // Вестник ГАУ. – 2018. – № 4 (162). – С. 135–139.
5. Рубанова, О. А. Влияние нектаропродуктивности на посещаемость пчелами гибридов подсолнечника / О. А. Рубанова, Я. Н. Демуриh // Пчеловодство. – № 5. – С. 24–26.
6. Силаев, А. А. Выбор улья и приемы содержания пчел / А. А. Силаев // Пчеловодство. – 2007. – № 2. – С. 33–37.

7. Тронина, А. С. Пчеловодство Удмуртии в 1950–2000 годах / А. С. Тронина, С. Л. Воробьева, Л. М. Колбина // Пчеловодство. – 2019. – № 3. – С. 9–11.

8. Эпизоотическое обследование пасек в Удмуртии / Л. М. Колбина, Н. А. Санникова, С. Л. Воробьева [и др.] // Пчеловодство. – 2012. – № 7. – С. 24–25.

9. Analysis of potential and elaboration of state regulation measures to improve the efficiency of beekeeping (a case study of the Udmurt Republic) / S. L. Vorobeва, O. V. Abasheva, E. M. Kislyakova [et al.] // Revista Inclusiones. – 2020. – Т. 7. – № S2–1. – P. 88–98.

Spisok literatury

1. Vliyanie preparata na osnove hitozana na zimovku pchelinyh semej / A. R. Hamadieva, N. G. Kuttin, B. K. Nazmiev [i dr.] // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana. – 2012. – Т. 209. – S. 320–324.
2. Vliyanie probiotikov spasipchel i pchelonomosil na produktivnye pokazateli pchelinyh semej / A. S. Tronina, S. L. Vorob'eva, L. M. Kolbina [i dr.] // Pchelovodstvo. – 2020. – № 2. – S. 18–20.
3. Musienko, A. V. Pasportizaciya pasek i meropriyatiya po profilaktike boleznej pchel / A. V. Musienko, A. S. Kisternaya // Veterinarnyj zhurnal Belarusi. – 2019. – № 2 (11). – S. 90–93.
4. Pushkarev, N. N. Biologicheskie i produktivnye osobennosti karpatskoj i Srednerusskoj porod pchel / N. N. Pushkarev, G. A. YAprynceva, D. N. Pushkarev, R. Z. Alibaev // Vestnik GAU. – 2018. – № 4 (162). – S. 135–139.
5. Rubanova, O. A. Vliyanie nektaroproduktivnosti na poseshchaemost' pchelami gibridov podsolnechnika / O. A. Rubanova, YA. N. Demurin // Pchelovodstvo. – № 5. – S. 24–26.
6. Silaev, A. A. Vybor ul'ya i priemy sodержaniya pchel / A. A. Silaev // Pchelovodstvo. – 2007. – № 2. – S. 33–37.
7. Tronina, A. S. Pchelovodstvo Udmurtii v 1950–2000 godah / A. S. Tronina, S. L. Vorob'eva, L. M. Kolbina // Pchelovodstvo. – 2019. – № 3. – S. 9–11.
8. Epizooticheskoe obsledovanie pasek v Udmurtii / L. M. Kolbina, N. A. Sannikova, S. L. Vorob'eva [i dr.] // Pchelovodstvo. – 2012. – № 7. – S. 24–25.
9. Analysis of potential and elaboration of state regulation measures to improve the efficiency of beekeeping (a case study of the Udmurt Republic) / S. L. Vorobeва, O. V. Abasheva, E. M. Kislyakova [et al.] // Revista Inclusiones. – 2020. – Т. 7. – № S2–1. – P. 88–98.

Сведения об авторах:

Юдин Виталий Маратович – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: vitaliyjudin@yandex.ru).

Любимов Александр Иванович – доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: korm@izhgsha.ru).

Тучкова Ульяна Михайловна – специалист центра профориентации и развития карьеры, отдел довузовского образования, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: tuchckova.ulyana@yandex.ru).

V. M. Yudin, A. I. Lyubimov, U. M. Tuchkova

Izhevsk State Agricultural Academy

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HONEY PLANTS ON THE PRODUCTIVITY OF THE CENTRAL RUSSIAN HONEY BEE

In apiaries, a system of keeping bee colonies in 12 frame or 16 frame hives-loungers is used. To hold hives during the period of autumn and winter dormancy, they are placed in specialized winter-loungers. The Kalinovka apiary, the advantage is 25 141.25 kg per season possesses the largest stock of available honey resources. In summer, within the radius of summer period the dominant crops for the bees of "Krasniy Yar" and "Kalinovka" are meadow clover – 13 440 and 12 885 kg and alfalfa – 46 665 and 114,750 kg, respectively. Winter survival of bee colonies Kalinovka is 1 street higher, the amount of brood also exceeds the indicators of Krasniy Yar by 1 unit. This can be explained by the location and the presence of a more protected area from the winds. The purity of the hives is average, the difference between the two apiaries makes 0.6 points. Overall, it determines winter resistance at an average level. The amount of commercial honey between apiaries differs by 25 kg in favour of the Kalinovka apiary, the amount of fodder honey is also 15 kg higher. Marketable honey per colony in the Krasnoyarsk apiary is 25 % lower. The resulting difference is due to the presence of a greater variety of melliferous crops during the main honey harvest period. The apiary Kalinovka is characterized by greater economic efficiency, the volume of production per one bee colony is 2.6 conventional units higher than at Krasny Yar – the total profit of the apiary is 41 % lower. Despite this, the profit per 1 conventional honey unit from apiaries differs by 12 rubles. The profitability level is 8.4% higher at the Kalinovka apiary.

Key words: bees; beekeeping; fodder; honey; honey productivity.

Authors:

Yudin Vitaly Maratovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: vitaliyudin@yandex.ru).

Lyubimov Aleksandr Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: korm@izhgsha.ru).

Tuchkova Uliana Mikhailovna – Specialist at the Center for Career Guidance and Career Development, Department of Pre-University Education, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: tuchckova.ulyana@yandex.ru).

И. Р. Владыкин¹, М. А. Иванов¹, Е. И. Владыкина², Д. И. Владыкин¹

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ФГБОУ ВО УдГУ

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДКОРМКИ КУЛЬТУР ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

Вопрос подкормки растений в овощеводческих и цветочеводческих хозяйствах Российской Федерации на сегодняшний день очень важен. Остро стоит вопрос об осуществлении подкормок углекислым газом растений в сооружениях защищённого грунта. Невысокая концентрация углекислого газа при выращивании растений является фактором, ограничивающим урожайность. Как известно, растениям для осуществления фотосинтеза необходимо большое количество воздуха, так как содержание углекислого газа в атмосферном воздухе составляет всего лишь 0,03 %, то этого недостаточно для оптимального роста и развития растений. При недостаточном воздухообмене содержание CO_2 в теплицах в результате его интенсивного поглощения растениями может упасть ниже 0,01 % и фотосинтез практически прекращается. Изучение существующих технологий подкормки культур защищённого грунта углекислым газом, а вместе с тем повышение эффективности работы электрооборудования для подкормки растений CO_2 , а также проведение расчета снижения затрат на выращивание тепличных культур с применением установок по генерации углекислого газа является приоритетной задачей для данного исследования.

Ключевые слова: углекислый газ; подкормка растений.

Актуальность: Рост и развитие растения основан на процессе фотосинтеза. Листья растений на свету с помощью хлорофилла поглощают углекислоту (углекислый газ, CO_2) из воздуха и вместе с водой перерабатывают ее в органическое вещество, необходимые растению для роста.

В настоящее время в овощеводческих и цветочеводческих хозяйствах РФ остро стоит вопрос об осуществлении подкормок углекислым газом растений в сооружениях защищённого грунта. Низкое содержание углекислого газа в воздухе является фактором, снижающим урожайность (в частности, при малообъёмной культуре). В воздухе теплицы площадью 1 гектар обычно содержится около 20 килограммов CO_2 .

При максимальных же уровнях фотосинтетически активной радиации (далее – ФАР) в весенние и летние месяцы потребление CO_2 растениями огурца в процессе фотосинтеза может приближаться к 50...55 кг·ч/га (т.е. до 700...900 кг/га CO_2 за световой день). Недостаток углекислого газа в воздухе только отчасти покрывается за счёт притока воздуха извне, а именно через фрамуги и неплотности (повреждения, трещины, конструктивные особенности строения) конструкций сооружений защищённого грунта, а также за счёт ночного «дыхания» растений.

Анализ изученной литературы показал, что в среднем растение синтезирует из воды и углекислого газа около 94 % массы сухого вещества, остальные 6 % растение получает из минеральных удобрений. С повышением фотосинтетически активной радиации, т.е. освещённости растений, фотосинтез, а значит и рост растений, ускоряются. Одновременно с ускорением фотосинтеза увеличивается и потребление углекислоты [1, 5, 6].

Растениям для осуществления фотосинтеза необходимо большое количество воздуха, как известно, атмосферный воздух обычно содержит всего лишь 0,03 % углекислого газа, что недостаточно для оптимального роста и развития растений. При выращивании растений в теплицах низкое содержание углекислого газа является фактором, ограничивающим урожайность. При недостаточном воздухообмене содержание CO_2 в теплицах в результате его интенсивного поглощения растениями может упасть ниже 0,01 % и фотосинтез практически прекращается [1].

Но даже и при интенсивном проветривании теплицы для увеличения концентрации CO_2 содержания углекислого газа в воздухе будет недостаточно, так как для оптимального роста растений концентрация CO_2 в воздухе теплицы должна быть существенно больше, чем су-

шествующая концентрация CO_2 в атмосферном воздухе. Исходя из вышесказанного, недостаток CO_2 становится основным из факторов, ограничивающих рост и развитие растений. Дефицит CO_2 является более серьезной проблемой, чем дефицит элементов минералов.

Подкормка растений защищенного грунта углекислым газом играет очень важную роль в управлении вегетативным и генеративным балансом растения. Повышение активности фотосинтеза при помощи углекислоты стимулирует развитие растений. При ускоренном росте корневая система поглощает значительно больше питательных веществ, поэтому усиливается рост молодых корней, активизируется поглощение элементов минерального питания, повышается устойчивость растения к неблагоприятным факторам среды [7, 8].

При добавлении углекислоты в воздух и повышении в нем ее концентрации можно повысить интенсивность фотосинтеза в 1,5...2 раза. Дозируя углекислый газ, можно эффективно добиться сокращения продолжительности вегетативной фазы развития растения, что обеспечит получение раннего, самого дорогого урожая овощей. При достаточной обеспеченности элементами минерального питания эти подкормки всегда повышают общую урожайность этих культур на 10...40 %, увеличивая количество и массу плодов, и ускоряют их созревание на 5...8 дней [2].

Целью работы является изучение существующих технологий подкормки культур защищенного грунта углекислым газом, а вместе с тем повышение эффективности работы электрооборудования для подкормки растений CO_2 .

Задачи исследований:

1. Провести анализ существующих технологий.
2. Определить сырьевую базу предприятия.
3. Расчет снижения затрат на выращивание тепличных культур с применением установок по генерации углекислого газа.

Материалы и методы. Для оценки возможности модернизации электрооборудования для подкормки растений CO_2 был проведен анализ существующих технологий, рассчитан коэффициент аппроксимации, а также проведены экономические расчеты снижения затрат на выращивание тепличных культур с применением установок по генерации углекислого газа.

Анализ существующих технологий:

– Прямая газация при помощи пламенных горелок. Прямая газация осуществляется путём использования пламенных горелок на природном газе (метан, очищенный от высших угле-

водородов (пропан, бутан и т.п.), сернистых и прочих примесей), установленных в помещении теплицы и работающих в постоянном либо в регулируемом режиме горения. Подкормка производится непосредственно продуктами сгорания. На практике при этом способе воздух теплицы, одновременно с попаданием в него CO_2 , загрязняется соединениями, образующимися при сгорании топлива (из-за присутствия в нем микропримесей минеральной пыли, соединений серы и проч.), что негативно сказывается как на растениях, так и на здоровье людей. Образующийся в процессе работы в продуктах сгорания этилен значительно ускоряет старение и угнетение растений. Данная технология подкормки влияет на температурный режим (в частности, в летний период), поскольку горелки нагревают и насыщают водяными парами и токсичными газами воздух в теплице, что небезопасно для растений и людей. Выжигание горелками кислорода из воздуха теплицы создает проблемы для здоровья работающему в ней персоналу.

– Нагнетание отходящих газов из котельной. При нагнетании отходящих газов из котельной предприятия отходящие газы (дым) очищают с помощью катализаторов с использованием драгоценных материалов или водяных градирен, ее охлаждают с помощью выделения конденсата и затем очищенные и охлажденные газы подают в теплицу по пластиковым или металлическим рукавам.

– Подача привозной жидкой углекислоты. При таком способе подкормки используют привозную углекислоту в цистернах или в баллонах, из которых газ при помощи устройства подогрева и регулирования подачи подается под собственным давлением в теплицу к растениям по пластиковым или металлическим рукавам. Но при всей кажущейся простоте данная система подачи углекислого газа на самом деле сложна и требует значительных затрат. Подаваемая к растениям углекислота имеет высокую чистоту, а соответственно и высокую стоимость. Подобный высокоочищенный продукт, который подходит для подкормки тепличных растений, стоит достаточно дорого, следовательно, не редки случаи использования более дешевой углекислоты, разбавленной токсичными газами, которые вредны как для растений, так и для человека.

Объектом и предметом исследования является исследование и создание установки, способной дозировать необходимое количество CO_2 для поддержания максимально эффективного роста растений.

Для повышения эффективности работы электрооборудования для подкормки растений CO_2 нужно определить необходимое количество углекислого газа. Данное исследование необходимо для расчета характеристик электрооборудования, следовательно, определение экономической целесообразности проектируемой электроустановки.

В целях подготовки была проанализирована отечественная и зарубежная литература, и на основании полученных данных можно определить концентрацию CO_2 , необходимую для роста растения в каждый момент воздействия на листья фотосинтетически активной радиации.

Формирование плодов сельскохозяйственных культур прямо связано с ассимиляционными возможностями растений. Поглощение CO_2 возрастает линейно с увеличением ФАР до 50 кДж/м^2 (табл. 1). Насыщение фотосинтеза светом начинается при ФАР $170\text{--}350 \text{ кДж/м}^2$ [3].

Таблица 1 – Зависимость поглощения CO_2 от ФАР для огурца

CO_2 , $\text{мкмоль/м}^2\cdot\text{с}$	ФАР, кДж/м^2
0	0
5	100
10	150
15	250
18	500
19	550
20	700
20	1000
20	1000
20	2000
n...	n...

В графическом виде зависимость скорости фотосинтеза с достаточной точностью можно описать в полиномиальном виде (рис. 1).

Анализ рисунка 1 позволяет сделать вывод, что при коэффициенте аппроксимации $R^2 = 0,924$ явно прослеживается корреляционная зависимость между фотосинтетически активной радиацией и коэффициентом поглощения углекислого газа растениями.

Максимальную долю в себестоимости продукции сооружений защищенного грунта составляют затраты на поддержание требуемого уровня углекислого газа в сооружениях защищенного грунта. Это обусловлено высокими затратами на установки по генерации углекислого газа.

С целью определения экономической выгоды от внедрения установки был проведен расчет изменения урожайности и дохода от использования установки по подкормке растений.

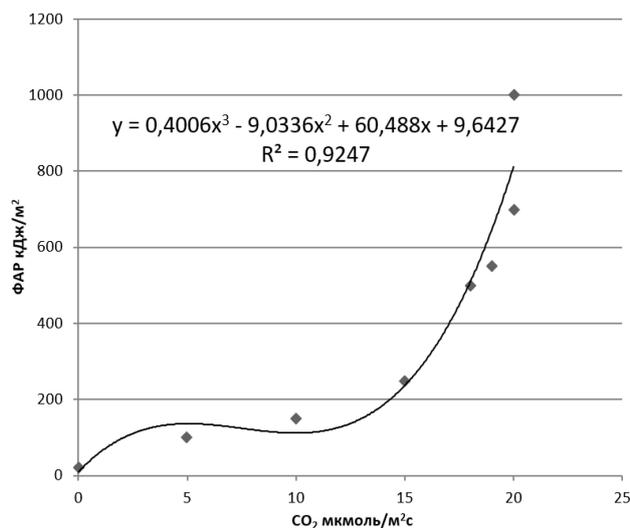


Рисунок 1 – Зависимость скорости фотосинтеза от ФАР

Расчет снижения затрат на выращивание тепличных культур с применением установок по генерации углекислого газа проводился со следующими условиями: разрабатываемая нами установка обрабатывает высаженные растения на площади 16500 м^2 [4].

Полные затраты, $ПЗ$, руб./кг, при выращивании огурца с применением установки определим по следующему выражению:

$$ПЗ = \frac{Z_0 + Z_6}{A}, \quad (1)$$

где Z_0 – затраты, связанные с установками, руб./ м^2 (для растений без генерации углекислого газа $Z_0 = 0$);

Z_6 – затраты на выращивание без обработки CO_2 , руб./ м^2 . По данным анализа хозяйственной деятельности теплицы площадью 1500 м^2 АО «ТК «Завьяловский», эта величина составляет за 2017 г. $5\,132\,828,5$ руб., т.е. ($311,08 \text{ руб./м}^2$);

A – экспериментально полученный выход продукции кг/м^2 , составивший для контрольных растений $13,427 \text{ кг/м}^2$, что составляет 92 % от растений, семена которых были подкормлены CO_2 , $14,535 \text{ кг/м}^2$.

Затраты на установки по генерации CO_2 руб./ м^2 определим по выражению:

$$Z_0 = E_n \times K + \mathcal{E}_3, \quad (2)$$

где $E_n = 0,15$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

K, \mathcal{E}_3 – соответственно капитальные и эксплуатационные затраты на установку, которые находим следующим образом:

$$K = \frac{(K_T + K_M + \Pi_{OY})}{S}, \quad (3)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий транспортные расходы, принимают 5 % от стоимости установок (Π_{OY}), руб.;

K_M – затраты на монтаж равны 10 % от Π_{OY} , руб.;

Π_{OY} – стоимость установки, руб.

Эксплуатационные затраты, \mathcal{E}_s , руб./м²:

$$\mathcal{E}_s = \frac{(C_s + C_a + \mathcal{Z}_{zn} + \mathcal{Z}_{mo})}{S}, \quad (4)$$

где C_s – затраты на электроэнергию, руб.;

C_a – амортизационные отчисления, руб.;

\mathcal{Z}_{zn} – затраты на зарплату обслуживающему персоналу установки, руб.;

\mathcal{Z}_{mo} – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, принимают 12 % от капитальных затрат, руб.

Затраты на электроэнергию, C_s , руб., определим следующим образом, руб:

$$C_s = 1,1 \times P_n \times T_{obl} \times B, \quad (5)$$

где 1,1 – коэффициент потерь мощности в установках;

P_n – мощность установки, равна 400 Вт;

T_{obl} – время работы установки за цикл выращивания составляет 176 секунд (0,05 часа);

B – стоимость электроэнергии, равна в 2017 г. 4,44 руб./кВт×час.

Амортизационные отчисления, руб.:

$$C_a = \left(\frac{\Pi_n + K_m + K_m}{T_n} + \frac{\Pi_{ПРА} + K_m + K_m}{T_{ПРА}} \right) \times T_{obl}, \quad (6)$$

где Π_n – стоимость установки, руб. (составляет 733 руб.);

$\Pi_{ПРА}$ – стоимость пускорегулирующего аппарата, 2226 руб.;

T_n – срок службы установки, час (равен 2700 часов);

$T_{ПРА}$ – срок службы пускорегулирующего аппарата, час. (составляет 131 400 час.).

Затраты на зарплату \mathcal{Z}_{zn} , руб., определяют по выражению:

$$\mathcal{Z}_{zn} = (3\Pi_{осн} + \Pi_p + \Pi_c) \times N, \quad (7)$$

где $3\Pi_{осн}$ – зарплата основных работников, руб. (по данным годового отчета за 2017 г., средняя зарплата в АО «ТК «Завьяловский» составляет 15 000 руб.);

Π_p – премиальные отчисления, равны 40 % от $3\Pi_{осн}$, руб.;

Π_c – налоговые отчисления, равны 24 % от $3\Pi_{осн}$, руб.;

$N = 1$ – количество работников.

Таким образом, полные затраты (себестоимость) для контрольных растений производственного эксперимента составят 23 руб. 17 коп. за килограмм, для растений, семенами облученных дозой 8,67 кДж/м², 21,53 руб./кг. Следовательно, применение установок по генерации углекислого газа в производственных условиях снижает их себестоимость на 7 %.

Дополнительный доход от применения установок при тех же затратах на выращивание равен 1,11 кг/м². Средняя отпускная цена в 2017 г. огурца в АО «ТК «Завьяловский» составила 55 руб./кг. Следовательно, годовой экономический эффект для типовой теплицы площадью 1500 м² составит 91 575 руб. (в ценах на 2018 г.).

Для расчета прибыли по экономической эффективности применим формулу:

$$\Pi_p = \Pi_p - C, \quad (8)$$

где Π_p – удельная стоимость произведенной продукции (рыночная цена, руб./кг);

C – удельная себестоимость продукции, руб./кг.

Учитывая, что показателем экономической эффективности в данном случае является доза углекислого газа, а также, что средняя урожайность огурца составляет 53,1 кг/м², получим удельную прибыль, равную 1777,26 руб./м².

Таким образом, в сооружении защищенного грунта площадью 1500 м² можно получить прибыль, по экономической эффективности равной 2 665 890 руб. за один цикл производства огурца (6 месяцев).

Заключение. На основании таблицы 1 можно сделать выводы, что максимум потребления углекислого газа начинается на 650–700 кДж/м² и поддерживается в течение длительного времени, вплоть до уменьшения ФАР к начальным показателям.

Как видно из графика, представленного на рисунке 1, при $R^2 = 0,924$, что зависимость между фотосинтетически активной радиацией и коэффициентом поглощения углекислого газа растениями не только имеется, но и достаточно высокая для дальнейшего изучения данной темы и повышения эффективности работы электрооборудования для дозированной подкормки растений CO₂, в частности огурца.

Как следует из вышесказанного, для повышения эффективности работы электрооборудо-

вания по подкормке растений углекислым газом нужно добиться концентрации CO_2 , равного ~ 20 мкмоль/м³ при излучении ФАР в диапазоне от 650 до 3000 кДж/м².

Список литературы

1. НТП 10-95. Нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады [текст]. – взамен ОНТП-СХ.10-85 введ. 10.08.1985 по 01.07.1996 – Москва: Главгосэкспертиза при Минстрое России, 01.07.1996. – 185 с.

2. Владыкин, И. Р. Разработка математической модели уровня углекислого газа с учетом взаимосвязанного влияния микроклиматических параметров в защищенном грунте / И. Р. Владыкин, И. С. Елесин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 3 (18). – С. 353–357.

3. Владыкин, И. Р. Исследование энергоэффективных технологий подкормки углекислым газом биологических объектов в защищенном грунте / И. Р. Владыкин, И. С. Елесин // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 2 (15). – С. 27–29.

4. Владыкин, И. Р. Вентиляционные установки взаимосвязанного управления в защищенном грунте / И. Р. Владыкин, А. В. Соковикова // Сборник научных докладов ВИМ. – 2008. – № 1. – С. 273–282.

5. Vladykin, I. The thermo vision inspection of protective structures of greenhouses / I. Vladykin, V. Loginov, O. Kochurova // Science, Technology and Higher Education: materials of the V International research and practice conference, Westwood, publishing office Accent Graphics communications – Westwood. – Canada, 2014. – P. 30–34.

6. Kondratieva, N. P. Energy-saving technologies and electric equipment applied in agriculture / N. P. Kondratieva, I. R. Vladykin, V. M. Litvinova [et al.] // Research in agricultural electric engineering. – 2016. – P. 62–68.

7. Vladykin, I. Mathematical model of temperature field in a greenhouse / I. Vladykin, V. Loginov, O. Kochurova // Yale Review of Education and Science. – 2015. – № 1 (16). – Vol. VI. – P. 157–164.

8. Vladykin, I. The investigation of energy-efficient technologies of carbon dioxide fertilization of biological objects in greenhouses / I. Vladykin, I. Elesin,

O. Kochurova // Yale Review of Education and Science. – 2015. – № 1. – Vol. 5. – P. 760–769.

Spisok literatury

1. NTP 10-95. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya teplic i teplichnyh kombinatov dlya vyrashchivaniya ovoshchej i rassady [tekst]. – vzamen ONTP-SKH.10-85 vved. 10.08.1985 po 01.07.1996 – Moskva: Glavgosekspertiza pri Ministroe Rossii, 01.07.1996. – 185 s.

2. Vladykin, I. R. Razrabotka matematicheskoy modeli urovnya uglekislogo gaza s uchetom vzaimosvyazannogo vliyaniya mikroklimaticeskikh parametrov v zashchishchennom grunte / I. R. Vladykin, I. S. Elesin // Innovacii v sel'skom hozyajstve. – 2016. – № 3 (18). – S. 353–357.

3. Vladykin, I. R. Issledovanie energoeffektivnykh tekhnologij podkormki uglekislym gazom biologicheskikh ob'ektov v zashchishchennom grunte / I. R. Vladykin, I. S. Elesin // Vestnik VIESKH. – 2014. – № 2 (15). – S. 27–29.

4. Vladykin, I. R. Ventilyacionnye ustanovki vzaimosvyazannogo upravleniya v zashchishchennom grunte / I. R. Vladykin, A. V. Sokovikova // Sbornik nauchnykh dokladov VIM. – 2008. – № 1. – S. 273–282.

5. Vladykin, I. The thermo vision inspection of protective structures of greenhouses / I. Vladykin, V. Loginov, O. Kochurova // Science, Technology and Higher Education: materials of the V International research and practice conference, Westwood, publishing office Accent Graphics communications – Westwood. – Canada, 2014. – P. 30–34.

6. Kondratieva, N. P. Energy-saving technologies and electric equipment applied in agriculture / N. P. Kondratieva, I. R. Vladykin, V. M. Litvinova [et al.] // Research in agricultural electric engineering. – 2016. – P. 62–68.

7. Vladykin, I. Mathematical model of temperature field in a greenhouse / I. Vladykin, V. Loginov, O. Kochurova // Yale Review of Education and Science. – 2015. – № 1 (16). – Vol. VI. – P. 157–164.

8. Vladykin, I. The investigation of energy-efficient technologies of carbon dioxide fertilization of biological objects in greenhouses / I. Vladykin, I. Elesin, O. Kochurova // Yale Review of Education and Science. – 2015. – № 1. – Vol. 5. – P. 760–769.

Сведения об авторах:

Владыкин Иван Ревович – доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: aep-ivan@mail.ru).

Иванов Максим Александрович – аспирант 1-го года обучения кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: mitim1995@mail.ru).

Владыкина Екатерина Ивановна – магистр 1-го года обучения (913 группа) кафедры «ОИД», Удмуртский государственный университет (426012, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1, кор. 4, e-mail: vladykina.99@list.ru).

Владыкин Дмитрий Иванович – студент 413 группы, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: dima.vladykin.04@mail.ru).

I. R. Vladykin¹, M. A. Ivanov¹, Ye. I. Vladykina², D. I. Vladykin¹

¹Izhevsk State Agricultural Academy

²Udmurt State University

ANALYSIS OF EXISTING TECHNOLOGIES FOR FERTILIZING CROPS WITH CARBON DIOXIDE AT THE PROTECTED SOILS

The issue of plant nutrition in vegetable and flower growing farms in the Russian Federation is of great importance today. There is an acute issue of fertilizing plants with carbon dioxide in protected ground structures. Low concentration of carbon dioxide when growing plants is a factor limiting the yield. As you know, plants need a large amount of air for photosynthesis, since the content of carbon dioxide in the atmospheric air is only 0.03 % which is insufficient for optimal growth and development of plants. With insufficient air exchange, the content of CO₂ in greenhouses being intensively absorbed by plants, carbon dioxide content can fall down below 0.01 % and photosynthesis practically falls to zero. The study of existing technologies for feeding crops of protected soils with carbon dioxide, and along with the increase of the efficiency of electrical equipment feeding plants with CO₂, and calculating the reduction of costs entailed by growing greenhouse crops with the use of installations for generating carbon dioxide is a priority for the study.

Key words: carbon dioxide; plant fertilizing.

Authors:

Vladykin Ivan Revovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automated Electric Drive, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: aep-ivan@mail.ru).

Ivanov Maksim Aleksandrovich – Post-graduate student, Department of Automated Electric Drive, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: mitim1995@mail.ru).

Vladykina Yekaterina Ivanovna – Master Student, Department of OI, Udmurt State University (1, Universitetskaya St., bd. 4 (Izhevsk, 426012, Russian Federation, e-mail: vladykina.99@list.ru).

Vladykin Dmitry Ivanovich – Member of the Electro Engineering Faculty, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: dima.vladykin.04@mail.ru).

УДК 621.793:666.76

DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_56

К. Г. Волков

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОФАКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В данной работе рассмотрены вопросы оптимизации технологических режимов нанесения восстановительного и упрочняющего покрытия на рабочую поверхность фаски клапана. Как известно, современное машиностроение при переходе на газомоторное топливо испытывает сложности в долговечности клапанных механизмов. Одним из решений данной проблемы является использование керамических покрытий на поверхностях рабочей части клапанов. Однако существует сложность в их нанесении, а именно сложность получения беспористого и плотного покрытия. Поэтому вопросы оптимизации режимов нанесения являются актуальными и требующими дополнительных исследований. Решение данного вопроса позволит получать качественные, долговечные защитно-восстановительные покрытия. Для оптимизации режимов нанесения и обработки данных были использованы программные продукты STATISTICA 10, КОМПАС-3D. Лабораторные исследования проводились с использованием машины трения СМТ-2070, стационарного твердомера по Виккерсу ПМТ-3 и оптического микроскопа УПОИ-6. Результаты исследований подтвердили наши ожидания, в частности, доказано, что на физико-механические свойства создаваемых покрытий определяющее влияние оказывают кинематические и энергетические режимы лазерной обработки. Полученные регрессивные модели исследуемых параметров позволили получить графическое отображение зависимости исследуемых параметров от характеристик лазерной обработки и тем самым оптимизировать параметры обработки по экстремумам поверхностей отклика.

Ключевые слова: защитно-восстановительное керамическое покрытие; планирование эксперимента; пористость покрытия.

Актуальность. Выпуск все большего количества двигателей, работающих на газовом топливе, а также возрастающая тенденция перевода бензиновых и дизельных автотранспортных средств на сжиженный природный газ, является следствием сокращения затрат на топливо различными организациями и частными лицами. Помимо экономии немаловажной ролью использования газового топлива является более экологичный выхлоп, это первостепенный фактор для крупных мегаполисов.

керамического покрытия на рабочую фаску клапана с использованием методов планирования многофакторного эксперимента.

Материалы и методы. Лабораторные исследования производились на стальных образцах в виде диска. На наружную поверхность наносился испытуемый состав методом лазерной наплавки, описанным в [6].

Испытания производились с различными значениями факторов эксперимента – режимов наплавки материала. Данные факторы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы эксперимента

Кодированное значение факторов	Название факторов, их обозначение и единицы измерения	Уровни факторов			Интервал варьирования
		-1	0	1	
X ₁	W – энергия импульса, Дж	18	30	42	12
X ₂	Vb – скорость сканирования лазерного луча, мм/с	60	80	100	20
X ₃	v – частота следования импульсов, кГц	45	60	75	15

Однако использование стандартных деталей и узлов (по утверждению производителей, до 90 % деталей двигателя унифицированы с бензиновыми или дизельными аналогами) приводит к раннему выходу их из строя. Особенно большое влияние газомоторное топливо оказывает на систему газораспределения дизельных двигателей, в том числе клапанов, так как температура сгорания дизельного топлива на 30–35 % ниже, чем метана или пропана [5]. Согласно [8], сокращение срока службы клапанов двигателей, работающих на газовом топливе, достигает 80 %. Это связано с использованием материалов покрытия рабочей фаски клапана, не способных сопротивляться возросшим значениям вредных факторов [3, 7].

Для решения данной проблемы в работах [2, 3, 4] предлагается использовать в качестве материала покрытия керамические составы. Но наряду с заметными преимуществами данного решения существуют определенные сложности в получении ровного беспористого, либо с малой пористостью слоя, в частности, возникают сложности в оптимизации режимов лазерной обработки. Решение данной проблемы является особо важным, так как повышенная пористость покрытия приводит к его разрушению за счет эрозионного износа.

Цель исследования. Исходя из вышесказанного, целью данного исследования является определение оптимальных режимов нанесения

По данным закодированным значениям составлялся план эксперимента с комбинацией факторов по уровням в программной среде STATISTICA 10.

Далее производился множественный регрессионный анализ, а также создание поверхностей отклика с использованием вышеупомянутой программы. Для каждого пункта матрицы плана эксперимента замерялись и записывались данные зависимых параметров: микротвердости покрытия, коэффициента трения и интенсивности износа.

Микротвердость покрытия определялась по методу восстановленного отпечатка, описанного в [1]. Исследования проводились стационарным твердомером по Виккерсу.

Коэффициент трения определялся по значениям момента трения, измеренным с помощью машины трения СМТ-2070. Значение коэффициента трения μ рассчитывалось по следующей формуле:

$$\mu = \frac{M_{mp}}{N \times r}, \quad (1)$$

где M_{mp} – момент трения, Н · м;

N – нормальное усилие, прилагаемое к поверхности диска, Н;

r – радиус диска, м.

Более подробно данная методика описана в [10, 11, 12].

Методика определения износа заключалась в определении изменения глубины отпечатка, нанесенного на испытуемый образец. Суть данного метода заключается в измерении длины диагоналей отпечатка, нанесенного на поверхность образца при помощи алмазного индентора стационарного твердомера, по Виккерсу, до и после испытаний на машине трения.

Длина диагоналей замерялась на оптическом микроскопе УПОИ-6. По разности длин диагоналей высчитывалась толщина слоя, подверженного износу.

Определение данной толщины производилось при помощи моделирования в САД-программе «Компас-3D».

Затем определялся объем изношенного слоя по формуле:

$$V = \pi \times (r^2 - (r - t)^2) \times S, \quad (2)$$

где V – объем унесенного слоя, м³;

r – радиус образца до испытаний, м;

t – толщина изношенного слоя, м;

S – толщина образца, м.

После проведения данных вычислений определялась масса слоя, подверженного износу:

$$m = \rho \times V, \quad (3)$$

где ρ – плотность материала покрытия.

Ввиду малых значений изменения массы полученный результат переводился в граммы. Для вычисления интенсивности износа использовалась следующая формула:

$$J = \frac{m}{L}, \quad (4)$$

где L – длина пути, пройденного диском, м.

Длина пути высчитывалась по длине графика момента трения, создаваемого стендом СМТ-2070.

Результаты исследований. В программной среде STATISTICA 10 был получен план факторного эксперимента 32.

Дробный факторный эксперимент позволяет получить коэффициенты регрессии и оптимизировать параметры исследуемого объекта. Данная матрица планирования приведена в таблице 2.

В данной таблице указаны значения зависимых параметров для каждой точки плана. Выбор данного типа плана целесообразен с точки зрения экономии времени и средств на получение экспериментальных данных.

Анализ экспериментальных данных позволил составить уравнения линейной регрессии для каждой зависимой переменной.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента

№	X_1	X_2	X_3	HV	μ	J , г/м
1	-1	-1	-1	6238	0,135	7,2
2	-1	0	1	7950	0,125	4,35
3	-1	1	0	8140	0,120	6,7
4	0	-1	1	8960	0,120	6,5
5	0	0	0	8150	0,125	6,12
6	0	1	-1	7400	0,130	5,4
7	1	-1	0	8110	0,120	6,1
8	1	0	-1	7125	0,125	6,8
9	1	1	1	9245	0,110	6,15

Уравнение регрессии для микротвердости примет вид:

$$HV = 7924,22 + 0,339X_1 + 0,232X_2 + 0,850X_3. \quad (5)$$

Для коэффициента трения:

$$\mu = 0,123 - 0,51X_1 - 0,31X_2 - 0,71X_3. \quad (6)$$

Для интенсивности изнашивания:

$$J = 6,147 + 0,136X_1 - 0,260X_2 - 0,41X_3. \quad (7)$$

Для лучшего восприятия полученных данных произведена визуализация поверхностей отклика функции. На рисунке 1 приведены поверхности отклика для микротвердости HV в зависимости от X_1 , X_2 , X_3 . На каждом графике приведена зависимость HV одновременно от двух факторов, при этом фактор, который не включен в рисунок, принят равным нулю.

На данных поверхностях видно, что точки экстремумов находятся в областях крайних значений плана. Верхние границы в зоне высоких значений факторов, а минимальное значение в зоне низких значений факторов.

На рисунке 2 приведены поверхности отклика коэффициента трения μ в зависимости от факторов X_1 , X_2 , X_3 .

Для данного случая характерно, что экстремумы функции коэффициента трения расположены при противоположных значениях изменяемых факторов.

Графики отклика для функции интенсивности изнашивания приведены на рисунке 3.

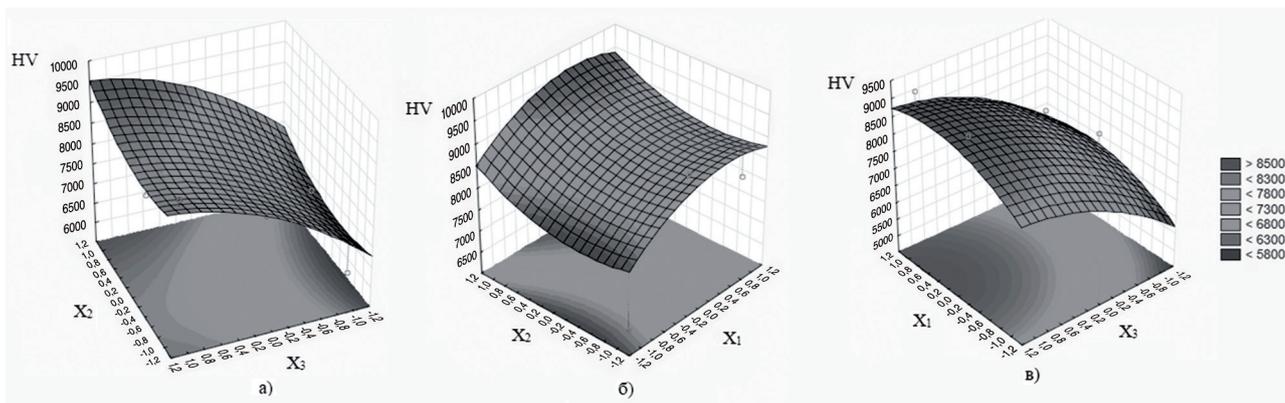


Рисунок 1 – Поверхности отклика HV в зависимости от X₁, X₂, X₃:
 а) HV в зависимости от X₂, X₃; б) HV в зависимости от X₁, X₂; в) HV в зависимости от X₁, X₃;
 HV – микротвердость; X₁ – энергия импульса, Дж; X₂ – скорость сканирования лазерного луча, мм/с; X₃ – частота следования импульсов, кГц

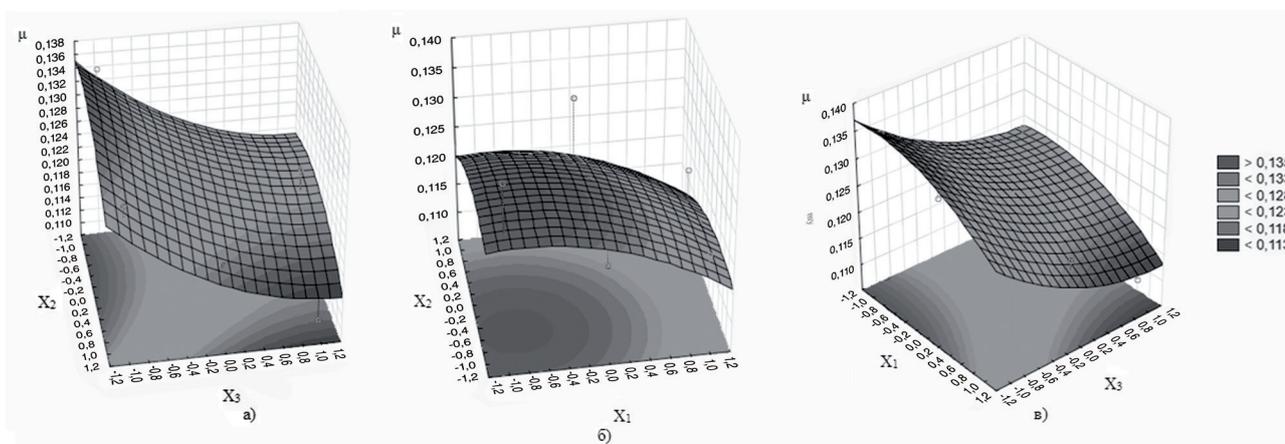


Рисунок 2 – Поверхности отклика μ в зависимости от X₁, X₂, X₃:
 а) μ в зависимости от X₂, X₃; б) μ в зависимости от X₁, X₂; в) μ в зависимости от X₁, X₃;
 μ – коэффициент трения; X₁ – энергия импульса, Дж; X₂ – скорость сканирования лазерного луча, мм/с; X₃ – частота следования импульсов, кГц

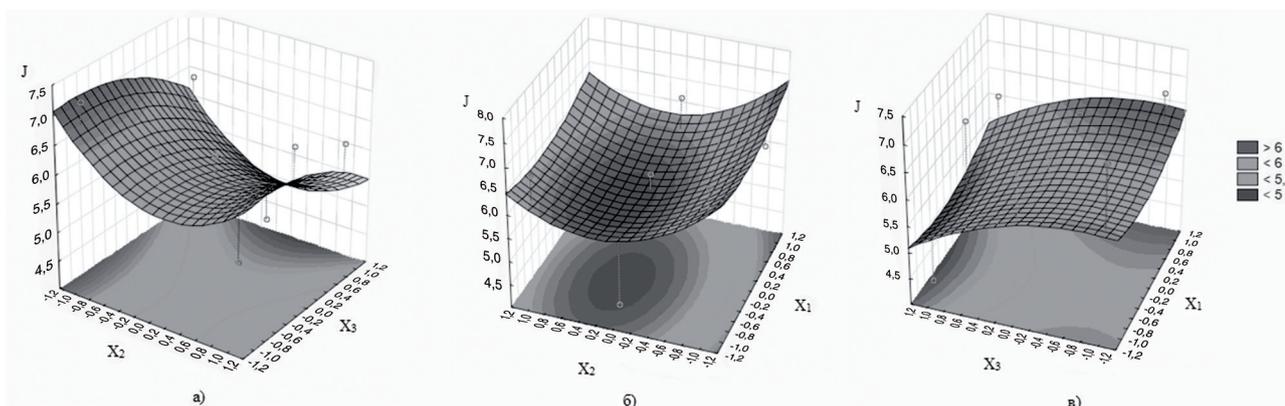


Рисунок 3 – Поверхности отклика J в зависимости от X₁, X₂, X₃:
 а) J в зависимости от X₂, X₃; б) J в зависимости от X₁, X₂; в) J в зависимости от X₁, X₃;
 J – интенсивность изнашивания, г/м; X₁ – энергия импульса, Дж;
 X₂ – скорость сканирования лазерного луча, мм/с; X₃ – частота следования импульсов, кГц

Интенсивность изнашивания имеет различный характер изменения для каждой пары факторов. Так, на рисунке 3а видно, что максимальное значение функции достигается при отрицательных значениях фактора X₂ и X₃, а ми-

нимум функции наблюдается при средних значениях X₂ и максимальных значениях X₃. Для рисунка 3б значение интенсивности изнашивания принимает минимальное значение при среднем X₂ и минимальном X₁, а максимум функции

существует при низком уровне X_2 и высоком уровне X_1 . Для третьего случая (рис. 3в) характерно, что при минимальном X_1 и максимальном X_3 наблюдается минимум функции, а при максимальном X_1 и минимальном X_3 наоборот – максимум.

Вывод. Проведенные исследования позволили составить план эксперимента, который позволил сократить число проведенных исследований. По полученным экспериментальным данным проведен регрессионный анализ и получены уравнения регрессии зависимых переменных. Для лучшего визуального отображения результатов составлены поверхности отклика функций в зависимости от факторов. Для каждого зависимого параметра экстремумы наблюдаются в различных факторных областях. Исходя из этого, можно сделать вывод, что центральное значение факторов будет компромиссным решением для данной задачи и позволит сохранить баланс между различными параметрами.

Список литературы

1. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников : введ. впервые : дата введения 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 35 с.

2. Ипатов, А. Г. Анализ трибологических параметров защитно-восстановительных покрытий рабочей фаски клапанов автотракторных двигателей / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России, Ижевск, 24–26 февраля 2021 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 28–32.

3. Ипатов, А. Г. К обоснованию материала защитно-восстановительного покрытия рабочей поверхности тарелки клапана / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2021. – № 1 (65). – С. 44–50.

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

5. Колодочкин, М. В. Попутный газ / М. В. Колодочкин, А. Ю. Шабанов // За рулем: электронный журнал. – URL: https://www.zr.ru/content/articles/165777-porputnyj_gaz/ (дата публикации: 01 октября 2008).

6. Патент № 2443506 С2 Российская Федерация, МПК В22F 3/105. Способ изготовления покрытия на изделии методом послойного лазерного синтеза : № 2010113121/02 : заявл. 05.04.2010 : опубл.

27.02.2012 / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, П. К. Галенко [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет» (УдГУ).

7. Переплетчиков, Е. Ф. Применение порошков кобальтовых и никелевых сплавов для плазменной наплавки выпускных клапанов двигателей внутреннего сгорания / Е. Ф. Переплетчиков // Автоматическая сварка. – 2012. – № 7 (711). – С. 7–12.

8. Попов, Д. А. О целесообразности применения аустенитного марганцовистого чугуна для седел клапанов ДВС, работающих на газомоторном топливе / Д. А. Попов, И. Е. Поляков, А. И. Третьяков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 10–18.

9. 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.

10. Ипатов, А. Г. Механические и трибологические свойства защитно-восстановительных покрытий рабочей фаски клапанов двигателей внутреннего сгорания / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков, Е. В. Харанжевский // Технический сервис машин. – 2021. – № 2 (143). – С. 135–143.

11. Ipatov, A. G. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / A. G. Ipatov, G. Ya. Osttaev, S. N. Shmykov [et al.] // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 921–928.

12. Ipatov A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Т. 40. – № 6. – С. 588–592.

Spisok literatury

1. GOST 9450-76. Izmerenie mikrotverdosti vдавливаниemalmaznyh nakonechnikov : vved. v pervye : data vvedeniya 1977-01-01. – М. : Izd-vo standartov, 1978. – 35 s.

2. Ipatov, A. G. Analiz tribologicheskikh parametrov zashchitno-vosstanovitel'nyh pokrytij rabochej faski klapanov avtotraktornyh dvigatelej / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: m-ly Mezh-dunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii, Izhevsk, 24–26 fevralya 2021 goda. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. – S. 28–32.

3. Ipatov, A. G. K obosnovaniyu materiala zashchitno-vosstanovitel'nogo pokrytiya rabochej poverhnosti tarelki klapanov / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 44–50.

4. Ipatov, A. G. Sravnitel'nye tribologicheskie svojstva sverhtverdyh antifrikcionnyh pokrytij na osnove kar-

bida bora / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchenoj godu nauki i tekhnologii v Rossii, Izhevsk, 24–26 fevralya 2021 goda. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. – S. 32–35.

5. Kolodochkin, M. V. Poputnyj gaz / M. V. Kolodochkin, A. YU. SHabanov // Za rulem: elektronnyj zhurnal. – URL: https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj_gaz/ (data publikacii: 01.10.2008).

6. Patent № 2443506 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK B22F 3/105. Sposob izgotovleniya pokrytiya na izdelii metodom poslojnogo lazernogo sinteza : № 2010113121/02 : zayavl. 05.04.2010 : opubl. 27.02.2012 / E. V. Haranzhevskij, A. G. Ipatov, P. K. Galenko [i dr.] ; zayavitel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Udmurtskij gosudarstvennyj universitet» (UdGU).

7. Perepletchikov, E. F. Primenenie poroshkov kopal'tovyh i nikelevyh splavov dlya plazmennoj naplavki vypusknih klapanov dvigatelej vnutrennego sgoraniya / E. F. Perepletchikov // Avtomaticheskaya svarka. – 2012. – № 7 (711). – S. 7–12.

8. Popov, D. A. O celesoobraznosti primeneniya austenitnogo margancovistogo chuguna dlya sedel klapanov DVS,

rabotayushchih na gazomotornom toplive / D. A. Popov, I. E. Polyakov, A. I. Tret'yakov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 2. – S. 10–18.

9. Tribologicheskie pokazateli uprochnyayushchih i vosstanovitel'nyh keramicheskikh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. SHmykov, K. G. Volkov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2021. – № 7. – S. 12–19.

10. Ipatov, A. G. Mekhanicheskie i tribologicheskie svojstva zashchitno-vosstanovitel'nyh pokrytij rabochej faski klapanov dvigatelej vnutrennego sgoraniya / A. G. Ipatov, K. G. Volkov, E. V. Haranzhevskij // Tekhnicheskij servis mashin. – 2021. – № 2 (143). – S. 135–143.

11. Ipatov, A. G. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / A. G. Ipatov, G. Ya. Ostaev, S. N. Shmykov [et al.] // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – T. 9. – № 2. – S. 921–928.

12. Ipatov A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – T. 40. – № 6. – S. 588–592.

Сведения об авторе:

Волков Кирилл Георгиевич – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: wolkow-kirill@mail.ru).

K. G. Volkov

Izhevsk State Agricultural Academy

OPTIMIZATION OF THE MODES OF FORMATION OF PROTECTIVE AND RESTORATIVE CERAMIC COATINGS BASED ON MULTIFACTORIAL PLANNING OF THE EXPERIMENT

This paper is devoted to the issues of optimization of technological modes of the restorative and hardening coating on the working surface of the valve chamfer. It is known that modern mashinebuilding, when turning to gas engine fuel, runs through the difficulties over durability of the valve mechanisms. One of the solutions to the problem is ceramic coating on the surfaces of the working part of the valves. However, there is some difficulty in the application, namely the difficulty of obtaining non-porous and dense coating. Therefore, the issues of optimization of the application modes are relevant and require additional researches. The problem having been solved it is possible to obtain high-quality and durable protective and restorative coatings. To optimize the modes of application and data processing the software products STATISTICA 10, KOMPAS-3D were used. Laboratory studies also were carried out using a friction machine SMT-2070, a stationary Vickers hardness tester PMT-3 and an UPOI-6 optical microscope. The research results have proved our expectations. In particular, it has been proved that the kinematic and energy modes of laser treatment have a decisive influence on physical and mechanical properties of the coatings created. Obtained regressive models of the investigated parameters made it possible to obtain a graphic reflection of the dependence of the investigated parameters on the characteristics of laser processing and thereby optimize the processing parameters through the extrema of the response surfaces.

Key words: *protective and restorative ceramic coating; planning of the experiment; porosity of the coating.*

Author:

Volkov Kirill Georgievich – Postgraduate at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: wolkow-kirill@mail.ru).

К. В. Мартынов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С СОВМЕЩЁННОЙ ОБМОТКОЙ

Одним из способов совершенствования энергетических характеристик асинхронных двигателей является применение вместо его стандартной обмотки статора совмещённую. Это приводит к снижению относительного содержания высших пространственных гармоник в кривой распределения магнитодвижущей силы, создаваемой током статора. Кроме того, активное сопротивление такой обмотки при некоторых габаритах двигателя может быть ниже, чем у стандартной. Всё это может сказаться не только на улучшении энергетических характеристик двигателя, но и на изменении его пусковых характеристик. В работе определялись зависимости тока, активной мощности и момента от подводимого напряжения к двигателю с заторможенным ротором. Испытания проводились на двух перемотанных двигателях АИР71В4 с номинальной мощностью 0,75 кВт, при этом в одном из них была уложена стандартная обмотка, в другом – совмещённая. При каждом заданном значении напряжения замеры показаний приборов фиксировались несколько раз. Обработка результатов проводилась в программе Excel. Испытания показали, что при номинальном напряжении сети экспериментальный двигатель с совмещённой обмоткой во время пуска имеет большие значения пускового тока на 3,38 %, потребляемой активной мощности на 5,84 % и развиваемого пускового момента на 14,11 %, чем аналогичный ему двигатель со стандартной обмоткой.

Ключевые слова: асинхронный двигатель; совмещённая обмотка; высшие гармоники; пусковые характеристики.

Актуальность. В качестве привода сельскохозяйственных установок преимущественное применение получили трёхфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Сельскохозяйственное производство характеризуется тяжёлыми условиями эксплуатации, что приводит к повышению вероятности отказа таких двигателей. Так, ежегодный выход электродвигателей из строя составляет 25–30 % от имеющегося парка [10]. Наиболее распространённой причиной отказа является повреждение обмотки статора, что составляет 90–95 % от всех случаев [3, 10]. При этом асинхронный двигатель выводится в капитальный ремонт с заменой обмотки, после которого его энергетические характеристики могут снижаться, а потребление электрической энергии установок с приводом от таких двигателей возрастает, что оказывает влияние на себестоимость продукции. Поэтому целесообразно при ремонте электродвигателя применять способы и методы, повышающие их энергетические характеристики.

При этом применяемые мероприятия должны быть по возможности простыми, недорогими и доступными в условиях осуществления ремонта на предприятиях сельского хозяйства. Одним из таких возможных направлений повышения КПД и коэффициента мощности двигателя является использование в нём совмещённой 12-зонной обмотки статора вместо стандартной. Такую обмотку можно представить в виде двух

трёхфазных обмоток, фазы одной из которых соединены по схеме «звезда», другой – по схеме «треугольник». Между собой они подключаются параллельно либо последовательно (рис. 1).

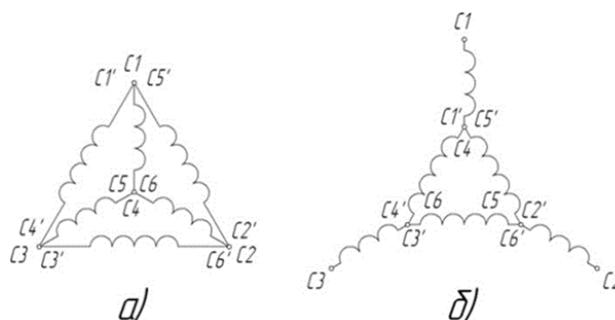


Рисунок 1 – Схемы соединения частей совмещённых обмоток:

- а) параллельное соединение;
б) последовательное соединение

Совмещённая обмотка имеет исследовательский интерес не только в России, но и за рубежом [11–15]. В предыдущих работах были обоснованы некоторые преимущества совмещённых обмоток, такие, как снижение относительного содержания высших пространственных гармоник [4–6, 8] и эквивалентного активного сопротивления [7]. Однако данные отличия совмещённых обмоток могут повлиять не только на энергетические характеристики, но также и на пусковые. Так, известно, что высшие гармоники оказывают большое влияние на пусковой момент двигателя [1].

Целью исследования является определение пусковых характеристик асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой.

Материалы и методы исследования. Для проведения исследования были выбраны два асинхронных двигателя АИР71В4У2 с номинальной мощностью 0,75 кВт. Опытные двигатели были перемотаны на Удмуртском электроремонтном заводе. В первый двигатель была уложена стандартная 6-зонная обмотка с сохранением изначальных обмоточных данных, во втором двигателе стандартная 12-зонная обмотка, обмоточные данные (табл. 1) для которой были получены с помощью программы [9].

В опыте к двигателям от индукционного регулятора подводилось пониженное напряжение (во избежание больших токов), а ротор был заторможен с помощью груза, подвешенного на балке (рис. 3).

По массе груза и длине плеча определялся момент, действующий на ротор двигателя. Данные испытания проводились при значениях подводимых фазных напряжений: 30, 40, 50, 60 и 70 В.

Согласно ГОСТ 11828-86, все электрические измерения рекомендуется проводить электроизмерительными приборами класса точности не хуже 0,5 [2].

Таблица 1 – Обмоточные данные асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой

Данные	Фазы «звезды» Y	Фазы «треугольника» Δ
Число витков фазы w	384	664
Число пазов, приходящихся на полюс и фазу q	1	1
Число эффективных проводников в пазу u_n	192	332
Диаметр проводника без изоляции d , мм	0,4	0,315
Число параллельных проводов в витке $n_{эл}$	1	1
Число параллельных ветвей a	1	1
Шаг обмотки y	6	6
Обмоточный коэффициент $k_{об}$	1	1

На рисунке 2 изображена схема совмещённой 12-зонной обмотки и таблица распределения её фазных зон.

В момент пуска двигателя ротор находится в заторможенном состоянии, что соответствует режиму короткого замыкания. Поэтому в работе для определения пусковых характеристик был проведён опыт короткого замыкания, в ходе которого замерялись значения тока, мощности и момента.

В данном исследовании значения тока короткого замыкания, потребляемой активной мощности и величины питающего напряжения определялись по фазам с помощью комплекта измерительного К505.

В состав комплекта входят: амперметр и вольтметр электромагнитной системы, а также ваттметр ферродинамической системы, которые соответствуют классу точности 0,5.

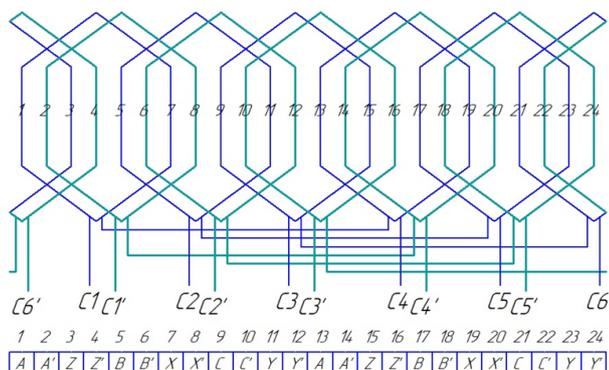


Рисунок 2 – Схема однослойной совмещённой 12-зонной обмотки экспериментального двигателя

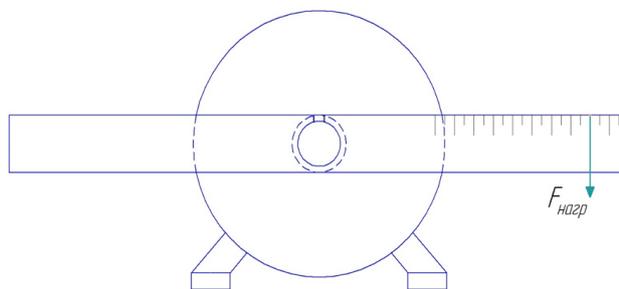


Рисунок 3 – Устройство для определения пускового момента

Электрическая схема лабораторной установки приведена на рисунке 4.

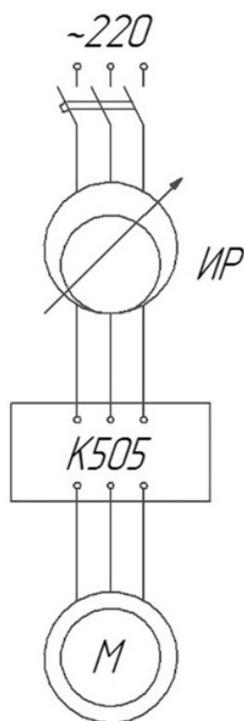


Рисунок 4 – Электрическая схема экспериментальной установки

Каждая замеряемая точка в опыте повторялась пять раз, при этом фиксировались показания приборов при заранее заданных значениях напряжения. За показание токов принималось среднее арифметическое значение от всех замеров:

$$I = \frac{\sum_{k=1}^5 I_k}{5},$$

где I_k – среднее арифметическое значение силы тока в k -ом замере, А.

В свою очередь, значение каждого замера определялось, как среднее арифметическое трёх фаз:

$$I_k = \frac{I_{Ak} + I_{Bk} + I_{Ck}}{3},$$

где I_{Ak}, I_{Bk}, I_{Ck} – значения силы тока в фазе А, В и С при k -ом замере, А.

Суммарная потребляемая активная мощность определялась так же, как и в случае с током, как среднее арифметическое от трёх замеров:

$$P = \frac{\sum_{k=1}^5 P_k}{5},$$

где P_k – суммарная потребляемая активная мощность k -ом замере, Вт:

$$P_k = P_{Ak} + P_{Bk} + P_{Ck}.$$

Замеренные показания записывались в таблицу, а затем переносились в Excel, где и проводилась их обработка и определялась процентная разница отклонений показаний двигателя с совмещённой обмоткой по сравнению с показаниями двигателя со стандартной:

$$\Delta X = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100 \%,$$

где ΔX – процентная разница изменения значения тока I_k , мощности P_k или момента M_n при применении совмещённой обмотки вместо стандартной;

X_1, X_2 – значение I (А), P (Вт) или M (Н·м) двигателей со стандартной и совмещённой обмоткой соответственно.

Результаты исследования. В таблице 2 приведены среднеарифметические значения линейного тока (ток короткого замыкания), фазного напряжения, суммарной потребляемой активной мощности (мощность короткого замыкания) и пускового момента, полученные в ходе исследования для двигателей со стандартной и совмещённой обмотками.

Данные опыта, представленные в виде зависимостей от напряжения, изображены на рисунках 5, 6 и 7.

Таблица 2 – Результаты измерения в опыте короткого замыкания

Питающее фазное напряжение $U, В$	Стандартная обмотка			Совмещённая обмотка		
	Ток короткого замыкания $I_k, А$	Мощность короткого замыкания $P_k, Вт$	Пусковой момент $M_n, Н·м$	Ток короткого замыкания $I_k, А$	Мощность короткого замыкания $P_k, Вт$	Пусковой момент $M_n, Н·м$
30	1,01	60,0	0,196	1,04	61,3	0,208
40	1,34	105,0	0,294	1,38	107,5	0,310
50	1,68	170,0	0,478	1,73	176,3	0,515
60	2,01	255,0	0,698	2,08	263,8	0,751
70	2,35	350,0	0,980	2,43	362,5	1,078

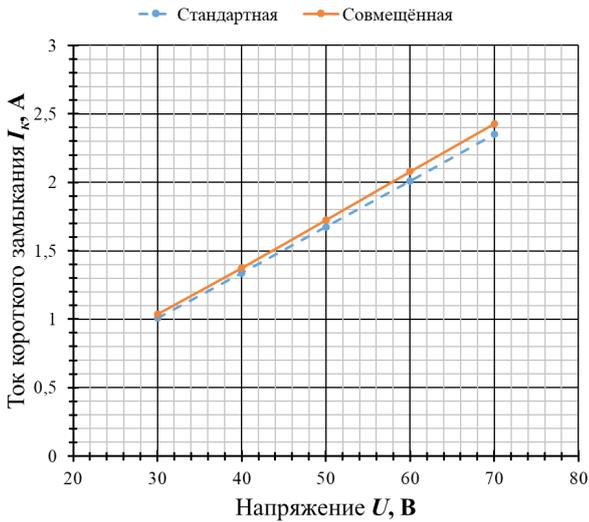


Рисунок 5 – Зависимость тока короткого замыкания от напряжения

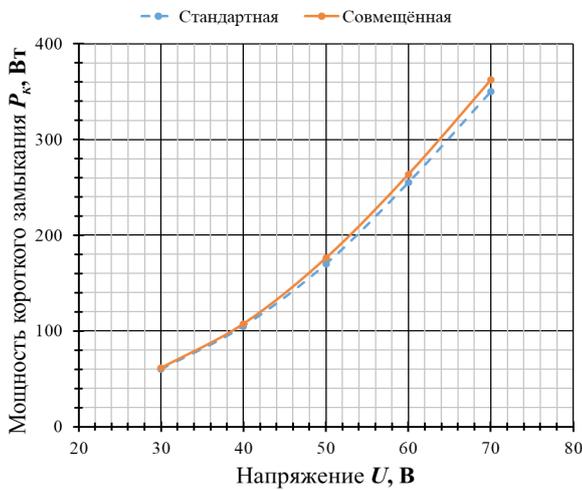


Рисунок 6 – Зависимость мощности короткого замыкания от напряжения

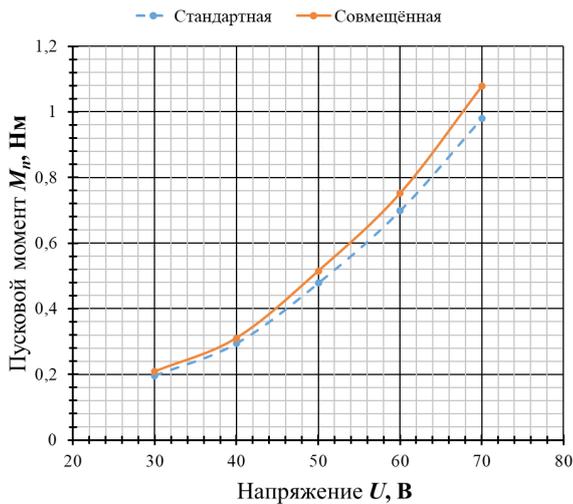


Рисунок 7 – Зависимость пускового момента от напряжения

Из рисунков 5–7 и таблицы 2 видно, что в режиме короткого замыкания значение потребляемого тока и активной мощности больше

для асинхронного двигателя с совмещенной обмоткой, однако при этом пусковой момент такого двигателя также больше, чем у стандартного.

На рисунках сплошной линией обозначен двигатель с совмещенной обмоткой; пунктирной линией – со стандартной.

Для ориентировочного определения значений токов короткого замыкания (пусковых токов), мощности короткого замыкания и пускового момента при номинальном напряжении была проведена аппроксимация в программе Excel зависимостей, изображенных на рисунках 5–7, и построена линия тренда до напряжения 220 В. При этом, пренебрегая насыщением, считаем, что зависимость тока от напряжения линейная, а мощности и момента степенная (квадратичная). Полученные графики изображены на рисунках 8–10.

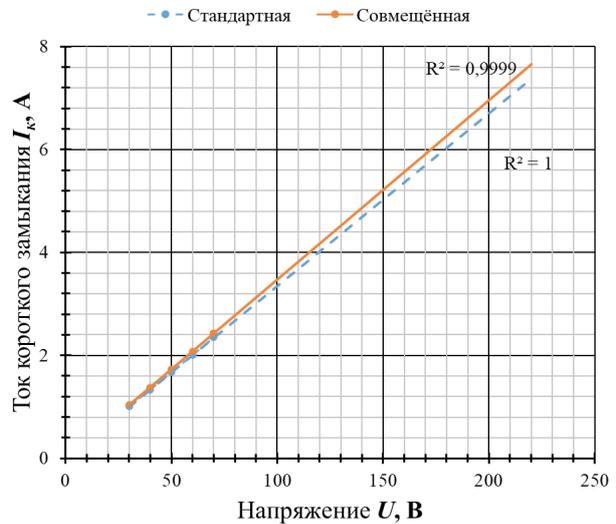


Рисунок 8 – Аппроксимированная зависимость тока короткого замыкания от напряжения

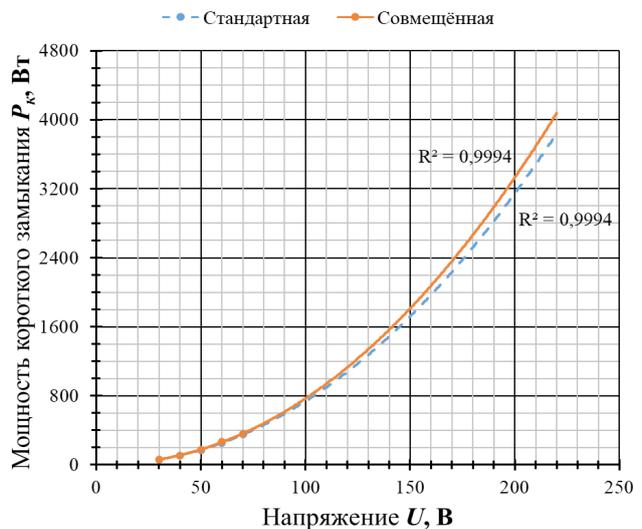


Рисунок 9 – Аппроксимированная зависимость мощности короткого замыкания от напряжения

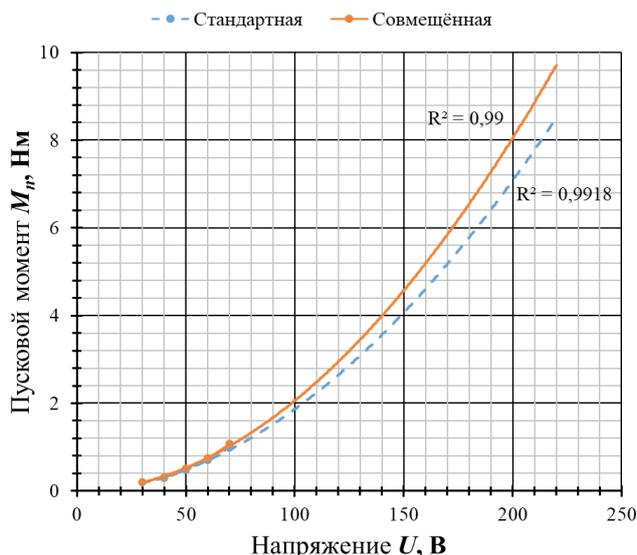


Рисунок 10 – Аппроксимированная зависимость пускового момента от напряжения

Процентные разницы изменения тока, мощности и пускового момента, полученные в опыте короткого замыкания, приведены в таблице 4, при этом для удобства восприятия она представлена без учёта знака.

Таблица 4 – Разница значений тока короткого замыкания, мощности короткого замыкания и пускового момента двигателей

Напряжение U , В	30	40	50	60	70	220
Увеличение тока короткого замыкания ΔI_k , %	2,89	2,80	2,99	3,53	3,37	3,38
Увеличение мощности короткого замыкания ΔP_k , %	2,09	2,39	3,68	3,43	3,58	5,84
Увеличение пускового момента ΔM_n , %	6,25	5,56	7,69	7,60	10,0	14,11

Выводы. По результатам исследования можно заключить, что опытный асинхронный двигатель с совмещенной обмоткой при номинальном напряжении имеет большие значения пускового тока на 3,38 %, потребляемой активной мощности на 5,84 % и развиваемого пускового момента – на 14,11 %. Увеличение тока и мощности во время пуска двигателя можно связать в первую очередь с уменьшением активного сопротивления обмотки. Увеличение же пускового момента, по всей видимости, вызвано двумя факторами: уменьшением ВПГ и активного сопротивления статора.

Список литературы

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб. : Питер, 2010. – 350 с.
2. ГОСТ 11828-86. Машины электрически вращающиеся. Общие методы испытаний. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 32 с.
3. Ермолаев, С. А. Эксплуатация энергооборудования в сельском хозяйстве : учебник / С. А. Ермолаев, Е. П. Масюткин, В. Ф. Яковлев; по ред. С. А. Ермолаева. – Киев: Инкос, 2005. – 670 с.
4. Мартынов, К. В. Совершенствование конструкции обмотки статора асинхронного двигателя / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 1 (26). – С. 5–12.
5. Мартынов, К. В. Гармонический анализ магнитодвижущей силы асинхронного двигателя с совмещенной обмоткой / К. В. Мартынов, В. А. Носков // Развитие энергосистем АПК: перспективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии. – Троицк: Южно-Уральский ГАУ. – 2018. – С. 94–101.
6. Мартынов, К. В. Гармонический анализ магнитодвижущей силы асинхронного двигателя с распределенной совмещенной обмоткой / К. В. Мартынов, В. А. Носков // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 151–156.
7. Мартынов, К. В. Перспективы применения совмещенной обмотки для снижения электрических потерь в статоре / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, Д. А. Васильев // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 1 (39). – С. 18.
8. Носков, В. А. Повышение эффективности обмоток машин переменного тока / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, К. В. Мартынов // Электротехника. – 2018. – № 1. – С. 39–43.
9. Свидетельство 2020663515. Программа перерасчёта обмотки статора машины переменного тока со стандартной 6-зонной на совмещенную 12-зонную : программа для ЭВМ / К. В. Мартынов, В. А. Носков, И. А. Благодатских (RU) ; правообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – № 2020662822; заявл. 22.10.2020; опубл. 28.10.2020, Бюл. № 11.
10. Хорольский, В. Я. Эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных предприятий: учебное пособие // В. Я. Хорольский. – Ставрополь, 1996. – 58 с.
11. A Combined Wye-Delta Connection to Increase the Performance of Axial-Flux PM Machines With Concentrated Windings / H. Vansompel, P. Sergeant, L. Dupre, A. Van den Bossche // IEEE Trans. Energy Convers. – 2012. – № 2 – P. 403–410.
12. Chen, J. Y. Investigation of a new AC electrical machine winding / J. Y. Chen, C. Z. Chen // IEE Pro-

ceedings – Electric Power Applications. – 1998. – № 2 – P. 125–132.

13. Cistelecan, M. V. Adjustable Flux Three-Phase AC Machines With Combined Multiple-Step Star-Delta Winding Connections / M. V. Cistelecan, F. J. T. E. Ferreira, M. Popescu // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2010. – № 2 – P. 348–355.

14. Gwozdziwicz, M. Application of star-delta mixed stator winding in synchronous machine, with permanent magnets on the rotor surface / M. Gwozdziwicz, S. Gawron // Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych – 2011. – № 65. – P. 55–63.

15. Kasten, H. Wirkungsgradsteigerung von Asynchronmaschinen durch den Einsatz einer Wicklung mit Stern-Dreieck-Mischschaltung / H. Kasten // Jahresbericht – 2010 – P. 76–82.

Spisok literatury

1. Vol'dek, A. I. Elektricheskie mashiny. Mashiny peremennogo toka : uchebnik dlya vuzov / A. I. Vol'dek, V. V. Popov. – SPb. : Piter, 2010. – 350 s.

2. GOST 11828-86. Mashiny elektricheski vrashchayushchiesya. Obshchie metody ispytaniy. – M. : IPK Izdatel'stvo standartov, 2003. – 32 s.

3. Ermolaev, S. A. Eksploatatsiya energooborudovaniya v sel'skom hozyajstve : uchebnik / S. A. Ermolaev, E. P. Masyutkin, V. F. YAKovlev; po red. S. A. Ermolaeva. – Kiev: Inkos, 2005. – 670 s.

4. Martynov, K. V. Sovershenstvovanie konstrukcii obmotki statora asinhronnogo dvigatelya / K. V. Martynov, V. A. Noskov, L. A. Panteleeva // Vestnik VIESKH. – 2017. – № 1 (26). – S. 5–12.

5. Martynov, K. V. Garmonicheskij analiz magnitodvizhushchej sily asinhronnogo dvigatelya s sovmeshchyonnoj obmotkoj / K. V. Martynov, V. A. Noskov // Razvitiye energosistem APK: perspektivnye tekhnologii: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Instituta agroinzhenierii. – Troick: YUzhno-Ural'skij GAU. – 2018. – S. 94–101.

6. Martynov, K. V. Garmonicheskij analiz magnitodvizhushchej sily asinhronnogo dvigatelya s raspredel'yonnoj sovmeshchyonnoj obmotkoj / K. V. Martynov, V. A. Noskov // Innovacionnye tekhnologii dlya realizacii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo

hozyajstva: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. – S. 151–156.

7. Martynov, K. V. Perspektivy primeneniya sovmeshchyonnoj obmotki dlya snizheniya elektricheskikh poter' v statore / K. V. Martynov, V. A. Noskov, L. A. Panteleeva, D. A. Vasil'ev // AgroEkoInfo. – 2020. – № 1 (39). – S. 18.

8. Noskov, V. A. Povyshenie effektivnosti obmotok mashin peremennogo toka / V. A. Noskov, L. A. Panteleeva, K. V. Martynov // Elektrotehnika. – 2018. – № 1. – S. 39–43.

9. Svidetel'stvo 2020663515. Programma pererashchyota obmotki statora mashiny peremennogo toka so standartnoj 6-zonnoj na sovmeshchyonnuyu 12-zonnuyu : programma dlya EVM / K. V. Martynov, V. A. Noskov, I. A. Blagodatskih (RU) ; pravoobladatel' FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – № 2020662822; zayavl. 22.10.2020; opubl. 28.10.2020, Byul. № 11.

10. Horol'skij, V. YA. Eksploatatsiya elektrooborudovaniya sel'skohozyajstvennykh predpriyatij: uchebnoe posobie // V. YA. Horol'skij. – Stavropol', 1996. – 58 s.

11. A Combined Wye-Delta Connection to Increase the Performance of Axial-Flux PM Machines With Concentrated Windings / H. Vansompel, P. Sergeant, L. Dupre, A. Van den Bossche // IEEE Trans. Energy Convers. – 2012. – № 2 – P. 403–410.

12. Chen, J. Y. Investigation of a new AC electrical machine winding / J. Y. Chen, C. Z. Chen // IEE Proceedings – Electric Power Applications. – 1998. – № 2 – P. 125–132.

13. Cistelecan, M. V. Adjustable Flux Three-Phase AC Machines With Combined Multiple-Step Star-Delta Winding Connections / M. V. Cistelecan, F. J. T. E. Ferreira, M. Popescu // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2010. – № 2 – R. 348–355.

14. Gwozdziwicz, M. Application of star-delta mixed stator winding in synchronous machine, with permanent magnets on the rotor surface / M. Gwozdziwicz, S. Gawron // Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych – 2011. – № 65. – P. 55–63.

15. Kasten, H. Wirkungsgradsteigerung von Asynchronmaschinen durch den Einsatz einer Wicklung mit Stern-Dreieck-Mischschaltung / H. Kasten // Jahresbericht – 2010 – P. 76–82.

Сведения об авторе:

Мартынов Кирилл Владимирович – старший преподаватель кафедры «Электротехника, электрооборудование и электроснабжение», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: nebell@bk.ru).

K. V. Martynov

Izhevsk State Agricultural Academy

DETERMINATION OF STARTING CHARACTERISTICS OF AN ASYNCHRONIC MOTOR WITH A COMBINED WINDING

One of the ways to improve the energy characteristics of asynchronous motors is to use a combined stator winding instead of its standard one. This leads to a decrease in the relative content of higher spatial harmonics in the distribution curve of the magnetomotive force generated by the stator current. Besides, active resistance of such a winding with certain motor dimensions may be lower than that of a standard one. All this can affect not

only the improvement of the energy characteristics of the motor, but also affect its starting properties. The paper implies to show the dependences of current, active power and the torque from the voltage supplied to the motor with a locked rotor. The tests carried out had been performed on the two rewound АИР71В4 motors, with a rated power of 0.75 kW, whereas in one of the motors a standard winding was laid, and in the other one – combined winding. At each given voltage value, the measurements of the readings of the devices were recorded several times. The processing of the results obtained was carried out in the Excel Programme. Tests have shown that at the rated mains voltage, an experimental motor with the combined winding has a larger starting current by 3.38 %, active power consumption by 5.84 % and the developing starting torque by 14.11 % compared to a similar motor with standard winding

Key words: induction motor; combined winding; higher harmonics; starting characteristics..

Author:

Martynov Kirill Vladimirovich – Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: nebell@bk.ru).

УДК 631.352.022

DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_68

А. А. Мартюшев¹, А. Г. Ипатов², В. И. Ширококов²

¹АО «Путь Ильича»

²ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ НОЖЕЙ РОТАЦИОННОЙ КОСИЛКИ KRONE EASYCUT В 870 CV

В данной работе проанализирована возможность повышения работоспособности ротационной косилки Krone EASYCUT В 870 CV путем повышения режущих свойств ножей нанесением на режущую кромку керамических покрытий. Технология нанесения покрытия предусматривает лазерный синтез тонких покрытий на основе керамических соединений. Толщина синтезируемых покрытий составляет 10–15 мкм, с начальной шероховатостью Rz 40, твердость покрытий 9800 HV. Для оценки эффективности принятых решений были выполнены производственные испытания в условиях АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики. Для определения режущих свойств упрочненных ножей на кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА была разработана методика и приспособление для определения усилия резания. Результаты исследований подтверждают наши доводы по возможности повышения режущих свойств ножей ротационной косилки Krone EASYCUT В 870 CV. В процессе эксплуатации наблюдается снижение интенсивности изнашивания упрочненных режущих кромок на 10–14 %. Максимальное снижение износа наблюдается при работе в 800 га, что подтверждает высокую стойкость режущей кромки в условиях интенсивной усталостной и ударной нагрузки. Кроме этого проанализировано снижение потерь мощности на резание и отмечено, что упрочнение ножа снижает потери на резание на 10–14 %.

Ключевые слова: упрочняющее покрытие; нож; косилка; износостойкость; мощность резания.

Актуальность исследований. Производство кормов в сельском хозяйстве определено строгими климатическими и временными нормами. Отклонение от рекомендованных норм приводит к снижению качества кормов и повышению себестоимости продукции. На соблюдение временных норм определяющее влияние оказывает техническая готовность и надежность машин и агрегатов, эксплуатирующихся в период заготовительных операций.

В качестве кормов на территории Удмуртской Республики преобладает сено. При заготовке сена основная трудоемкость работ приходится на про-

цесс скашивания зеленой массы. В большинстве предприятий республики для скашивания используются ротационные косилки, где в качестве рабочего органа выступает нож. Основной эксплуатационной характеристикой ножа является острота режущей кромки и её стойкость к изнашиванию. За последние годы сельскохозяйственными предприятиями накоплен опыт эксплуатации импортных машин для скашивания зеленой массы. Высокая надежность и производительность обеспечивают минимальные сроки заготовки сена. Однако вопросы, касающиеся технического сервиса и обслуживания этих машин, оста-

ются не решенными и зачастую машины, вышедшие из строя, длительно простаивают в ожидании дорогостоящего ремонта.

Цель исследований. Исходя из этого, нами предложена технология повышения режущих свойств кромки ножа за счет формирования тонкого покрытия из керамических композиций.

Методика исследований. На кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» накоплен большой опыт реализации защитно-восстановительных и функциональных покрытий [2–6]. Основываясь на результатах, полученных ранее, упрочнение режущих кромок ножей выполнили по методике, изложенной в работах [8, 9, 10]. Технология подразумевает формирование тонких покрытий методом оплавления порошковой композиции на основе керамических материалов в среде короткоимпульсного лазерного излучения. Исходная шероховатость поверхности покрытий составила $Rz\ 40$, твердость наплавленных слоев $9850\ HV$. После наплавки опытные образцы подвергли производственным испытаниям в условиях АО «Путь Ильича» на ротационной косилке Krone EASYCUT B 870 CV. В процессе испытаний контролировали характеристику режущих свойств кромки ножа по разработанной на кафедре методике. Методику определения режущих свойств анализируемых ножей реализовали, основываясь на рекомендациях способа, изложенного в работе [1]. Схема испытания представлена на рисунке 1.

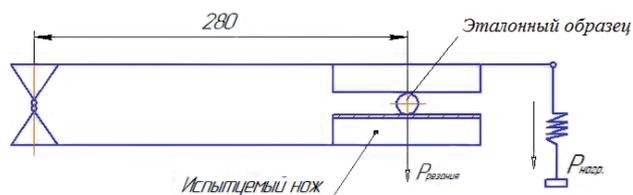


Рисунок 1 – Схема метода определения режущих свойств ножа ротационной косилки

В качестве эталонного образца использовали синтетическую леску диаметром $0,8\ мм$ по ГОСТ 32085-2013. Методика испытаний реализуется следующим образом: между испытуемым ножом и контртелом устанавливается эталонный образец и нагружается усилием $P_{нагр.}$. Процесс нагружения выполняется с постоянной скоростью $1\ Н$ в секунду при помощи динамометрического механизма. Момент полного среза эталонного образца фиксируется на шкале динамометрического механизма. Расстояние от опоры до точки установки эталонного образца принимали равное $280\ мм$, что соответствует радиусу ножевого барабана анализируемой ротационной косилки.

В качестве анализируемых параметров работы ножа приняли усилие резания $P_{рез.}$ и мощность $N_{рез.}$. Параметры исследовали при наработке в $200, 500$ и $800\ га$.

Результаты исследований. Упрочняющее покрытие наносили на всю длину режущей кромки ножа шириной $5\ мм$ (рис. 2) с тыльной стороны.

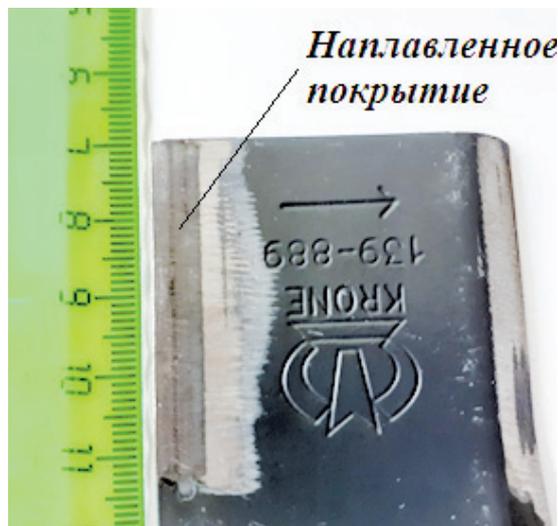


Рисунок 2 – Упрочненная режущая кромка ножа

Выбор тыльной стороны для наплавки исходил из анализа износа стандартных ножей, из которого следует, что наибольший износ наблюдается именно этой поверхности. Нанесение упрочняющего покрытия на тыльную сторону обеспечит эффект «самозатачивания», что формирует высокие режущие свойства при длительной эксплуатации. Предварительно поверхность подвергли механической обработке для достижения необходимой шероховатости поверхности перед нанесением. После наплавки поверхность упрочняющего покрытия отполировали.

После $200\ га$ наработки состояние режущих кромок как стандартного, так и упрочненного изменилось незначительно – видимых следов износа нет. У стандартного ножа наблюдается завальцовка острия режущей кромки, что привело к повышению усилия резания (табл. 1). Анализ 4 стандартных и упрочненных ножей показал, что по среднему значению усилие резания эталонного образца упрочненных ножей на $14\ %$ ниже. Гомогенное строение режущей кромки стандартного ножа подвергается более интенсивному изнашиванию, что связано с эффектом интенсивного скопления дислокаций в тонком сечении лезвия под действием усталостной, ударной нагрузки и дальнейшего диспергирования и пластической деформации материала.

У упрочненного лезвия структура гетерогенная с формированием градиентности свойств за счет сочетания различных соединений в тонком сечении лезвия. Гетерогенность строения, в силу своей неоднородности, не допускает скопления дислокаций в локальных объемах материала, что вызывает снижение деформации и разрушение материала.

При наработке 800 га состояние режущих кромок меняется и наблюдается различная степень износа кромок (рис. 3).



Рисунок 3 – Состояние режущих кромок после 800 га наработки

Как показали исследования, величина усилия резания (табл. 1) у стандартных ножей на 8 % выше.

При этом визуально наблюдается более интенсивное изнашивание режущей кромки стандартного ножа с явным осповидным разрушением поверхности под воздействием усталостных нагрузок.

Упрочненная кромка более устойчива к разрушению, однако, к 800 га наработки упрочненный слой практически полностью изнашивается и в зоне наплавленного слоя наблюдается металлическая основа ножа.

Для оценки эффективности использования упрочненных ножей рассчитали снижение мощности резания при использовании упрочненных ножей (рис. 4).

Представленные результаты позволяют утверждать, что использование упрочненных ножей в условиях эксплуатации позволяет на 10–14 % снижать потери мощности на резание. При этом необходимо отметить, что наибольшее снижение мощности резания наблюдается при большой наработке ножей.

Таблица 1 – Усилие резания стандартных и упрочненных ножей при различной наработке, Н

№	Не упрочнённый	Упрочнённый
Нароботка 200 га		
1	75	70
2	95	70
3	97,5	80
4	80	65
Среднее	86,8	71,25
Нароботка 800 га		
1	170	140
2	162,5	150
3	170	160
4	155	160
Среднее	164,4	152,5

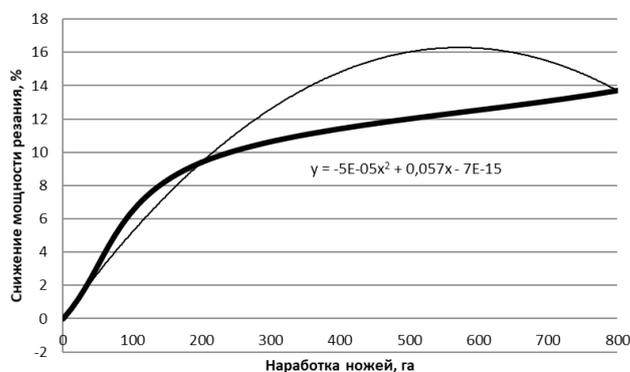


Рисунок 4 – Снижение мощности резания при использовании упрочненных ножей

Выводы. Проведенные исследования по повышению работоспособности ротационных ножей методом упрочнения режущей кромки обеспечили снижение интенсивности изнашивания и усилия резания на 14 %. Снижение потерь мощности на резание составило от 10 до 14 % в зависимости от величины наработки. Полученные результаты имеют практический потенциал и при необходимости могут быть реализованы в условиях производства.

Список литературы

1. Алексеев Д. М., Кузнецов А. В. Авторское свидетельство СССР М 103603, кл. G 01 N 3/02, 1955. (54) Способ определения режущей способности лезвия инструмента.
2. Ипатов, А. Г. Механические и трибологические свойства защитно-восстановительных покрытий рабочей фаски клапанов двигателей внутреннего сгорания / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков, Е. В. Харанжевский // Технический сервис машин. – 2021. – № 2 (143). – С. 135–143.
3. Ипатов, А. Г. К обоснованию материала защитно-восстановительного покрытия рабочей по-

верхности тарелки клапана / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Вестник ГСХА. – 2021. – № 1 (65). – С. 44–50.

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

5. Ипатов, А. Г. 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. Ипатов, А. Г. Перспективное развитие современных технологических процессов восстановления деталей машин / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, С. М. Стрелков // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2021. – С. 93–99.

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

8. Харанжевский, Е. В. Особенности формирования керамических восстановительных покрытий / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2021. – № 1 (65). – С. 51–55.

9. Kharanzhevskiy, E. V. Ultralow friction behaviour of b4c-bn-meo composite ceramic coatings deposited on steel / E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ipatov, M. D. Krivilyov, A. V. Makarov, F. Z. Gilmudinov, E. G. Volkova // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 390. – P. 125664.

10. Ipatov, A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Т. 40. – № 6. – P. 588–592.

Spisok literatury

1. Alekseenko D. M., Kuznecov A. V. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR M 103603, kl. G 01 N 3/02, 1955. (54) Sposob opredeleniya rezhushchej sposobnosti lezviya instrumenta.

2. Ipatov, A. G. Mekhanicheskie i tribologicheskie svoystva zashchitno-vosstanovitel'nyh pokrytij rabochej faski klapanov dvigatelej vnutrennego sgoraniya / A. G. Ipatov, K. G. Volkov, E. V. Haranzhevskij // Tekhnicheskij servis mashin. – 2021. – № 2 (143). – S. 135–143.

3. Ipatov, A. G. K obosnovaniyu materiala zashchitno-vosstanovitel'nogo pokrytiya rabochej poverhnosti tarelki klapana / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Vestnik GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 44–50.

4. Ipatov, A. G. Sravnitel'nye tribologicheskie svoystva sverhtverdyh antifrikcionnyh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK : m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii, Izhevsk, 24–26 fevralya 2021 goda. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. – S. 32–35.

5. Ipatov, A. G. Tribologicheskie pokazateli uprochnyayushchih i vosstanovitel'nyh keramicheskikh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. SHmykov, K. G. Volkov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2021. – № 7. – S. 12–19.

6. Ipatov, A. G. Perspektivnoe razvitie sovremennyh tekhnologicheskikh processov vosstanovleniya detalej mashin / A. G. Ipatov, S. N. SHmykov, S. M. Strelkov // Razvitie inzhenerogo obrazovaniya i ego rol' v tekhnicheskoy modernizacii APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 65-letiyu podgotovki inzhenerov-mekhanikov Izhevskoj GSKHA. – Izhevsk, 2021. – S. 93–99.

7. Ipatov, A. G. Analiz struktury i svoystva vosstanovitel'nyh pokrytij iz poroshkovykh kompozicij na osnove zheleza / A. G. Ipatov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 39–44.

8. Haranzhevskij, E. V. Osobennosti formirovaniya keramicheskikh vosstanovitel'nyh pokrytij / E. V. Haranzhevskij, A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 51–55.

9. Kharanzhevskiy, E. V. Ultralow friction behaviour of b4c-bn-meo composite ceramic coatings deposited on steel / E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ipatov, M. D. Krivilyov, A. V. Makarov, F. Z. Gilmudinov, E. G. Volkova // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 390. – P. 125664.

10. Ipatov, A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Т. 40. – № 6. – P. 588–592.

Сведения об авторах:

Мартюшев Алексей Анатольевич – главный инженер АО «Путь Ильича» (427014, Российская Федерация, д. Якшур, ул. Юбилейная, д. 9, e-mail: alex100883@yandex.ru).

Ипатов Алексей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: Ipatow.al@yandex.ru).

Широбоков Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: vlh150@yandex.ru).

A. A. Martyushev¹, A. G. Ipatov², V. I. Shirobokov²¹АО "Put' Ilyicha"²Izhevsk State Agricultural Academy

EFFICIENCY ANALYSIS OF THE HARDENED KNIVES FOR THE ROTARY MOWER KRONE EASYCUT B 870 CV

The paper analyzes the feasibility of the efficiency rise of the Krone EASYCUT B 870 CV rotary mower by increasing the cutting properties of the knives when applying ceramic coatings to the cutting edge. The coating technology provides for laser synthesis of thin coatings based on nickel-based ceramic compounds. The thickness of the synthesized coatings is 10–15 microns, with an initial roughness of Rz 40, the hardness of the coatings is 9800 HV. To assess the effectiveness of the decisions made, production tests were carried out in the conditions of AO "Put' Ilyicha" in the Zavyalovsky district, Udmurt Republic. To determine the cutting properties of hardened knives at the Department of Operation and Repair of Machines at the Izhevsk State Agricultural Academy, a technique and device for determining the cutting force had been developed. The research results have confirmed arguments referring to the possibility of increasing the cutting properties of the knives for the Krone EASYCUT B 870 CV rotary mower. In the run of operation, a decrease in the wear rate of hardened cutting edges by 10–14 % has been observed. The maximum wear reduction is observed with an operating time of 800 hectares, which confirms the high resistance of the cutting edge under conditions of intense fatigue and shock loads. Besides, the reduction of cutting power losses has been analyzed and it is noted that the hardening of the knife reduces cutting losses by 10–14 %.

Key words: hardening coating; knife; mower; wear resistance; cutting power.

Authors:

Martyushev Alexey Anatolievich – Chief Engineer, AO "Put' Ilyicha"

(9, Yubilejnaya St., Yakshur Village, 426069, Russian Federation, e-mail: alex100883@yandex.ru).

Ipatov Alexey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: Ipatow.al@yandex.ru).

Shyrobokov Vladimir Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: vlh150@yandex.ru).

УДК 631.352.02

DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_72

В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов,

В. И. Широбоков, С. Р. Шинкаренко

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СКАШИВАНИЯ ТРАВ СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВОЙ КОСИЛКОЙ

Выполнен кинематический анализ существующих режущих аппаратов и установлены их основные параметры. Проведено обоснование эксплуатационных недостатков механизма привода ножа существующих сегментно-пальцевых косилок и их устранение путем применения бездезаксиального привода ножа в сегментно-пальцевой косилке. В результате теоретических исследований установлено, что при длине шатуна $L = 1200$ мм, величине эксцентриситета 38,1 мм при изменении угла наклона шатуна от 0° до 30° , ход ножа $S + \Delta S$ изменяется до 12,8 мм, а его максимальное значение достигает 89 мм. Увеличение хода ножа прежде всего увеличивает затраты энергии на привод ножа вследствие повышения скорости его движения. Кроме того, с повышением затрат энергии при образовании дезаксиала ξ появляются недостатки: увеличиваются силы трения головки ножа по направляющим и, как следствие, приводят к нагреву трущихся поверхностей, износу и появлению зазоров, к биению, вибрации и дополнительному шуму; повышаются затраты мощности для преодоления сил трения; повышается нагрев и износ трущихся деталей; увеличиваются зазоры между сопряжениями деталей, вибрация и шум агрегата; возникает явление сгуживания растительной массы перед режущим аппаратом.

Ключевые слова: сегментно-пальцевая косилка; дезаксиал; кривошипно-шатунный механизм (КШМ); режущий аппарат; уравнивающее устройство.

Цель и задачи исследований. Установить оптимальные кинематические параметры режущего аппарата с бездезаксиальным приводом ножа. Выполнить энергетический анализ режущего аппарата в зависимости от величины дезаксиала.

Результаты исследований.

1. *Общая характеристика режущих аппаратов сегментно-пальцевой конструкции.* Скашивание трав сегментно-пальцевыми косилками происходит по принципу работы ножниц. Основой режущего аппарата являются пальцевый брус и нож, включающий сегменты и ножевое полотно. Срез происходит тогда, когда растения, попадая в пространство между пальцами, прижимаются к противорежущей пластине и срезаются сегментами. При этом нож совершает срез сегментом один раз с каждой стороны за один оборот кривошипа. Существует несколько режущих аппаратов сегментно-пальцевого типа с возвратно-поступательным движением ножа в зависимости от соотношений величин S , t , t_0 , где S – ход ножа, t – расстояние между осями сегментов, t_0 – расстояние между осями пальцев (рис. 1):

1. Режущий аппарат нормального резания ($S = t = t_0$).
2. Режущий аппарат нормального резания с двойным пробегом ножа ($S = 2t = 2t_0$).
3. Режущий аппарат среднего резания ($S = t = \left(\frac{4}{3} \div \frac{5}{4}\right) t_0$).
4. Режущий аппарат низкого резания ($S = t = 2t_0$).

Лучшим режущим аппаратом для косилок и зерновых уборочных машин по качеству среза, инерционным усилиям, расходу мощности на резание и суммарной нагрузке на лезвия сегментов, а также эксплуатационной надежности является режущий аппарат нормального резания с одинарным пробегом сегментов.

Но данные условия выполняются только при идеальном расположении сегментов относительно противорежущих пластин. То есть при каждом пробеге ножа середина каждого сегмента должна находиться строго на середине противорежущей пластины. На косилках серийного производства с использованием стандартного привода не отвечает этому условию. Причиной этому является дезаксиал, величина которого постоянно меняется, соответственно меняется и характер движения ножа относительно противорежущих пластин. Дезаксиал не только увеличивает затраты энергии на привод, но и ухудшает качество среза [1, 2].

Дезаксиал, как уже известно, – это расстояние между осью вращения эксцентрика и плоскостью движения ножа (рис. 2).

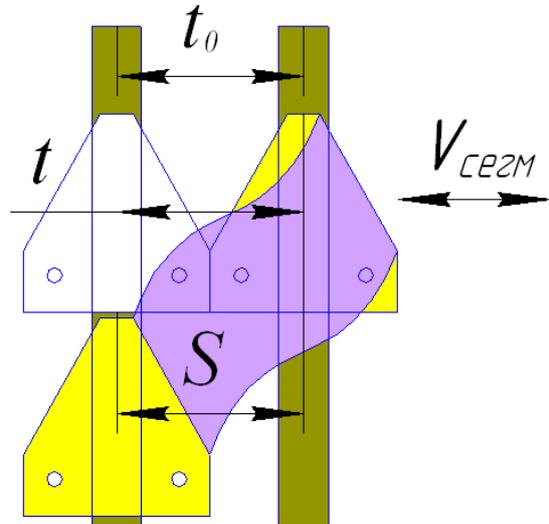


Рисунок 1 – Основные параметры режущего аппарата

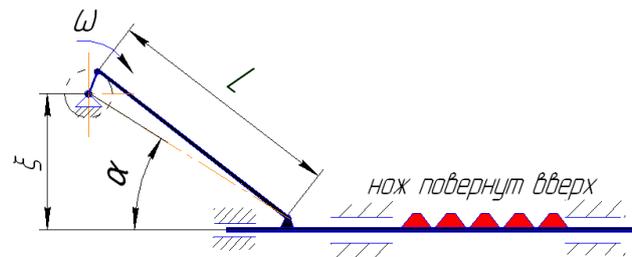


Рисунок 2 – Дезаксиал ξ

2. *Влияние дезаксиала на ход ножа.* Величина дезаксиала, как видно из рисунка 2, может характеризоваться также углом α . На характер движения ножа, как правило, сильнее влияет не значение угла α , а его изменение. При работе косилки режущий аппарат, копируя поверхность участка, изменяет свое положение относительно рамы и приводной части косилки, т.е. угол α меняется постоянно. Рассмотрим подробнее влияние дезаксиала на характер движения ножа. На рисунке 3 изображена схема изменения хода ножа от изменения угла α .

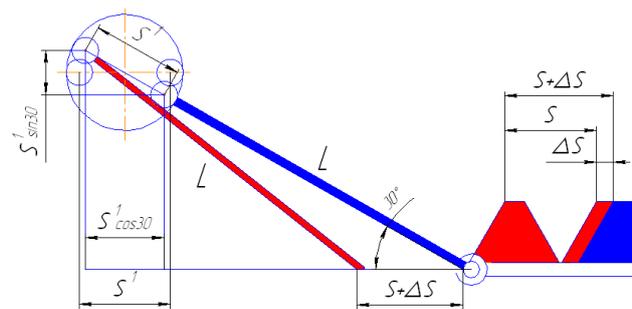


Рисунок 3 – Изменение хода ножа при изменении угла α на 30°

Принимаем активный полный ход ножа за $S = S^1 = 76,2$ мм, который равен амплитуде колебания пальца на кривошипе. Изменив угол расположения кривошипа относительно режущего аппарата (на 30°), получаем активный ход ножа на брусе равным $S + \Delta S$ мм. Нож при этом переходит от середины соответствующих противорезающих пластин на ΔS мм.

Примем длину шатуна $L = 1200$ мм, $S = 76,2$ мм-ход ножа и S^1 амплитуда колебания оси пальца на эксцентрик. Рассчитаем активный ход ножа $S + \Delta S$:

$$S + \Delta S = (L + S^1) \times \cos 30^\circ - \sqrt{(L^2 - (L + S^1)\sin 30^\circ)^2},$$

$$S + \Delta S = (1200 + 76,2) \times \cos 30^\circ - \sqrt{(1200^2 - ((1200 + 76,2)\sin 30^\circ)^2)} = 89 \text{ мм.}$$

Соответственно ход ножа увеличился на ΔS :

$$\Delta S = S + \Delta S - S = 89 - 76,2 = 12,8 \text{ мм.}$$

Увеличение хода ножа прежде всего увеличило затраты энергии на привод ножа вследствие увеличения скорости движения ножа.

При равной частоте вращения эксцентрика, время t – одинаково. Скорость ножа определяется как:

$$v = \frac{S}{t}.$$

Скорость ножа прямо пропорциональна расстоянию, пройденному ножом за время t . Скорость ножа v при увеличении пробега ножа на ΔS больше на соотношение $\frac{S + \Delta S}{S} = \frac{89}{76,2} = 1,16$.

Как известно, с увеличением скорости движения любого тела сила инерции возрастает. Нож, совершая колебательное движение, в крайних положениях находится в неподвижном положении, скорость равна 0. С увеличением пробега ножа до 89 мм и с увеличением максимальной скорости его движения в 1,16 раз кинетическая энергия и, соответственно, работа привода увеличивается:

$$\begin{aligned} \Delta A &= E_{k2} - E_{k1} = \frac{m \times (1,16v)^2}{2} - \frac{m \times v^2}{2} = \\ &= 0,34 \frac{m \times v^2}{2} = 0,34 E_{k1}, \end{aligned}$$

где E_{k2} и E_{k1} – кинетическая энергия ножа с увеличением пробега ножа и с пробегом 76,2 мм соответственно.

Другими словами, за равный промежуток времени с увеличением пробега ножа трактору необходимо совершить больше работы на 34 %.

Рассмотрим траекторию движения ножа с увеличением пробега и выявим, как это повлияло на распределение нагрузки на сегменты ножа (рис. 4).

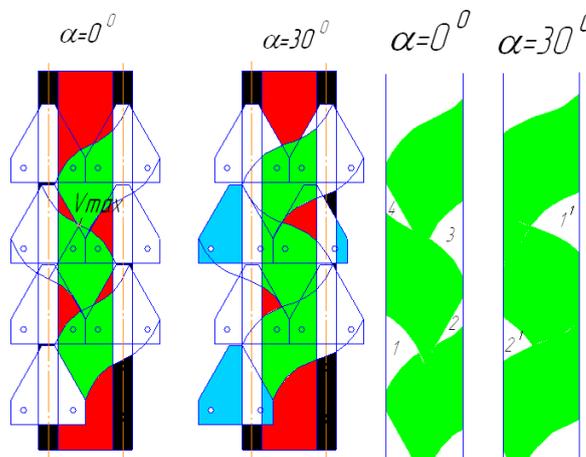


Рисунок 4 – Изменение нагрузки на нож при изменении угла α на 30°

Как видно из рисунка 4, при угле $\alpha = 0$, движение ножа симметрично относительно осей пальцев и противорезающих пластин. Поэтому сумма площадей участков 1 + 2 и 3 + 4, подверженных продольно-поперечному отгибу и срезу левыми и правыми кромками сегментов соответственно, будут равны между собой, что, в свою очередь, говорит о том, что работа, совершаемая каждой кромкой сегмента, одинакова. То есть, другими словами, износ кромок сегментов равномерный.

В случае, когда угол α изменяется на 30° , картина совершенно другая. Из рисунка 4 видно, что площадь 1¹ и 2¹ неравны друг с другом. Соответственно характер работы ножа иной. Износ левой кромки сегментов (рис. 4) меньше износа правой, т.к. площадь срезаемых трав 2¹, подверженных продольно-поперечному отгибу левой кромкой сегмента, меньше площади 1¹. Данное явление чревато тем, что больший износ правой кромки сегмента вызывает необходимость приложения большей силы на срез трав со стороны привода. Соответственно, при каждом колебании ножа привод ножа испытывает неравномерную нагрузку при срезе трав. Все это вызывает плохой срез, забивание режущего аппарата, быстрый износ движущих частей и скорейший выход из строя косилки, возникает необходимость в более частой замене деталей и узлов, приводит к дополнительным затратам. Все это последствия существования дезаксиала ζ в серийных косилках сегментно-пальцевой конструкции.

3. Силовой анализ привода ножа в зависимости от величины дезаксиала. Кроме неравномерности износа сторон ножа дезаксиал ζ вызывает образование сил на шатуне и приводе, направленных противоположно положительной работе ножа для среза растений, вызванной силой трения головки ножа по направляющим [5, 6, 7] (рис. 5).

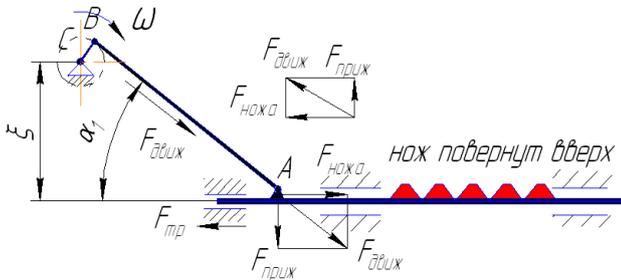


Рисунок 5 – Распределение сил на головке ножа при дезаксиале ζ в крайнем верхнем положении шатуна

Как видно из рисунка 5, результирующая сила $F_{\text{движ}}$ на головке ножа распределяется на две составляющие: на силу движения ножа – $F_{\text{ножа}}$, и силу, прижимающую головку ножа к направляющим – $F_{\text{приж}}$. Рассчитаем в процентном отношении, сколько составляет сила, прижимающая $F_{\text{приж}}$, от силы движущей $F_{\text{движ}}$, для того, чтобы определить силу трения $F_{\text{тр}}$.

Принимаем длину шатуна $AB = 1200$ мм, эксцентриситет $CB = 38,1$ мм. Для того, чтобы определить прижимающую силу, необходимо определить угол расположения шатуна относительно ножа, α_1 (рис. 6).

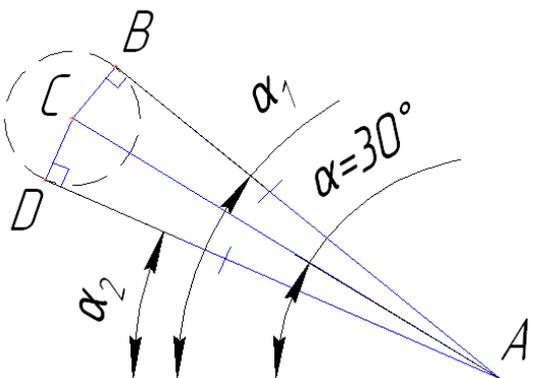


Рисунок 6 – Углы расположения шатуна в крайних положениях относительно ножа

Угол α_1 больше 30° , угол α_2 – меньше, причем отличаются на равные углы $\angle BAC = \angle DAC$. Определим эти углы, исходя из данных выше:

$$\sin \angle BAC = \frac{BC}{CA}, \quad \angle BAC = \arcsin \frac{BC}{CA}.$$

Подставляя данные:

$$\angle BAC = \angle DAC = \arcsin \frac{38,1}{1200} = 1,82^\circ.$$

Угол $\alpha_1 = 31,82^\circ$, угол $\alpha_2 = 28,18^\circ$.

В крайнем нижнем положении шатуна (рис. 7) направления сил, прижимающей и приводящей нож в движение, направлены противоположно направлению этих же сил в крайнем верхнем положении шатуна.

Соответственно изменение направления сил при каждом обороте эксцентрика вызывает интенсивный износ деталей направляющих ножа. Соответственно, сила, прижимающая нож вниз при крайнем верхнем положении шатуна (рис. 5), составляет:

$$F_{\text{приж}} = F_{\text{движ}} \sin 31,82 = 0,53 F_{\text{движ}}.$$

Сила, прижимающая нож вверх при крайнем нижнем положении шатуна (рис. 7), составляет:

$$F_{\text{приж}} = F_{\text{движ}} \sin 28,18 = 0,47 F_{\text{движ}}.$$

Силы, приводящие нож в движение, соответственно равны:

$$F_{\text{ножа}} = F_{\text{движ}} \cos 31,82 = 0,85 F_{\text{движ}}$$

$$\text{и } F_{\text{ножа}} = F_{\text{движ}} \cos 28,18 = 0,88 F_{\text{движ}}.$$

Силы, прижимающие нож вверх и вниз, вызывают силу трения $F_{\text{тр}}$:

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{приж}} \times f,$$

где f – коэффициент трения, 0,1 (при трении деталей сталь – сталь).

Подставляя в формулу силы, прижимающие нож, выраженные через силу движущую, получим значение силы трения, также выраженные через движущую силу:

– крайнее верхнее положение шатуна:

$$F_{\text{тр}} = 0,53 \times F_{\text{движ}} \times 0,1 = 0,053 \times F_{\text{движ}};$$

– крайнее нижнее положение шатуна

$$F_{\text{тр}} = 0,47 \times F_{\text{движ}} \times 0,1 = 0,047 \times F_{\text{движ}}.$$

4. Энергетический анализ привода ножа в зависимости от величины дезаксиала. Сила трения на пути прохождения ножом одного пробега меняется от максимального значения $0,053 F_{\text{движ}}$ до минимального значения $0,047 F_{\text{движ}}$.

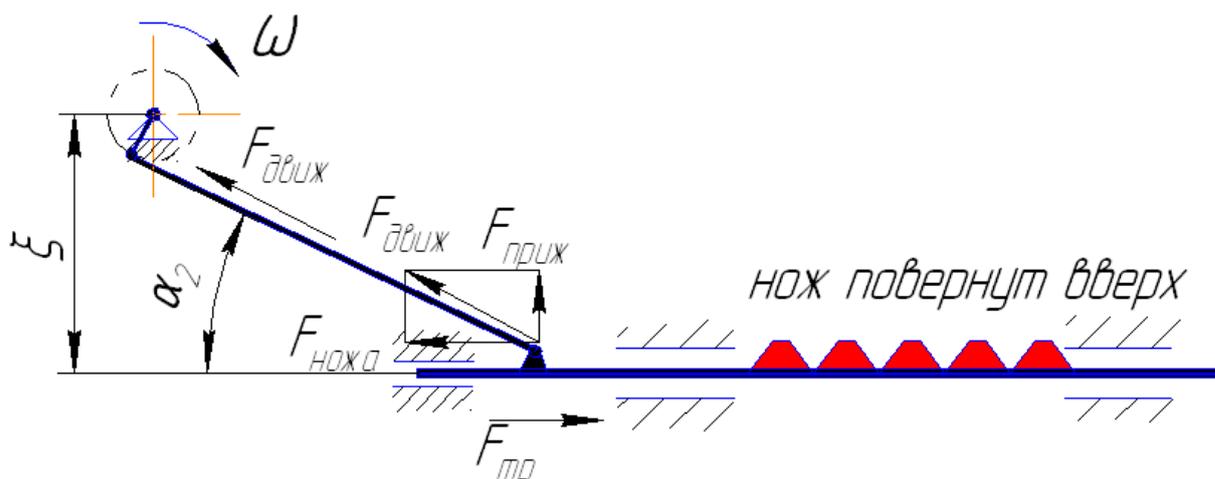


Рисунок 7 – Распределение сил на головке ножа при дезаксиале ζ в крайнем нижнем положении шатуна

Принимаем значение силы трения, равной $0,05F_{\text{движ}}$. Нож проходит путь, в данном случае при увеличенном пробеге, $s = 2 \times 89 \text{ мм} = 178 \text{ мм}$. Работа силы трения выражается как произведение силы на пройденный путь:

$$A = F_{\text{тр}} \times s,$$

$$A = 0,05F_{\text{движ}} \times 0,178 = 0,009F_{\text{движ}}.$$

При скашивании трав тратится энергия со стороны агрегирующей машины. Эта энергия не вся тратится на совершение полезной работы (срез трав). Происходит распределение энергии. Энергия, подводимая к агрегату, разделяется на следующие составляющие:

1. Работа на совершение среза трав ножом.
2. Работа силы трения ножа о пальцевый брус.
3. Работа сил инерций ножа и других движущихся частей.
4. При изменении угла расположения режущего аппарата – работа силы трения головки ножа о направляющие:

$$\mathcal{E} = A_{\text{среза}} + A_{\text{тр.ножа}} + A_{\text{инерц}} + A_{\text{тр.гол.нож}}.$$

Рассмотрим, как изменится энергия, подводимая к агрегату при $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 30^\circ$ и сравним их:

1. При $\alpha = 0^\circ$ (рис. 8):
 - Работа, необходимая для среза трав, равна $A_{\text{среза}}$, не зависит от угла α .
 - Работа сил трения ножа о пальцевый брус $A_{\text{тр.ножа}}$, не зависит от угла α .
 - Работа сил инерции ножа равна $A_{\text{инерц}}$.
- Состав силы $F_{\text{движ}}$ следующий:

$$F_{\text{движ}1} = F_{\text{среза}} + F_{\text{тр.ножа}} + F_{\text{инерц}}.$$

Работа со стороны машины:

$$\mathcal{E}_1 = A_{\text{среза}} + A_{\text{тр.ножа}} + A_{\text{инерц}}.$$

2. При $\alpha = 30^\circ$ (рис. 9):

- Работа, необходимая для среза трав $A_{\text{среза}}$, не зависит от угла α .
- Работа сил трения ножа о пальцевый брус $A_{\text{тр.ножа}}$, не зависит от угла α .
- Работа сил инерции ножа увеличена на 34 % и равна $1,34A_{\text{инерц}}$.
- Работа сил трения головки ножа о направляющие, равна $0,009F_{\text{движ}}$.

Состав силы $F_{\text{движ}}$ следующий:

$$F_{\text{движ}2} = 0,05F_{\text{движ}} + F_{\text{среза}} + F_{\text{тр.ножа}} + 1,34F_{\text{инерц}}.$$

Работа со стороны машины:

$$\mathcal{E}_2 = 0,009F_{\text{движ}} + A_{\text{среза}} + A_{\text{тр.ножа}} + 1,34A_{\text{инерц}}.$$

Как видно, при $\alpha = 30^\circ$ энергии со стороны машины необходимо больше, чем при $\alpha = 0^\circ$.

Повышение энергии составит:

$$\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = 0,009F_{\text{движ}} + A_{\text{среза}} + A_{\text{тр.ножа}} + 1,34A_{\text{инерц}} - (A_{\text{среза}} + A_{\text{тр.ножа}} + A_{\text{инерц}}),$$

$$\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = 0,009F_{\text{движ}} + 0,34A_{\text{инерц}}.$$

Увеличение хода ножа прежде всего увеличивает затраты энергии на привод ножа. Кроме того, возникают и следующие недостатки:

1. Увеличиваются силы трения головки ножа по направляющим и, как следствие, приводят к нагреву трущихся поверхностей, износу и появлению зазоров, к биению, вибрации и дополнительному шуму.

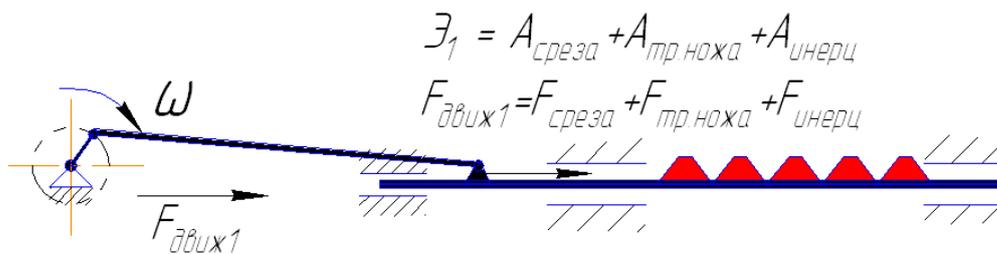


Рисунок 8 – Состав энергии при $\alpha = 0^\circ$

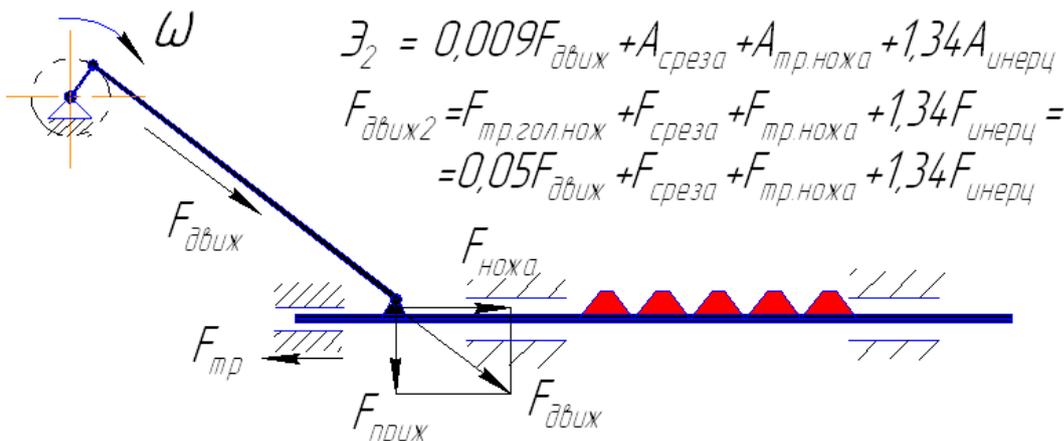


Рисунок 9 – Состав энергии при $\alpha = 30^\circ$

- 2. Повышаются затраты мощности для преодоления сил трения.
- 3. Повышается нагрев и износ трущихся деталей.
- 4. Увеличиваются зазоры между сопряжениями деталей, вибрация и шум агрегата.
- 5. Возникает явление сгруживания растительной массы перед режущим аппаратом.

Все эти вышеперечисленные недостатки в конечном счете ведут к дополнительным энергетическим затратам и к снижению эксплуатационной надежности и производительности косилки.

Данная проблема относится к косилкам КС-Ф-2,1, КС-Ф-2,1Б4, КН-2,1, и к другим косилкам сегментно-пальцевого типа, имеющим аналогичную конструкцию привода.

5. *Силовой анализ привода экспериментальной косилки КС-1,8АМ.* Как уже было рассмотрено выше, косилка КС-1,8АМ имеет другую, более совершенную конструкцию привода ножа, что позволило минимизировать и, что самое главное, избавить привод и агрегирующую машину от варьирования нагрузки, из-за образования дополнительных сил трения от изменения угла расположения режущего аппарата относительно приводной части. То есть нагрузка на приводе косилки КС-1,8АМ остается постоянной независимо от взаимного расположения режущего аппарата и трактора [3, 4].

Все это благодаря тому, что в КС-1,8АМ отсутствует дополнительная связь режущего ап-

парата с навесным устройством посредством кривошипно-шатунного механизма.

Механизм навески и режущий аппарат связаны друг с другом тремя связями: шарнирным соединением, клиноременной передачей и гидроцилиндром (рис. 10).

Так же, как и у аналогичных сегментно-пальцевых косилок, режущий аппарат КС-1,8АМ имеет те же значения сил инерции ножа, трения ножа о режущий аппарат и сил инерции ножа. Но все эти составляющие не меняют своих значений в процессе работы, и ко всем этим силам не добавляются другие составляющие, что при горизонтальном (рис. 11), что при измененном положении режущего аппарата на угол α (рис. 12).

Как видно из рисунков 11 и 12, расход энергии со стороны агрегирующей машины не изменяется.

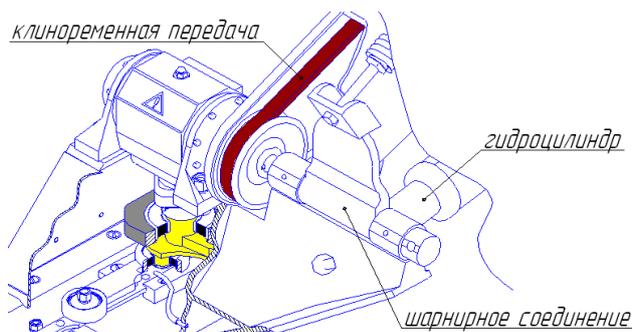


Рисунок 10 – Связь режущего аппарата с навесным устройством

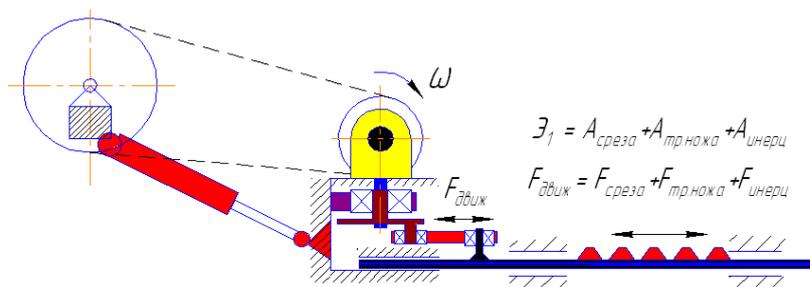


Рисунок 11 – Состав сил при рабочем горизонтальном положении режущего аппарата

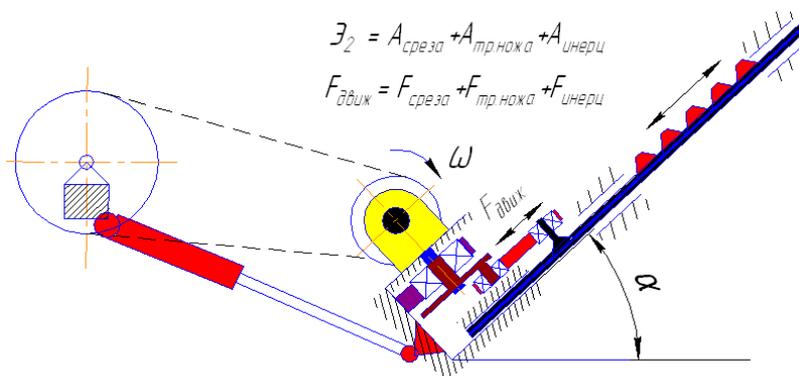


Рисунок 12 – Силы, действующие при изменении положения режущего аппарата на угол α

Выводы:

1. Кривошипно-шатунный механизм экспериментальной косилки, имеющий небольшие размеры, движется в горизонтальной плоскости, избавляя конструкцию от вертикальных сил инерции и, как следствие, повышенной вибрации.
2. Расход энергии постоянный и не зависит от положения режущего аппарата.
3. Равномерный износ сторон сегментов, равномерная нагрузка на привод ножа при вращении эксцентрика.
4. Возможна работа режущего аппарата в любом положении пальцевого бруса косилки в вертикальной плоскости.

Список литературы

1. Алдошин, Н. В. Перспективы развития конструкций режущих аппаратов / Н. В. Алдошин, В. П. Чайка, Н. А. Лылин // Чтения академика В. Н. Болтинского (115 лет со дня рождения): сборник статей: семинар (22–25 января 2019 года); под ред. М. Н. Ерохина и др. – М.: Мегapolis, 2019. – С. 49–56.
2. Апокин, Н. П. Анализ сил сопротивления движению ножа сегментно-пальцевого режущего аппарата с различными приводными механизмами // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. – 2006. – Т. 48. – С. 17–20.
3. Патент № 2366149, Российская Федерация МПК А01D 34/03 / Сегментно-пальцевая косилка : № 2008105568: заявл.13.02.2008 Оpubл. 10.09.2009 / Ф. М. Абдуллин, В. Ф. Первушин // Бюл. № 25. – 6 с.

4. Абдуллин, Ф. М. Повышение эффективности скашивания трав в условиях малых форм хозяйствования / Ф. М. Абдуллин, В. Ф. Первушин // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 1 (30). – С. 52–54.
5. Kemper, S., Lang, T., Frerichs, L. The overlaid cut in a disc mower-results from field tests and simulation / S. Kemper, T. Lang, L. Frerichs // Landtechnik. – 2014. – Vol. 69. – Issue 4. – P. 1V1–1V5.
6. Pirchio, M. Autonomous Mower vs. Rotary Mower: Effects on Turf Quality and Weed Control in Tall Fescue Lawn / M. Pirchio [et al.] // Agronomy. – 2021.
7. Mower: Effects on Turf Quality and Weed Control in Tall Fescue Lawn // Agronomy. – 2018. – Vol. 8. – Issue 2. – P. 15.

Spisok literatury

1. Aldoshin, N. V. Perspektivy razvitiya konstrukcij rezhushchih apparatov / N. V. Aldoshin, V. P. CHajka, N. A. Lylin // CHteniya akademika V. N. Boltinskogo (115 let so dnya rozhdeniya): sbornik statej: seminar (22–25 yanvarya 2019 goda); pod red. M. N. Erohina i dr. – M.: Megapolis, 2019. – S. 49–56.
2. Apokin, N. P. Analiz sil soprotivleniya dvizheniyu nozha segmentno-pal'ceвого rezhushchego apparata s razlichnymi privodnymi mekhanizmami // Vestnik CHelyabinskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta. – 2006. – T. 48. – S. 17–20.
3. Patent № 2366149, Rossijskaya Federaciya MPK A01D 34/03 / Segmentno-pal'cevaya kosilka : № 2008105568: zayavl.13.02.2008 Opubl. 10.09.2009 / F. M. Abdullin, V. F. Pervushin // Byul. № 25. – 6 s.
4. Abdullin, F. M. Povyshenie effektivnosti skashivaniya trav v usloviyah malyh form hoz'yajstvovaniya

/ F. M. Abdullin, V. F. Pervushin // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2012. – № 1 (30). – S. 52–54.

5. Kemper, S., Lang, T., Frerichs, L. The overlaid cut in a disc mower-results from field tests and simulation / S. Kemper, T. Lang, L. Frerichs // Landtechnik. – 2014. – Vol. 69. – Issue 4. – P. 1V1–1V5.

6. Pirchio, M. Autonomous Mower vs. Rotary Mower: Effects on Turf Quality and Weed Control in Tall Fescue Lawn / M. Pirchio [et al.] // Agronomy. – 2021.

7. Mower: Effects on Turf Quality and Weed Control in Tall Fescue Lawn // Agronomy. – 2018. – Vol. 8. – Issue 2. – P. 15.

Сведения об авторах:

Первушин Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: pervushin54@mail.ru).

Салимзянов Марат Зуфарович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: salimmar@mail.ru).

Касимов Николай Гайсович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: fos1973@yandex.ru).

Широбоков Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: vlh150@rambler.ru).

Шинкаренко Семен Романович – студент 1 курса магистратуры инженерного факультета направление подготовки «Агроинженерия», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11).

V. F. Pervushin, M. Z. Salimzyanov, N. G. Kasimov, V. I. Shirobokov, S. R. Shinkarenko
Izhevsk State Agricultural Academy

THEORETICAL STUDIES OF THE PROCESS OF GRASS MOWING BY A SEGMENT-FINGER MOWER

The article provides a kinematic analysis of existing cutting units and determines their main parameters. The substantiation of the operational drawbacks of the knife drive mechanism of the existing segment-finger mowers and their elimination by using a non-deaxial knife drive in the segment-finger mower has been carried out. As a result of theoretical studies, it was found out that with a connecting rod length of $L = 1200$ mm, an eccentricity of 38.1 mm, when the angle of inclination of the connecting rod changes from 0° to 30° , the $S + \Delta S$ knife stroke changes to 12.8 mm, and its maximum value reaches 89 mm. The increase in the knife stroke, first of all, increases the energy consumption for the knife drive due to the increase in speed of its movement. In addition, with the increase in energy consumption during the formation of desaxial ξ the following disadvantages occur: the friction forces of the knife head along the guides increase, and as a result, they lead to heating of rubbing surfaces, tear-and-wear and the appearance of gaps; to beating, vibration and additional noise; power consumption increases to overcome frictional forces; heating and tear-and-wear of rubbing parts increases; gaps between conjugating parts, vibration and noise of the unit increase; there appears a case of unloading of the mown mass in front of the cutter bar.

Key words: segment-finger mower; disaxial; crank mechanism (CM); cutting device; balancing device.

Authors:

Pervushin Vladimir Fyodorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: pervushin54@mail.ru).

Salimzyanov Marat Zufarovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: salimmar@mail.ru).

Kasimov Nikolay Gaisovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: fos1973@yandex.ru).

Shirobokov Vladimir Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation, e-mail: vlh150@rambler.ru).

Shinkarenko Semyon Romanovich – 1st year student of the Master's program at the Faculty of Engineering, direction of training "Agroengineering", Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation).

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. К публикации принимаются соответствующие основным научным направлениям журнала статьи, содержащие новые, ранее не опубликованные результаты научных исследований, разработки, готовые к практическому применению, а также материалы, представляющие познавательный интерес.

2. Автор предоставляет редакции журнала «Вестник Ижевской ГСХА» неисключительные права на статью для ее опубликования. Шаблон лицензионного договора размещен на странице журнала в сети Интернет (<http://izhgsha.ru>).

3. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (в т. ч. электронной) в виде компьютерной распечатки с приложением носителя (диск CD-R или CD-RW, USB-носитель) с записанным текстом (в формате Microsoft Word 2003 с расширением файла *.rtf или *.doc) и иллюстрационным материалом.

Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

4. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman. Размер шрифта 14 (для основного текста), 12 – для дополнительного текста (текста таблиц, списка литературы и т. п.). Междустрочный интервал для текста полуротный; режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Формат бумаги А4 (210×297 мм). Поля: сверху, снизу, слева – 2,0 см, справа – 2,5. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 или 1,5 см). Номера страниц ставятся внизу и посередине.

5. Таблицы должны быть созданы в Microsoft Word. Шрифт шапки таблицы – 11 (жирн.), текста таблицы – 12. Междустрочный интервал для таблиц одинарный. Ширина таблицы должна совпадать с границами основного текста, горизонтальные таблицы необходимо поместить в отдельные файлы.

6. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

7. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

8. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

9. Сведения об авторе должны содержать: фамилию, имя, отчество, ученую степень, ученое звание, должность, полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языках); E-mail для каждого автора, корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

10. Название статьи приводится на русском и английском языках.

11. Аннотация приводится на русском и английском языках и повторяет структуру статьи: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования, выводы. Аннотация должна содержать не менее 200 слов.

12. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

13. Статья должна быть подписана всеми авторами.

14. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ 7.1–2003. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. В список литературы желательно включать статьи из периодических источников: научных журналов, материалов конференций, сборников научных трудов и т. п., нельзя ссылаться на неопубликованные работы. Источники (не менее 7) в списке литературы размещаются строго в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы авторов на русском языке, затем на других языках. Все работы одного автора необходимо указывать по возрастанию годов издания. Авторы несут ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы, а также за точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных. Пристатейный список литературы приводится на русском языке.

15. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

16. К статье прилагается рецензия (внешняя), составленная доктором наук по направлению исследований автора (формат jpg). Рецензия должна содержать: полное название статьи; должность автора статьи; его фамилию, имя, отчество; краткое описание проблемы, которой посвящена статья; степень актуальности предоставляемой статьи; наиболее важные аспекты, раскрытые автором в статье; рекомендацию к публикации; сведения о рецензенте (ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя, отчество, подпись, гербовая печать). Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.

AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. The author gives non-exclusive rights for the article publication to the editorship of "Vestnik of Izhevsk SAA". A license agreement template is published on the journal website (<http://izhgsha.ru>).

3. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail) in the printed form with an electronic version of the article (Microsoft Word 2003, *.rtf file or *.doc file) on CD-R, CD-RW, Flash drive.

The article should include the following structural parts: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results (supporting data and illustrative material are desirable: tables, drawings), conclusions.

4. The print size type of the text is Times New Roman, font size 14 is for the main part, 12 – for the additional text (tables, literature references etc.). Line spacing is one-and-a-half; justified alignment; automatic hyphenation. The article must be printed on paper with format of A4 (210×297). The sidelines: above, below and left – 2 cm, right – 2.5 cm. The paragraph break must be the same in the whole text (1.27 or 1.5 cm). Page numbers are put in the centre below.

5. Tables must be executed in Microsoft Word. The font of table heading is 11 (bold), table texts – 12; single space. The width of the table must be the same as the main text lines, horizontal tables should be placed in a separate file.

6. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without half-tones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

7. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

8. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

9. Information about the author should contain: the surname, first name and patronymic; science degree, academic rank, position, full name of organization – place of work of every author, city and country

(in the Russian and English languages); e-mail of every author, correspondent postal address and contact telephone number (may be one for all authors).

10. The title of the article is given in Russian and English.

11. The annotation of the article is given in Russian and English and it should reflect the structure of the article: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results, conclusions. The annotation should contain minimum 200 words.

12. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

13. The article must be signed by all its authors.

14. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST 7.0.1–2003. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. The reference list should include articles from periodicals: peer-reviewed journals, conference proceedings, collection of scientific papers etc., unpublished papers should not be put on the literature reference list.

The reference sources (not less than 7) must be listed in the references in alphabetical order. First the papers of authors are given in Russian, further in other languages. All the papers of one author should be indexed in ascending order of the years of publishing.

The authors are responsible for the correctness of data given in the literature reference list of the article, as well as for the accuracy of citations, facts, statistical information provided in the manuscript. The literature reference list is printed in the Russian language.

15. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

16. The article is enclosed with the review (external) of Doctor of Sciences in the author's research field (format jpg). The review should contain: a full title of the article; a position of the article's author, his/her surname, first name and patronymic; a brief description of the article's problem; a degree of relevance of the article; the most significant issues revealed by the author in the article; a recommendation for the article publication; information about the reviewer (science degree, academic rank, position and place of work, surname, first name and patronymic, signature, official stamp). Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.