

ISSN 1817–5457



ИжГСХА

ВЕСТНИК

Ижевской государственной

сельскохозяйственной академии

№ 3 (59) 2019



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

Подписной индекс в объединенном
каталоге «Пресса России» 40567



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

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

Ответственность за содержание статей
несут авторы публикаций.

Редактор М. Н. Перевощикова
Верстка А. А. Волкова
Перевод В. Г. Балтачев

Подписано в печать 27.09.2019 г.
Дата выхода в свет 30.09.2019 г.
Формат 60x84/8. Тираж 500 экз.
Заказ № 7874. Цена свободная.

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019

ISSN 1817-5457

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *А. И. Любимов*

Научный редактор

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

Члены редакционного совета:

Р. Р. Исмагилов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, член-корреспондент АН РБ

Х. М. Сафин – доктор сельскохозяйственных наук, академик-секретарь АН РБ

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

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

Л. М. Колбина – доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ Удмуртский НИИСХ

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

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

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

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

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

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

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

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

имени 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

EDITORIAL BOARD

Editor in chief

Doctor of Agricultural Sciences, Professor *A. I. Lyubimov*

Science editor

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

Members of Editorial Board:

R. R. Ismagilov – Doctor of Agricultural Science, Professor, Bashkir State Agrarian University, corresponding member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan

H. M. Safin – Doctor of Agricultural Science, Academician-Secretary of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan

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

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

L. M. Kolbina – Doctor of Agricultural Science, Udmurt Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences

N. A. Balakirev – Doctor of Agricultural Science, Professor, Moscow State Academy of Veterinary

Medicine and Biotechnology named K. I. Skryabin, member of the Russian Academy of Sciences

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

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

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

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

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

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

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

F. F. Muchamadjarov – Doctor of Engineering Science, Professor, Vyatka State Agricultural Academy

P. V. Dorodov – Doctor of Engineering Science, 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 Engineering Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

N. P. Kondratyeva – Doctor of Engineering Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Г. Ю. Березкина, С. С. Вострикова, В. М. Ворончихин. Вторичное сырье молочной отрасли – важнейший резерв для производства молочных продуктов	3
Т. В. Климачева, Р. Р. Абсалямов. Эколого-лесоводственные аспекты формирования пригородных территорий в районе хвойно-широколиственных лесов Прикамья	10
М. Г. Пушкарев. Оценка продуктивных качеств и эффективности выращивания норок	19
Т. Ю. Бортник, А. С. Башков, В. А. Капеев, Б. Б. Борисов. Состояние плодородия почв и продуктивность зерновых культур в СХПК имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики	24
А. К. Касимов, Н. М. Итешина. Фиторесурсный восстановительный потенциал и обустройство земель, нарушенных при гидравлической разработке россыпей	35
А. В. Перевозчиков, С. Л. Воробьева, И. М. Мануров. Динамика роста телят и их морфо-биологические характеристики крови при использовании в кормлении зерновой патоки	43

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. Г. Ипатов. Влияние лазерной высокоскоростной перекристаллизации на структуру и свойства железоуглеродистых композитов	49
А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков. Перспективы реализации тонкопленочных покрытий в ремонтном производстве	54
Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. И. Широбок. Параметры пылевоздушной смеси и их влияние на эффективность очистки воздуха в мокром пылеуловителе	59
Н. В. Хохряков, А. М. Иванова. Квантовохимические расчеты металл-углеродных нанокompозитов	63

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

G. Yu. Berezkina, S. S. Vostrikova, V. M. Voronchikhin. Secondary dairy raw material – an important reserve for the production of dairy products	3
T. V. Klimacheva, R. R. Absalyamov. Ecological and silvicultural aspects of the suburban areas formation in the area of coniferous – broadleaved forests in the Kama region.	10
M. G. Pushkarev. Evaluation of the productive qualities and effectiveness of mink cultivation	19
T. Yu. Bortnik, A. S. Bashkov, V. A. Kapееv, B. B. Borisov. Soil fertility conditions and cereal crop productivity at the agricultural production cooperative after Michyurin of the vavozhsky district udmurt republic	24
A. K. Kasimov, N. M. Iteshina. Phytoresource recovery potential and development of land disrupted during hydraulic development of scatterings.	35
A. V. Perevozchikov, S. L. Vorobieva, I. M. Manurov. Growth dynamics of calves and their morpho-biological characteristics of blood when used in feeding grain molasses	43

TECHNICAL SCIENCES

A. G. Ipatov. Effect of high-rate laser recrystallization on the structure and properties of the iron-carbon composites	49
A. G. Ipatov, S. N. Shmykov. Prospects for implementation of thin-film coatings in repairing process	54
L. Ya. Novikova, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov. Dust-air mixture parameters and their influence on the efficiency of clearing air wet scrubbers	59
N. V. Khokhriakov, A. M. Ivanova. Interaction of transition metals oxides with a cyclopentadienyl. Calculations by Density functional method.	63

Г. Ю. Березкина¹, С. С. Вострикова², В. М. Ворончихин¹

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ОАО Гамбринус

ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ МОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ – ВАЖНЕЙШИЙ РЕЗЕРВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Проведены исследования по оценке качества подсырной сыворотки и разработке на ее основе желеинового продукта с добавлением тыквенного пюре. Исследования проводились в ОАО «Кезский сырзавод» и в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Подсырная сыворотка, производимая на предприятии, полностью отвечает ГОСТ 34352–2017. Сыворотка молочная – сырье. Технические условия.

Тыквенное пюре, используемое для производства продукта, имело однородную консистенцию, хорошо выраженный тыквенный вкус и запах, оранжевый цвет. Массовая доля растворимых сухих веществ составила 7,2 %. Для производства желеинового продукта были сформированы три опытных образца: первый образец состоял из молочной сыворотки и растворенного в ней желатина, сахара и тыквенного пюре; во второй образец дополнительно добавили лимонную кислоту; третий образец состоял только из сыворотки, желатина и тыквенного пюре. В готовом продукте у всех образцов поверхность глянцевая, консистенция желеобразная. Вкус свойственен продукту, но третий образец с плохо выраженным вкусом тыквы. Цвет у первого образца насыщенный оранжевый, а у второго и третьего – светло-оранжевый. Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на лимонную кислоту) находилась в пределах от 1,76 до 1,89 %. По дегустационной оценке наибольшее количество получил образец 2 – 24,6 балла. Наибольшее содержание белков, углеводов и энергетической ценности (1,5 г, 6,2 г и 32,8 ккал соответственно) у второго образца. Срок хранения продукта должен быть не более 30-ти суток, так как на первые сутки содержание КМАФАнМ составило $0,03 \times 10^2$ КОЕ в одном грамме продукта, а на 40-е сутки этот показатель составил $1,11 \times 10^3$ КОЕ/г. Уровень рентабельности производства желеинового продукта составил 238,8–248,9 % при цене реализации одной упаковки (100 грамм) 20 рублей.

Ключевые слова: подсырная сыворотка; тыквенное пюре; желатин пищевой; дегустационная оценка; пищевая и энергетическая ценность.

Актуальность. На сегодняшний день актуальным являются вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природно-сырьевых ресурсов. При производстве пищевых продуктов остается большое количество вторичного сырья [14]. С точки зрения вторичных сырьевых ресурсов особое внимание уделяется молочной сыворотке, образующейся в ходе переработки молока.

Молочная сыворотка содержит небольшое количество молочного жира, обладающего высокой усвояемостью, способствующего усилению деятельности ферментов. В состав молочной сыворотки входит полный набор витаминов группы В, а также витамин С, никотиновая кислота, холин, витамин А, витамин Е и биотин, а также кальций, магний и пробиотические бактерии. К тому же сахар, содержащийся в сыворотке, – это молочный сахар, который легко усваивается нашим организмом [15, 17]. Сыворотка помогает организму выводить шлаки и лишнюю жидкость, а также расщеплять вредные отложения без ущерба для здоровья. Сыворотка прекрасно утоляет голод, а также улучшает работу почек и нормализует функ-

ции печени, стимулирует деятельность кишечника, помогает при ревматизме, гипертонии, улучшает кровообращение и предотвращает развитие атеросклероза, уменьшает воспалительные процессы, действует успокаивающе на нервную систему и стимулирует обмен веществ [1–4, 9, 12, 16].

Желеиновый продукт на основе молочной сыворотки – это продукт функционального назначения, так как желе имеет большое количество полезных свойств для здоровья человека. Например, оно положительно влияет на работу желудочно-кишечного тракта, способствует повышению умственной деятельности человека, укрепляет опорно-двигательный аппарат и повышает сворачиваемость крови [6, 8, 10].

При включении в состав продукта тыквы повышается его ценность, так как тыква – это диетический продукт. По концентрации углеводов, витаминов и минеральных солей она превосходит многие овощи. В ее плодовой мякоти содержится сахар, соли калия, кальция, магния, фосфора, кремниевой кислоты. В большом количестве присутствует железо, которое необходимо для процессов кроветворения. Лег-

кая усвояемость и питательность делают тыкву незаменимой при нарушении функций печени и почек. Она способствует усвоению другой, более тяжелой, пищи [5, 11, 13].

Цель работы – разработать жележный молочный продукт с использованием подсырной сыворотки и тыквенного пюре, обладающий диетическими и профилактическими свойствами.

Для этого были поставлены следующие задачи: оценить качество основного сырья (подсырная сыворотка и тыквенное пюре) по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям; разработать рецептуру и технологическую схему производства жележного продукта; провести контрольную выработку опытных образцов; оценить органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества готового продукта; рассчитать экономическую эффективность производства жележного продукта на основе молочной сыворотки.

Материал и методика исследования. Исследования проводились в период с 2017 по 2019 гг. в ОАО МИЛКОМ производственная площадка «Кезский сырзавод» и ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА на кафедре технологии переработки продукции животноводства.

Исследования проводились в два этапа:

1 этап – оценка качества сыворотки, производимой на предприятии, а также тыквенного пюре, которое идет на производство жележного продукта;

2 этап – разработка рецептуры и технологии производства жележного продукта, оценка его качества и расчет экономической эффективности производства нового продукта.

Для производства жележного продукта были сформированы три опытных образца: первый образец состоял из молочной сыворотки и растворенного в ней желатина, сахара и тыквенного пюре; во второй образец дополнительно добавили лимонную кислоту; третий образец состоял только из сыворотки, желатина и тыквенного пюре.

Качество подсырной сыворотки оценивали в соответствии с требованиями ГОСТ 34352–2017. Сыворотка молочная – сырье. Технические условия.

Качество тыквенного пюре оценивали по ГОСТ 32742–2014. Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные, консервированные асептическим способом. Технические условия.

Качество жележного продукта оценивали в соответствии с требованиями ТУ 9222–392–

00419785–05 (с изм. № 1, 2, 3). Продукты из молочной сыворотки.

Оценку органолептических показателей подсырной сыворотки проводили визуально и органолептически при температуре сыворотки 22 ± 2 °С. Определение органолептических показателей тыквенного пюре проводили в соответствии с ГОСТ 8756.1 2017.

Массовую долю сухих веществ определяли по И 9220–002–2007. Массовая доля сухих веществ в молочной сыворотке. Методика выполнения измерений рефрактометром. Перевод значения плотности, измеряемой в соответствии с ГОСТ 3625, в массовую долю сухих веществ молочной сыворотки осуществляли в соответствии с таблицей, представленной в ГОСТ. 53438–2009.

Массовую долю лактозы определяли по МВИ № 04–2006. Методика выполнения измерений массовой доли лактозы в молоке и молочных продуктах.

Титруемую кислотность определяли по ГОСТ 3624. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности (раздел 3, применительно к молоку, без добавления дистиллированной воды).

Определили микробиологические показатели: бактерии группы кишечных палочек – по ГОСТ 32901–2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа; патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, по ГОСТ 31659–2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*.

Массовую долю растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ ISO 2173. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ.

Визуально определили наличие посторонних примесей.

Полученный цифровой материал исследований обработан методом биометрической статистики при использовании соответствующих программ (Microsoft Excel, Microsoft Word).

Результаты исследования. Создание безотходных и малоотходных технологий переработки молока – постоянная и неотъемлемая часть исследований, осуществляемых в мировой науке. Поэтому в отечественной и зарубежной практике одна из главных проблем заключается в переработке вторичного молочного сырья при производстве сыра и творога – сыворотки на пищевые цели.

Показатели качества подсырной сыворотки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества подсырной несоленой сыворотки

Показатель	ГОСТ 34352–2017. Сыворотка молочная – сырье. Технические условия	Исследуемая проба
Консистенция	Однородная жидкость. Допускается наличие белкового осадка	соответствует
Вкус и запах	Свойственный молочной сыворотке, сладковатый	соответствует
Цвет	Бледно-зеленый	соответствует
Кислотность, °Т	не более 20	12,1±0,5
Массовая доля сухих веществ, %	не менее 5,0	6,40±0,01
Массовая доля белка, %	не менее 0,5	1,21±0,02
Массовая доля лактозы, %	не менее 3,5	5,04±0,01
КМАФАнМ, тыс КОЕ/г	не более 1×10 ⁵	0,02×10 ²
БГКП (колиформы) в 0,01 см ³	не допускается	не обнаружено
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 см ³ продукта	не допускается	не обнаружено

Сыворотка, производимая на предприятии, полностью отвечает требованиям нормативно-технической документации – имеет однородную консистенцию, молочный, чуть сладковатый вкус и бледно-зеленый цвет. Кислотность составила 12,1 °Т, что соответствует требованиям. Также в сыворотке высокое содержание сухого вещества – 6,4 %. По микробиологическим показателям сыворотка полностью безопасна – бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, не обнаружено.

Второй компонент, который используется при производстве нашего желе – это тыквенное пюре.

Показатели качества тыквенного пюре представлены в таблице 2.

По органолептическим показателям, тыквенное пюре, используемое для производства продукта, имело однородную консистенцию, хорошо выраженный тыквенный вкус и запах, оранжевый цвет.

Массовая доля растворимых сухих веществ составила 7,2 %.

Таблица 2 – Показатели качества тыквенного пюре

Показатель	ГОСТ 32742–2014	Исследуемый образец
Внешний вид	Однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, кожицы, семян, плодоножек и листьев	Однородная текучая масса, без посторонних включений
Вкус и запах	Хорошо выраженные, свойственные овощам, прошедшим тепловую обработку, из которых изготовлено пюре. Посторонние привкус и запах не допускаются	Хорошо выраженный тыквенный вкус и запах, посторонние привкусы не ощущаются
Консистенция	Пюреобразная текучая масса	Однородная пюреобразная масса
Цвет	Однородный по всей массе, свойственный цвету использованных зрелых фруктов или овощей, прошедших тепловую обработку	Однородный оранжевый цвет по всему объему
Массовая доля растворимых сухих веществ, не менее %	5,0	7,2±0,01

На следующем этапе нами была разработана рецептура желевого продукта и сформированы три опытных образца. Первый образец состоял из молочной сыворотки и растворенного в ней

желатина, сахара и тыквенного пюре; во второй образец дополнительно добавили лимонную кислоту, а третий образец состоял только из сыворотки, желатина и тыквенного пюре (табл. 3).

Таблица 3 – Рецептúra желейного продукта на 100 кг (без учета потерь), кг

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Тыквенное пюре	59,0	52	67
Молочная сыворотка	26,5	28,9	30,5
Желатин пищевой	2,5	2,5	2,5
Сахар-песок	12,0	16	–
Лимонная кислота	–	0,6	–
Итого	100	100	100

Технологический процесс производства желейного продукта включает следующие технологические операции: приемка и оценка основного сырья, подогрев, фильтрация, сепарирование, пастеризация и осветление в ванне ВДП; фильтрация и охлаждение, составление смеси и внесение тыквенного пюре, перемеши-

вание, фильтрация, упаковка и маркировка, доохлаждение, оценка качества готового продукта, хранение.

На последнем этапе провели оценку качества готового продукта. Органолептические и физико-химические показатели качества представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели качества готового продукта

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Внешний вид	поверхность глянцевая		
Консистенция	желеобразная однородная, плохо сохраняет форму	желеобразная однородная, сохраняющая форму	
Вкус и запах	свойственный продукту, с выраженным вкусом тыквы	свойственный продукту, со сладковатым вкусом тыквы	вкус и запах не выражены, пресный, вкус тыквы не ощущается
Цвет	оранжевый	светло-оранжевый	
Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на лимонную кислоту), %	1,81	1,76	1,89

По органолептическим показателям выработанные нами образцы имели некоторые отличия. Так, у всех образцов поверхность была глянцевая, консистенция желеобразная, но первый образец плохо сохранял свою форму. Вкус у всех был свойственен продукту, но третий образец получился пресным, с плохо выраженным вкусом тыквы. Цвет у первого образца насыщенный оранжевый, а у второго и третьего – светло-оранжевый.

По результатам дегустационной оценки наибольшее количество баллов набрал обра-

зец 2, где дополнительно вносилась лимонная кислота и сахар (24,6 балла), наименьший у образца 3, где в составе была только сыворотка, желатин и тыквенное пюре – 22,3 балла.

По результатам дегустационной оценки наибольшее количество баллов набрал образец 2, и его мы оценивали по микробиологическим показателям через каждые 10 суток.

Изменение микробиологических показателей в процессе хранения представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Микробиологические показатели качества готового продукта

Показатель	Изменение показателей				
	на 1-е сутки	на 10-й день	на 20-й день	на 30-й день	на 40-й день
КМАФАнМ, тыс. КОЕ/г	$0,03 \times 10^2$	$0,08 \times 10^2$	$0,71 \times 10^2$	$0,14 \times 10^3$	$1,11 \times 10^3$
БГКП (колиформы) в 0,01 см ³	не обнаружены				
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 см ³ продукта	не обнаружены				

При определении срока годности желеиногo продукта получили, что после 30-ти дней хранения в продукте начинается рост количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ).

Так, на первые сутки содержание КМАФАнМ составило $0,03 \times 10^2$ КОЕ в одном грамме продукта, а на 40-е сутки этот показатель составил $1,11 \times 10^3$ КОЕ, поэтому считаем, что срок хранения продукта должен быть не более 30-ти суток.

Для упаковки желеиногo продукта выбор пал на стаканчики из полипропилена. Такая посуда обладает высокими гигиеническими свойствами, отличается прочностью, например, при небольшом ударе или падении она не разобьется. Не подвергается коррозии и имеет низкую стоимость. Не впитывает посторонние запахи. Упаковка должна соответствовать

ГОСТ 33756–2016. Упаковка потребительская полимерная. Общие технические условия.

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

Важнейшим показателем экономической эффективности производства, отражающим результаты хозяйственной деятельности и обеспечивающим контроль затрат живого и овеществленного труда, является себестоимость продукции – денежное выражение текущих затрат организации на производство и реализацию продукции. Экономическую эффективность технологий определяют по конечному результату, то есть прибыли, получаемой от производства, переработки продукции.

На последнем этапе нами была рассчитана экономическая эффективность производства желеиногo продукта (табл. 6).

Таблица 6 – Экономическая эффективность производства желеиногo продукта на основе сывoротки и тыквенногo пюре

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Полная себестоимость, тыс. руб.	5180	5341,5	5260,23
В том числе 1 ед. продукта в 100 граммах	5,18	5,34	5,26
Цена реализации, руб. ед.	20	20	20
Валовая прибыль, руб./ед.	14,82	14,66	14,74
Чистая прибыль, тыс./руб.	12,8	12,75	12,82
Уровень рентабельности, %	248,9	238,8	243,7
Годовой объем, т	182,5	182,5	182,5
Годовая чистая прибыль, тыс. руб.	23360,0	23268,75	23396,5

По данным таблицы 6 видно, что годовою объем производства данного продукта составит 182,5 тонны, при этом себестоимость единицы продукции (100 грамм) наименьшая у образца 1 и составит 5,18 руб, наибольшая у образца 2 – 5,34 руб. Цена реализации у всех образцов – 20 руб. Необходимо отметить, что производство данного продукта рентабельно. Уровень рентабельности находится на уровне от 238,8 до 248,9 %.

Таким образом, молочная сывoротка является ценным сырьем при производстве молочных продуктов.

Список литературы

1. Бабенышев, С. П. Комплексный метод осветления молочной сывoротки / С. П. Бабенышев, Д. С. Мамай, Н. А. Шапаков, В. П. Уткин // Молочная промышленность. – 2017. – № 4. – С. 59–60.

2. Буянова, И. В. Перспективные технологии переработки молочной сывoротки / И. В. Буянова, С. М. Лупинская, И. А. Смирнова, И. А. Мазеева // Молочная промышленность. – 2019. – № 3. – С. 36–38.

3. Вихарева, Е. А. Основные направления переработки молочной сывoротки / Е. А. Вихарева, Н. Б. Ходяшев // Химия. Экология. Урбанистика. – 2017. – Т. 1. – С. 346–349.

4. Волкова, Т. А. Ресурсосберегающая переработка молочной сывoротки / Т. А. Волкова // Переработка молока. – 2018. – № 9 (228). – С. 22–25.

5. Валялкина, Е. М. Продукты на основе молочной сывoротки / Е. М. Валялкина // Молочная промышленность. – 2006. – № 6. – С. 81–82.

6. Евдокимов, И. А. Технологии функциональных кисломолочных продуктов с применением сывoроточных ингредиентов / И. А. Евдокимов, М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, М. И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2017. – № 6 (63). – С. 9–17.

7. Муслимова, Н. Р. Разработка технологии яблочного желе из подсырной сыворотки с желатином / Н. Р. Муслимова, Б. К. Асенова, Б. М. Кулуштаева, А. К. Игенбаев // Молодой ученый. – 2015. – № 10. – С. 26–28.
8. Пономарев, А. Н. Молочная сыворотка как сырьевой ресурс для производства пищевых ингредиентов / А. Н. Пономарев, Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова // Молочная промышленность. – 2018. – № 7. – С. 38–39.
9. Русанова, Н. М. Рациональность переработки молочной сыворотки / Н. М. Русанова // Молодежь и наука. – 2018. – № 5. – С. 112.
10. Скрипников, Ю. Г. Технологические особенности производства тыквенного пюре / Ю. Г. Скрипников, В. Ф. Винницкая, М. Ю. Коровкина // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 8. – С. 50–52.
11. Тамбовская, М. В. Пищевая и биологическая ценность молочной сыворотки / М. В. Тамбовская, Ю. Г. Стурова // Ползуновский альманах. – 2009. – № 3. – С. 318–319.
12. Титов, С. А. Переработка молочной сыворотки с применением крупнопористых керамических ультрафильтрационных мембран / С. А. Титов, А. И. Ключников, В. О. Веников, Н. Н. Корышева и др. // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – № 6. – С. 44–47.
13. Тихонов, С. Л. Безотходная мембранная технология переработки молочной сыворотки / С. Л. Тихонов, В. А. Лазарев, А. А. Муратов // Индустрия питания. – 2017. – № 1 (2). – С. 60–71.
14. Хоха, Д. С. Технологические аспекты переработки молочной сыворотки / Д. С. Хоха, Б. А. Чепетов, А. А. Степанян // НаукаПарк. – 2017. – № 2 (53). – С. 100–104.
15. Храмцов, А. Г. Прогностический взгляд на перспективы переработки молочной сыворотки / А. Г. Храмцов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – № 2–3 (362–363). – С. 9–12.
16. Ярошук, О. А. Фруктовые десерты с пектином на основе молочной сыворотки / О. А. Ярошук, Г. П. Овчарова, Л. В. Донченко // Переработка молока. – 2007. – № 12. – С. 14–15.
17. Evdokimov, I. A. The study of lactic acid and mix fermentation of demineralised whey [Text] / I. A. Evdokimov, D. N. Volodin, I. K. Kulikova, O. A. Belova, V. A. Mihneva // IDF. New Zealand, 2010. – S. 26.
4. Volkova, T. A. Resursosberegayushhaya pererabotka molochnoj syvorotki / T. A. Volkova // Pererabotka moloka. – 2018. – № 9 (228). – S. 22–25.
5. Valyalkina, E. M. Produkty na osnove molochnoj syvorotki / E. M. Valyalkina // Molochnaya promyshlennost'. – 2006. – № 6. – S. 81–82.
6. Evdokimov, I. A. Tekhnologii funktsional'nykh kislomolochnykh produktov s primeneniem syvorotochnykh ingredientov / I. A. Evdokimov, M. S. Zolotareva, D. N. Volodin, M. I. SHramko // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. – 2017. – № 6 (63). – S. 9–17.
- Muslimova, N. R. Razrabotka tekhnologii yablochnogo zhele iz podsyрной syvorotki s zhelatinom / N. R. Muslimova, B. K. Asenova, B. M. Kulushataeva, A. K. Igenbaev // Molodoy uchenyj. – 2015. – № 10. – S. 26–28.
7. Ponomarev, A. N. Molochnaya syvorotka kak syr'evoy resurs dlya proizvodstva pishhevykh ingredientov / A. N. Ponomarev, E. I. Mel'nikova, E. V. Bogdanova // Molochnaya promyshlennost'. – 2018. – № 7. – S. 38–39.
8. Rusanova, N. M. Ratsional'nost' pererabotki molochnoj syvorotki / N. M. Rusanova // Molodezh' i nauka. – 2018. – № 5. – S. 112.
9. Skripnikov, Yu. G. Tekhnologicheskie osobennosti proizvodstva tykvennogo pyure / Yu. G. Skripnikov, V. F. Vinnitskaya, M. Yu. Korovkina // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2008. – № 8. – S. 50–52.
10. Tambovskaya, M. V. Pishhevaya i biologicheskaya tsennost' molochnoj syvorotki / M. V. Tambovskaya, Yu. G. Sturova // Polzunovskij al'manakh. – 2009. – № 3. – S. 318–319.
11. Titov, S. A. Pererabotka molochnoj syvorotki s primeneniem krupnoporistykh keramicheskikh ul'trafil'tratsionnykh membran / S. A. Titov, A. I. Klyuchnikov, V. O. Venikov, N. N. Korysheva i dr. // Syrodelle i maslodelie. – 2017. – № 6. – S. 44–47.
12. Tikhonov, S. L. Bezotkhodnaya membrannaya tekhnologiya pererabotki molochnoj syvorotki / S. L. Tikhonov, V. A. Lazarev, A. A. Muratov // Industriya pitaniya. – 2017. – № 1 (2). – S. 60–71.
13. Khokha, D. S. Tekhnologicheskie aspekty pererabotki molochnoj syvorotki / D. S. Khokha, B. A. Chepetov, A. A. Stepanyan // NaukaPark. – 2017. – № 2 (53). – S. 100–104.
14. Khramtsov, A. G. Prognosticheskij vzglyad na perspektivy pererabotki molochnoj syvorotki / A. G. Khramtsov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pishhevaya tekhnologiya. – 2018. – № 2–3 (362–363). – S. 9–12.
15. Yaroshhuk, O. A. Fruktovye deserty s pektinom na osnove molochnoj syvorotki / O. A. Yaroshhuk, G. P. Ovcharova, L. V. Donchenko // Pererabotka moloka. – 2007. – № 12. – S. 14–15.
16. Evdokimov, I. A. The study of lactic acid and mix fermentation of demineralised whey [Text] / I. A. Evdokimov, D. N. Volodin, I. K. Kulikova, O. A. Belova, V. A. Mihneva // IDF. New Zealand, 2010. – S. 26.

Spisok literatury

1. Babenyshev, S. P. Kompleksnyj metod osvetleniya molochnoj syvorotki / S. P. Babenyshev, D. S. Mamaj, N. A. S. Napakov, V. P. Utkin // Molochnaya promyshlennost'. – 2017. – № 4. – S. 59–60.
2. Buyanova, I. V. Perspektivnye tekhnologii pererabotki molochnoj syvorotki / I. V. Buyanova, S. M. Lupinskaya, I. A. Smirnova, I. A. Mazeeva // Molochnaya promyshlennost'. – 2019. – № 3. – S. 36–38.
3. Vikhareva, E. A. Osnovnye napravleniya pererabotki molochnoj syvorotki / E. A. Vikhareva, N. B. Khodyashev // Khimiya. Ehkologiya. Urbanistika. – 2017. – T. 1. – S. 346–349.

Сведения об авторах:

Березкина Галина Юрьевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11; e-mail: g-berezkina@mail.ru).

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

Ворончихин Владимир Михайлович – студент 4 курса зооинженерного факультета, направление подготовки «Технология производства и переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11; e-mail: voron4ihin.volodya@yandex.ru).

G. Yu. Berezkina¹, S. S. Vostrikova², V. M. Voronchikhin¹

¹Izhevsk State Agricultural Academy

²Gambrinus Open Joint Stock Company

SECONDARY DAIRY RAW MATERIAL – AN IMPORTANT RESERVE FOR THE PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS

Studies have been conducted to assess the quality of cheese whey and develop a jelly product based on it with the addition of pumpkin puree. The studies had been carried out at the Kezsky Cheese Factory OJSC and monitored at the Izhevsk State Agricultural Academy. Cheese slurry produced at the enterprise fully complies with GOST 34352–2017 Milk whey. Technical conditions.

Pumpkin puree, used for the production of the product, had a uniform consistency, a pronounced pumpkin taste and smell, an orange color. Mass fraction of soluble solids was 7.2%. For the production of jelly product, three prototypes were formed: the first sample consisting of whey and gelatin, sugar and pumpkin puree dissolved in it; Citric acid was added to the second sample, and the third sample consisted only of whey, gelatin and pumpkin puree. In the finished product, all samples had had a glossy surface, jelly-like consistency. Taste proved to remind peculiar to a product, but the third sample had appeared with poorly pronounced taste of a pumpkin. The color of the first sample was saturated orange, while that of the second and third ones was light orange. Mass fraction of titrated acids (in terms of citric acid) ranged from 1.76 to 1.89 %. According to the tasting, the highest number received sample 2–24.6 points. The highest content of proteins, carbohydrates and energy value (1.5 g; 6.2 g and 32.8 kcal, respectively) was in the second sample. The shelf life of the product would not exceed 30 days, because on the first day, the content of the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms was 0.03×10^2 CFU per gram of the product, and on the 40th day this indicator made 1.11×10^3 CFU/g. The level of profitability of the production of jelly product has reached 238.8–248.9 %, with the cost of 20 rubles per a package (100 grams).

Key words: *cheese whey; pumpkin puree; food gelatin; tasting evaluation; nutritional and energy value.*

Authors:

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

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

Voronchikhin Vladimir Mikhailovich – Student of the Zooengineering Faculty, Training area “Technology of production and processing of animal products”, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069; e-mail: voron4ihin.volodya @ yandex.ru).

УДК 630*18

Т. В. Климачева, Р. Р. Абсалямов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАЙОНЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПРИКАМЬЯ

Различный уровень продуктивности лесов обусловлен различием природных условий местопроизрастания, однако большая роль в регулировании уровня продуктивности принадлежит направленной хозяйственной деятельности человека. Работа по созданию системы пробных площадей в естественных и искусственных насаждениях основных лесобразующих пород свидетельствует о том, что различия в условиях местопроизрастания отражаются на продуктивности древостоев и влияют на их устойчивость. Основной лесоводственно-экологический мониторинг явилась оценка состояния и роста насаждений в различных типах леса. Объектом исследований явились лесные массивы Ижевского лесничества и межселенных территорий. Выполнение полевых исследований и обработка экспериментального материала осуществлялась в соответствии с общепризнанными в таксации и в лесоводстве методами. Применялись основные лесоводственно-таксационные приемы и методы моделирования эксперимента и наблюдений. На примере постоянных пробных площадей изучены таксационные характеристики и почвенные условия. Исследования проводились на основе мониторинговых полевых работ и материалов лесоустройства. Материалы исследований расширяют и углубляют существующие представления о состоянии растительного и почвенного покрова в рекреационных зонах, о системе критериев и методов оценки их устойчивости. Пробные площади подбирались в различных типах леса и лесорастительных условиях. Влияние почвенно-гидрологических условий на производительность еловых древостоев изучалось на примере почвенно-экологического профиля. Анализ полученных данных показывает, что тесная положительная связь наблюдается между высотой еловых древостоев и содержанием в почве физической глины. Наилучшие условия роста ели наблюдаются на дерново-подзолистых почвах, в которых содержание глинистых частиц колеблется в пределах 20,1–30,0 %. На всех пробных площадях у средних модельных деревьев в первый период жизни бонитет ели более низкий, а период установления постоянного бонитета наступает в разные годы, что связано с особенностями формирования корневой системы ели на различных почвах. Легкосуглинистая почва обладает высокими лесорастительными свойствами, и еловое насаждение уже к 30 годам достигает I бонитета. На супесчаной почве (пр. пл. № 1), менее плодородной, чем легкосуглинистая, насаждение ели достигает I бонитета к 60 годам, а на бедной песчаной почве (пр. пл. № 3) только к 70 годам достигает II бонитета. Материалы исследований расширяют и углубляют существующие представления о состоянии растительного и почвенного покрова в рекреационных зонах. Научная и практическая ценность проводимых исследований по созданию банка данных, их актуализация связана с программным обеспечением и созданием компьютерных имитационных моделей лесорастительной оценки почв для различных древесных пород.

Ключевые слова: рекреация, устойчивость, древостои, экосистема, фитоценоз, ход роста насаждений, почвенные условия, ландшафтная таксация.

Актуальность: различный уровень продуктивности лесов обусловлен различием природных условий местопроизрастания, однако большая роль в регулировании уровня продуктивности принадлежит направленной хозяйственной деятельности человека.

Основные положения организации и развития лесного хозяйства Удмуртской Республики предусматривают комплекс лесохозяйственных работ по повышению продуктивности лесов. Одними из них являются мероприятия по улучшению состава и своевременному восстановлению лесов для соответствующих условий местопроизрастания.

Работа по созданию системы пробных площадей в естественных и искусственных насаждениях основных лесобразующих пород свидетельствует о том, что различия в условиях ме-

стопроизрастания отражаются на продуктивности древостоев и влияют на их устойчивость [6].

Научная и практическая ценность проводимых исследований по созданию банка данных, их актуализация связана с программным обеспечением и созданием компьютерных имитационных моделей лесорастительной оценки почв для различных древесных пород [1].

Под компьютерной моделью понимается комплекс программ, необходимых для отражения наиболее существенных показателей лесозоологической системы с целью учета, бонитировки и мониторинга лесных почв. К одному из таких комплексов относятся программы «FOREST LEND», охватывающие наиболее существенную часть интересующих нас проблем:

1) относительная оценка лесорастительного эффекта;

- 2) имитационная количественная оценка хода роста;
- 3) индикация химических свойств почв;
- 4) индикация гранулометрического состава почв;
- 5) оценка экологических условий и хода роста по высоте сосновых и еловых насаждений.

Методология, этапы работ, характеристика объектов, эколого-лесоводственный мониторинг отражены в предыдущих научных исследованиях [3, 5, 6, 11].

Концепция рекреационного использования предусматривает прежде всего базирование ее на зонально-типологической основе, с учетом природных особенностей ландшафта: рельефа, почвы, растительного и животного мира.

При лесоустройстве рекреационных лесов характеристика таксационных выделов должна дополняться оценкой показателей их рекреационного потенциала. Поскольку рекреационные леса находятся в условиях повышенного риска, то одним из важнейших условий их сохранения является организация лесного экологического мониторинга (ЛЭМ).

Рекреационные леса нуждаются в определенных режимах ведения хозяйства, специфических формах организации территории. Основной задачей ведения хозяйства в таких лесах является сохранение и восстановление природных условий, повышение устойчивости насаждений и создание регулируемого рекреационного пользования.

Цель исследования: основой лесоводственно-экологического мониторинга явилась оценка

состояния и роста насаждений в различных типах леса.

Объект, методы и условия проведения исследований. Объектом исследований явились лесные массивы Ижевского лесничества и межселенных территорий. Выполнение полевых исследований и обработка экспериментального материала осуществлялась в соответствии с общепризнанными в таксации и в лесоводстве методами. Применялись основные лесоводственно-таксационные приемы и методы моделирования эксперимента и наблюдений [1, 2, 5, 8, 9].

Результаты исследований: известно, что рекреационное значение лесов в значительной степени определяется породным составом насаждений и их возрастной структурой. В республике леса сильно нарушены продолжительной потребительской хозяйственной деятельностью. Поэтому коренных лесов в окрестностях Ижевска, Воткинска и других населенных пунктов, в особенности южных и юго-западных районов республики, не осталось. Преобладающей лесной формацией являются производные леса. Нарастание доли площадей хвойных насаждений, в том числе еловых и сосновых лесов, достигнуто, главным образом, за счет создания лесных культур. В основном это одно-возрастные монокультуры, преимущественно одно-, реже двухъярусные. В силу своих эколого-лесоводственных преимуществ наиболее посещаемы населением естественные сосновые боры. Однако они высоковозрастные, стареют и в обозримой перспективе их скорое восстановление естественным путем не ожидается [4, 5].

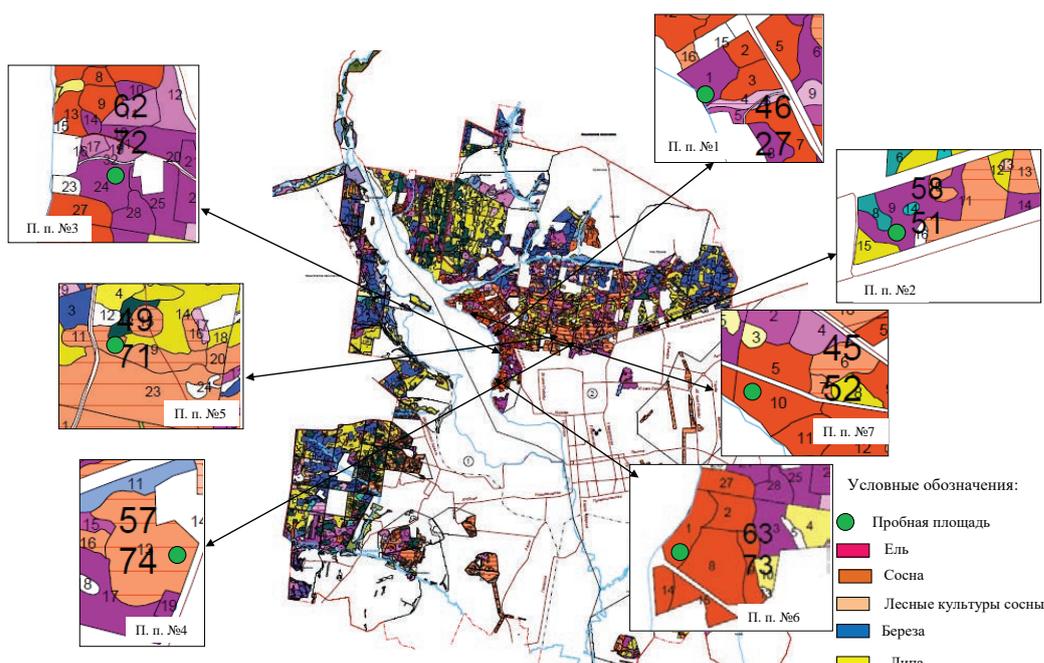


Рисунок 1 – Местонахождение пробных площадей

На рисунке 1 обозначено местонахождение пробных площадей в лесных насаждениях Ижевского лесничества. Исследования проводились на семи пробных площадях в наиболее типичных условиях произрастания. В данном случае пять пробных площадей были заложены в приспевающих и спелых насаждениях сосны и ели, расположенных около Ижевского пруда, и две пробные площади в средневозрастных искусственных насаждениях сосны, непосредственно примыкающих к городской застройке.

Пробные площади расположены на древней террасе реки Иж, сложенной мощными аллювиальными песками, на которых сформировались дерново-среднеподзолистые легко суглинистые и супесчаные почвы с суглинистыми прослойками.

Пробные площади подбирались в различных типах леса и лесорастительных условиях. Влияние почвенно-гидрологических условий на производительность еловых древостоев изучалось на примере почвенно-экологического профиля. При переходе от пойм вверх пески сменяются супесью и далее суглинком. Одновременно изменяется и глубина залегания суглинка, который приближается к дневной поверхности. Соответственно изменяются и таксационные показатели древостоев ели. Анализ полученных данных показывает, что тесная положительная связь наблюдается между высотой еловых древостоев и содержанием в почве физической глины. Наилучшие условия роста ели наблюдаются на дерново-подзолистых почвах, в которых содержание глинистых частиц

колеблется в пределах 20,1–30,0 %. При одном и том же гранулометрическом составе верхних горизонтов ельнички могут существенно различаться по высоте. В данном случае на изменение высоты древостоев оказывает влияние глубина залегания суглинка. Графически анализ связи глубины залегания суглинка с высотой древостоев позволяет заключить о значимости этого показателя и о нелинейном выражении этой зависимости:

$$H_{\text{ср}} = 28,19 - 0,017x_{16} - 0,0003x_{16}^2, R^2 = 0,70.$$

Тесная связь высоты древостоев с глубиной залегания покровного суглинка выявлена на супесчаных и песчаных почвах ($r = -0,79$). Одним из проявлений влияния глубины подстилки суглинком является различие в запасах илстых частиц и доступных элементов питания вышележащих горизонтов. Корреляционные связи между высотой еловых древостоев и запасами доступных элементов питания в почвах представлены в таблице 1. Наиболее высокие коэффициенты корреляции и корреляционного отношения установлены между высотой еловых древостоев и запасами ила, обменного калия и суммой поглощенных оснований. Связь эта прямолинейная, поскольку критерии криволинейности t_z ниже допустимого. Для отдельных почвенных слоев (0–40 см) между высотой ели и запасами калия связь криволинейная. Наиболее тесная связь обнаружена между высотой еловых древостоев и запасами элементов питания в слое 0–120 см, что свидетельствует о большой роли нижних горизонтов в обеспечении элементами питания еловых древостоев.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между таксационными показателями 80-летних еловых древостоев и признаками и свойствами дерново-подзолистых почв

Показатель	Класс бонитета	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Запас, м ³ /га	Высота, м
Возраст древостоев, лет (x_1)	–	–	–	–	–
Содержание физической глины в горизонте A_1 , % (x_2)	0,675	0,655	0,455	0,711	0,749
Содержание физической глины в залегающих под верхними отложениями почвообразующих породах, % (x_3)	0,268	0,268	-0,025	0,247	0,302
Сумма разностей содержания физической глины между почвенными горизонтами до глубины горизонта В (50–70 см, % (x_4))	0,124	-0,120	-0,112	0,138	-0,204
Содержание в верхних горизонтах почв гумуса, % (x_5)	0,462	0,543	0,329	0,628	0,645
Содержание подвижного фосфора, мг-экв / 100 г почвы (x_6)	–	–	–	–	–
Содержание обменного калия, мг-экв / 100 г почвы (x_7)	0,235	0,638	0,529	0,484	0,516
Емкость катионного обмена (ЕКО), мг-экв / 100 г почвы (x_8)	0,312	0,533	0,444	0,498	0,609

Показатель	Класс бонитета	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Запас, м ³ /га	Высота, м
Сумма поглощенных оснований, мг-экв / 100 г почвы (x_9)	0,345	0,594	0,498	0,480	0,477
Степень насыщенности основаниями, % (x_{10})	0,558	0,619	0,394	0,472	0,435
Содержание физической глины в слое 0–40 см, % (x_{11})	0,581	0,587	0,373	0,650	0,587
Содержание ила в слое 0–40 см, % (x_{12})	0,423	0,464	0,375	0,522	0,464
Мощность лесной подстилки, см (x_{13})	-0,367	-0,609	-0,074	-0,323	-0,594
Мощность $A_0+A_0A_1$ (x_{14})	0,121	-0,074	0,164	-0,049	-0,236
Отношение A_1/A_0 (x_{15})	0,364	0,430	0,207	0,251	0,521
Глубина залегания суглинка, см (x_{16})	-0,465	-0,695	-0,316	-0,610	-0,679

Анализ хода роста насаждений. В лесоводстве давно известен тот факт, что рост деревьев на протяжении всей их жизни происходит неравномерно. В очень молодом возрасте рост насаждений, а в дальнейшем прирост достигает наибольшей величины, затем снова падает. Особенно это касается ели, рост которой до 20 лет выражен слабо. Многие авторы (Нестеров, 1960; Воробьев, 1953; Атрохин, 1964; Мангалис, 1975; Куспиц, 1972) отмечают, что быстрота роста каждой древесной породы находится в тесной зависимости от почвенно-грунтовых условий, и кульминация роста наступает раньше на лучших почвах, чем на худших.

Изменение бонитета вызвано тем, что в существующих таблицах бонитетов недостаточно учитываются особенности древесных пород и условий среды. Основным препятствием к составлению таблиц с учетом биологии пород и особенно-

стей среды является убеждение некоторых лесоводов «во всеобщности типа кривых хода роста по бонитетам, якобы имеющих место для древесных пород и всех местообитаний». Многие убеждены, что отклонения от типичного параболического хода роста связаны со случаями угнетения подроста, влияния заморозков, семенным или порослевым происхождением, и изменение бонитета в старом возрасте связано только с полнотой, чаще пониженной» [1].

Для изучения изменений роста еловых и сосновых насаждений в течение жизни в различных почвенно-грунтовых условиях на пробных площадях были взяты модельные деревья по 3 экземпляра на каждой пробной площади и проведен анализ хода роста модельных деревьев в высоту. Результаты исследований хода роста модельных деревьев ели приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Ход роста средних модельных деревьев ели в высоту, м

Возрастные периоды	Высота, м			Прирост по высоте, м			Класс бонитета		
	№ пробной площади			№ пробной площади			№ пробной площади		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
–	–	–	–	1,1	2,0	0,6	–	–	–
10	1,1	2,0	0,6	1,9	4,2	1,8	II	II	III
20	3,0	6,2	2,4	3,0	6,1	3,9	II	II	III
30	6,0	12,3	6,3	6,7	4,8	3,2	II	I	III
40	12,7	17,1	9,5	4,0	2,9	3,7	II	I	III
50	16,7	20,0	13,2	4,3	3,2	3,3	II	I	III
60	21,0	23,2	16,5	2,5	1,4	2,5	I	I	III
70	23,5	24,6	19,0	3,0	1,9	2,4	I	I	II
80	26,5	26,5	21,4	–	–	2,4	II–I	II–I	II–III
90	–	–	23,8	–	–	–	–	–	II–III

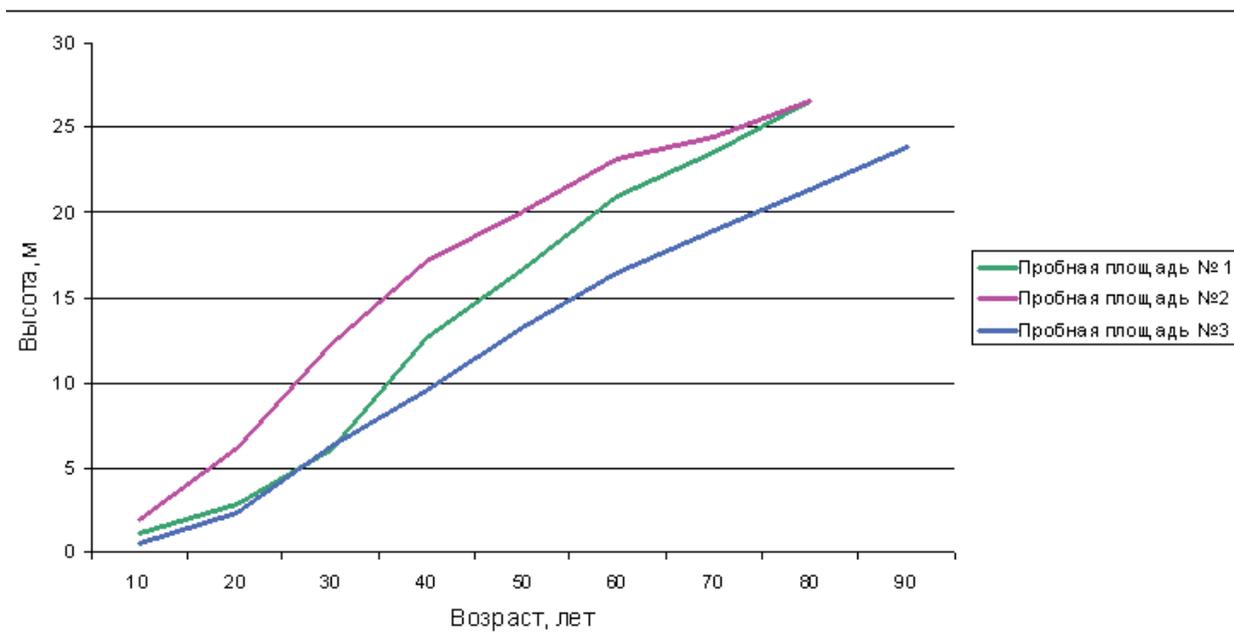


Рисунок 2 – Ход роста в высоту средних модельных деревьев в еловых древостоях

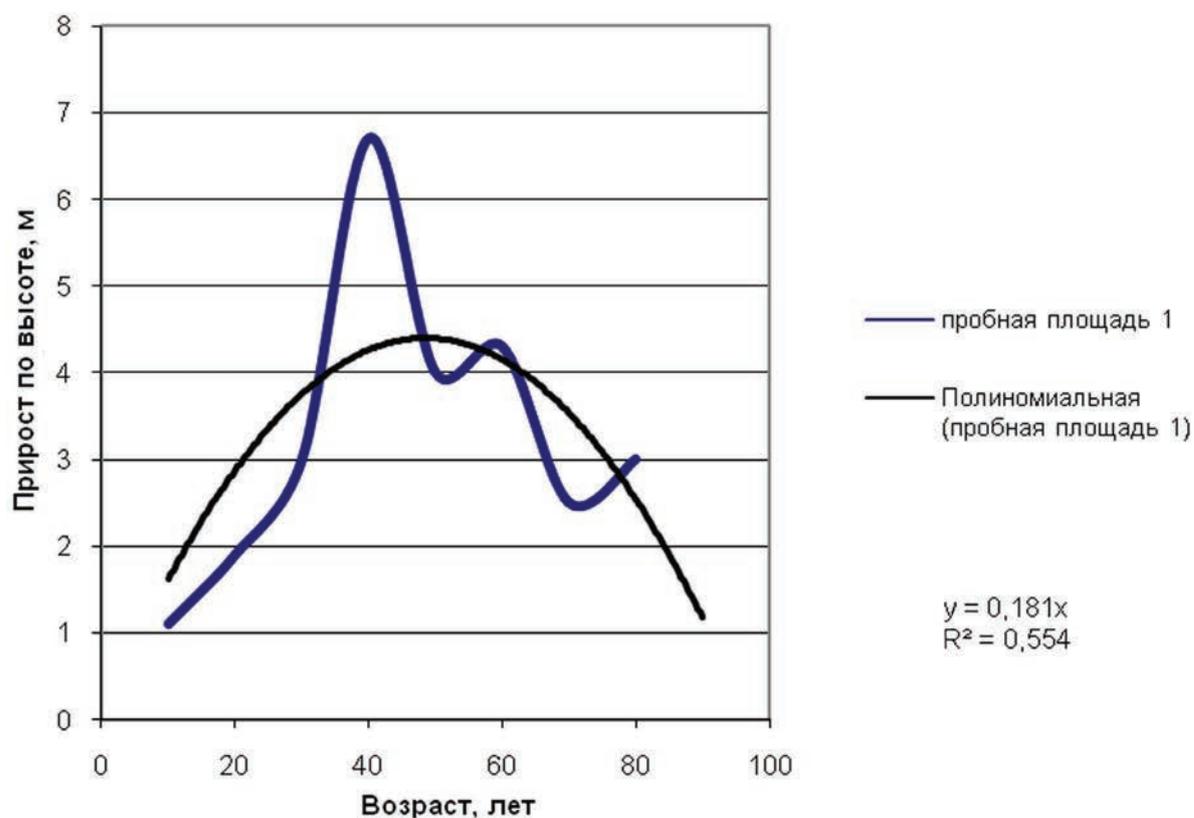


Рисунок 3 – Ход роста в высоту средних модельных деревьев в еловых древостоях

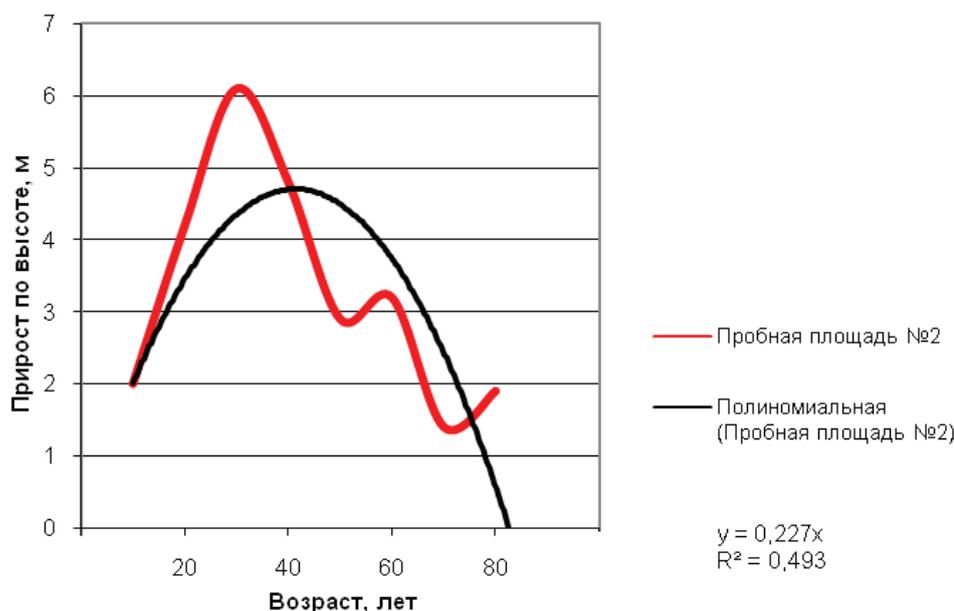


Рисунок 4 – Текущий прирост в высоту средних модельных деревьев в еловых древостоях (пробная площадь 2)

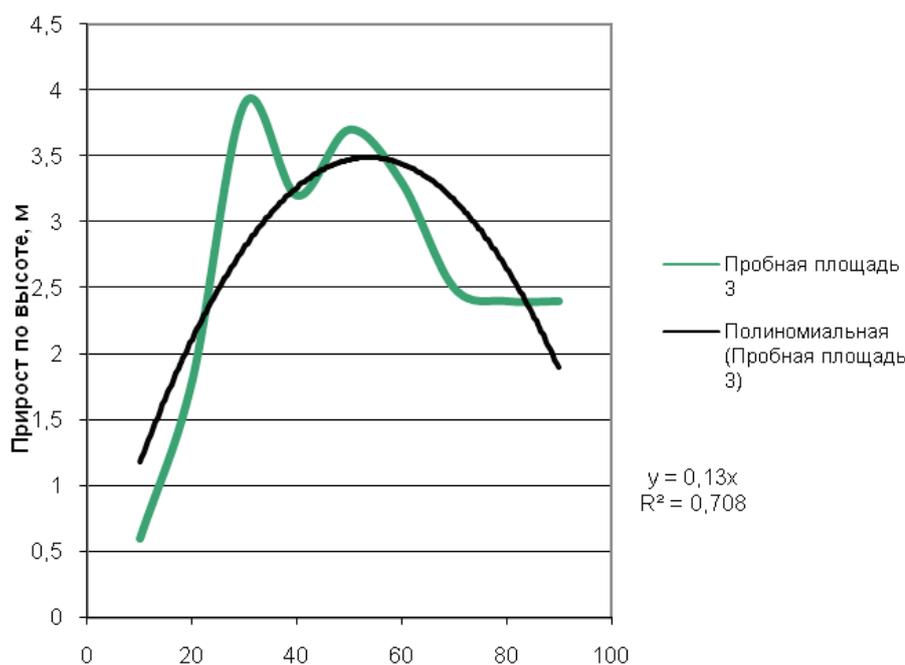


Рисунок 5 – Текущий прирост в высоту средних модельных деревьев в еловых древостоях (пробная площадь 3)

Анализ хода роста средних модельных деревьев ели в высоту показывает изменение классов бонитета в разные возрастные периоды.

На всех пробных площадях у средних модельных деревьев в первый период жизни бонитет ели более низкий, а период установления постоянного бонитета наступает в разные годы, что связано с особенностями формирования корневой системы ели на различных почвах.

Легкосуглинистая почва обладает высокими лесорастительными свойствами и еловое насаждение уже к 30 годам достигает I бонитета.

На супесчаной почве (пр. пл. № 1), менее плодородной, чем легкосуглинистая, насаждение ели достигает I бонитета к 60 годам, а на бедной песчаной почве (пр. пл. № 3) только к 70 годам достигает II бонитета.

Для более полной оценки влияния почвенно-грунтовых условий на производительность насаждений приведем для сравнения данные двух пробных площадей, заложенных в сосновых насаждениях разной производительности (табл. 3, рис. 6, 7). На так называемых «сосновых» почвах – хорошо

дренированных супесях – еловые насаждения накапливают достаточно высокий запас древесины.

В то же время на легких по гранулометрическому составу почвах ель поражается корневой губкой и к возрасту спелости ее ветровальность увеличивается.

Таблица 3 – Ход роста средних модельных деревьев сосны в высоту, м

Возрастные периоды	Высота, м		Прирост по высоте, м		Класс бонитета	
	№ пробной площади		№ пробной площади		№ пробной площади	
	6	7	6	7	6	7
–	–	–	3,3	4,3	–	–
10	3,3	4,3	4,7	4,5	II	I
20	8,0	8,0	4,0	3,4	I	I
30	12,0	12,2	3,6	2,0	I	I
40	15,6	14,2	2,4	3,3	I	II
50	18,0	17,5	2,3	2,8	I	I
60	20,3	20,3	2,2	2,0	I	I
70	22,5	22,3	1,2	1,2	I	II-I
80	24,5	23,5	–	1,4	I	II-I
90	–	24,9	–	–	–	–

Ход роста модельных деревьев сосны и ели показал существенные различия на протяжении всех периодов жизни. Анализ хода роста сосновых насаждений показывает значительно меньшие колебания бонитетов по возрастным периодам, чем еловые, что, возможно, объясняется наименьшей требовательностью сосны к плодородию почвы, чем ели. Но, тем не менее, данные примеры также наглядно иллюстрируют влияние почвенно-грунтовых условий на производительность насаждений. Так, если на глубоких песках с супесчано-суглинистыми прослойками еловое насаж-

дение достигает лишь III–II класса бонитета, то сосновое на таких же почвах растет по I классу бонитета.

Таким образом, при оценке лесорастительных свойств почвы для проведения различных лесохозяйственных мероприятий необходимо учитывать особенности роста ели и сосны для того, чтобы каждой почве соответствовала именно та порода, которая дает здесь наибольшую продуктивность. Влияние на продуктивность лесных насаждений почвенно-гидрологических условий проявляется прежде всего через гранулометрический состав почв.

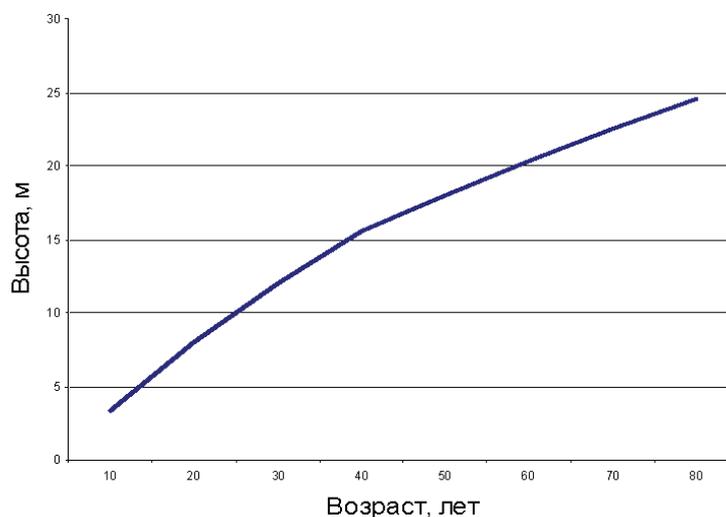


Рисунок 6 – График хода роста сосновых древостоев (пробная площадь 6)

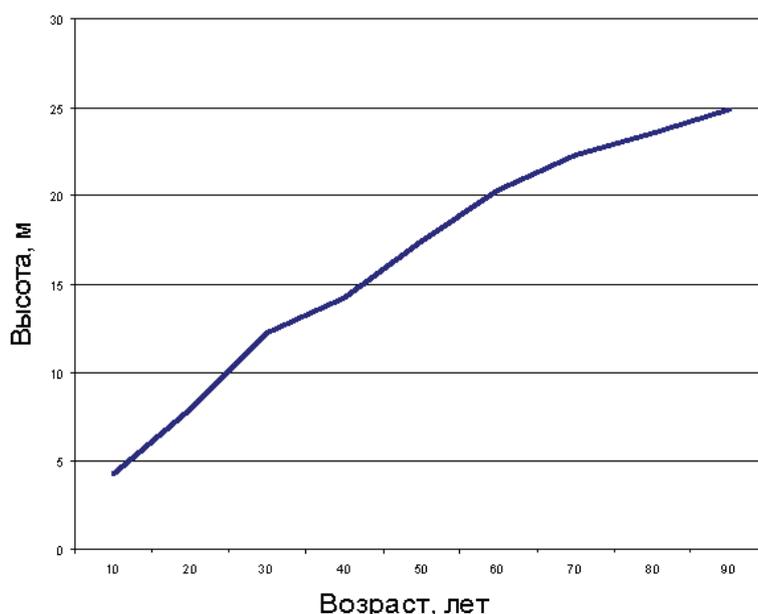


Рисунок 7 – График хода роста сосновых древостоев (пробная площадь 7)

Заключение. В последние несколько лет заметное влияние на санитарное состояние еловых древостоев, оказывает короед-типограф, пандемическая вспышка размножения которого отмечается в ряде областей европейской части России, а также в Удмуртской Республике, при этом подвергаются старовозрастные деревья. Проблема воспроизводства еловых насаждений в настоящее время в Удмуртии является чрезвычайно актуальной.

При обосновании выбора целевой породы используются как лесорастительные условия, так и особенности той или иной древесной породы. Обычно наиболее быстрорастущие хвойные породы обладают максимальными промышленными, рекреационными и природоохранными свойствами. Выбранные породы должны максимально соответствовать почвенным условиям. На территориях, где слаба газодинамика и почвы не уплотнены и мало вытаптываются, перспективной породой является сосна. По мере приближения к городу или зоне интенсивного вытаптывания целесообразно формировать открытые и полукрытые ландшафты из березы, лиственницы и липы.

Изучение роста и развития еловых насаждений в различных лесорастительных условиях Удмуртской Республики позволяет прогнозировать состояние и устойчивость природных экосистем, направление хозяйственной деятельности. С изучением процессов роста и развития связано также моделирование продуктивности древостоев.

Список литературы

1. Зеликов, В. Д. Состояние, ход работ и оценка лесных земель по почвенно-климатическим условиям Европейской части России / В. Д. Зеликов // Лесной вестник. – 2001. – № 1 (16) – С. 23–54.
2. Динамика и устойчивость рекреационных лесов. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 165 с.
3. Климачева, Т. В. Формирование лесопарковых ландшафтов пригородных лесов г. Ижевска / Т. В. Климачева // Инновационное развитие АПК: итоги и перспективы: матер. научн.-практ. конф. 06–09 февраля 2007 г. / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА – Ижевск, 2007. – С. 232–235.
4. Климачева, Т. В. Рекреационный потенциал лесов Прикамья / Т. В. Климачева, К. Ю. Прокошева // Лесной вестник. – 2009. – № 2. – С. 52–58.
5. Климачева, Т. В. Мониторинг лесопарковых ландшафтов и определение их рекреационного потенциала. методические основы: учебное пособие / Т. В. Климачева. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2010. – 105 с.
6. Климачева, Т. В. Особенности проектирования перспективных насаждений с учетом результатов почвенного обследования УР в районе хвойно-широколиственных лесов Европейской части РФ / Т. В. Климачева, Н. А. Бусоргина // Вестник Ижевской ГСХА. – 2013. – № 4 (37) – С. 14–16.
7. Материалы лесоустройства Ижевского городского лесничества, 2008.
8. ОСТ 56–69–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М.: Экология, 1992. – 17 с.
9. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В. В. Загреев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусев, А. Г. Мошкалев. – М.: Колос, 1992. – 495 с.

10. Перечень лесорастительных зон и лесных районов РФ: утверждена приказом МПР России от 9. марта 2014. г. – № 61 [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – М.: Консультант плюс, 2018.

11. Климачева, Т. В. Формирование пригородных ландшафтов: учебное пособие / Т. В. Климачева, А. А. Камашева. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018.

Spisok literatury

1. Zelikov, V. D. Sostoyanie, khod rabot i otsenka lesnykh zemel' pro pochvenno-klimaticheskimi usloviyam Evropejskoj chasti Rossii / V. D. Zelikov // Lesnoj vestnik – 2001. – №1(16) – М.: MGUL – S. 23–54.

2. Dinamika i ustojchivost' rekreatsionnykh lesov. – М.: Т-во науч.-ных изданий КМК, 2006. – 165 с.

3. Klimacheva, T. V. Formirovanie lesoparkovykh landshaftov pri-gorodnykh lesov g. Izhevsk / T. V. Klima-cheva // Innovatsionnoe razvitie APK: itogi i perspektivy: mater. nauchn.-prakt. konf. 06–09 fevralya 2007g. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2007. – S. 232–235.

4. Klimacheva, T. V. Rekreatsionnyj potentsial lesov Prikam'ya / T. V. Klimacheva, K. Yu. Prokosheva // Lesnoj vestnik M., MGUL – 2009. – №2. – S. 52–58.

5. Klimacheva, T. V. Monitoring lesoparkovykh landshaftov i opre-delenie ikh rekreatsionnogo potentsiala. metodicheskie osnovy: uchebnoe po-sobie / T. V. Klimacheva. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2010. – 105 s.

6. Klimacheva, T. V. Osobennosti proektirovanie perspektivnykh nasazhdenij s uchetom rezul'tatov pochvennogo obsledovaniya UR v rajone khvojno-shirokolistvennykh lesov Evropejskoj chasti RF / T. V. Klimacheva, N. A. Busorgina // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2013. – №4 (37) – S. 14–16.

7. Materialy lesoustrojstva Izhevskogo gorodskogo lesnichestva, 2008.

8. OST 56–69–83. Ploshhadi probnye lesoustroitel'nye. Metod zakladki. – М.:Ehkologiya, 1992. – 17 s.

9. Obshhesoyuznye normativy dlya taksatsii lesov / V. V. Zagreev, V. I. Sukhikh, A. Z. SHvidenko, N. N. Gusev, A. G. Moshkalev. – М.: Kolos, 1992. – 495 s.

10. Perechen' lesorastitel'nykh zon i lesnykh rajonov RF: utverzhdena prikazom MPR Rossii ot 9 marta 2014 g. – № 61 [Электронный ресурс]: Электрон. дан. – М.: Консультант плюс, 2018.

11. Klimacheva, T. V. Formirovanie prigorodnykh landshaftov: uchebnoe posobie / T. V. Klimacheva, A. A. Kamashева. – Izhevsk: FGOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018.

Сведения об авторах:

Климачева Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесостроительства и экологии, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16; тел. (3412) 72–72–65, e-mail: lesoust@yandex.ru).

Абсалимов Рафаэль Рамзиевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесостроительства и экологии, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16; тел. (3412) 72–72–65 e-mail: lesoust@yandex.ru).

T. V. Klimacheva, R. R. Absalyamov
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ECOLOGICAL AND SILVICULTURAL ASPECTS OF THE SUBURBAN AREAS FORMATION IN THE AREA OF CONIFEROUS – BROADLEAVED FORESTS IN THE KAMA REGION

The different level of forest productivity is determined by the difference in natural conditions of growth, but a large role in regulating the level of productivity rests in the directed human economic activity. Work on the creation of a trial areas system at natural and artificial plantations of the basic forest-forming species shows that differences in the conditions of growth affect the productivity of the tree-stands and affect their resistance. The basis of silvicultural-ecological monitoring was the assessment of the state and growth of plantations for different types of forests. Thus, the object of the study was the forests of Izhevsk Forestry and inter-populated areas. Implementation of field studies and processing of experimental material had been carried out in accordance with generally recognized methods in taxation and forestry. Applied were basic silvicultural and forest inventory techniques and methods of experimental and observational modelling. On the example of the permanent plots there were studied the taxonomic characteristics and soil conditions. The studies had been conducted on the basis of monitoring the field work and forest management materials. The materials of the study expand and deepen the existing understanding of the state of vegetation and soil cover in recreational areas, the system of criteria and methods for assessing their sustainability. Trial areas were selected in different types of forest and forest vegetation conditions. The influence of soil-hydrological conditions on the productivity of spruce stands was studied by the example of soil – ecological profile. The analysis of the obtained data shows that a close positive relationships are observed between the height of spruce stands and the content of physical clay in the soil. The best conditions for the growth of spruce were observed on sod-podzolic soils, in which the content of clay particles varies between 20.1–30.0 %. On all test areas of medium model trees in the first period of life, the bonitet of spruce is lower, and in the period of establishment of permanent bonitet occurs in different years, and that is due to the peculiarities of the root system formation of spruce on different soils. Light loamy soil

has high-mesorational properties, and by 30-year age the spruce plantings provide the I site class. On the sandy loam soil (PL. № 1), being less fertile than light-loamy soil, spruce plantings reach I Bonita by 60 years, and on poor sandy soil (etc., PL. № 3) reaches II Bonita only at 70 years old. Research materials expand and deepen the existing understanding of the state of vegetation and soil cover in recreational areas. The scientific and practical value of the research made to create a data Bank, their updating is associated with the software, and creation of computer simulation models of silvicultural evaluation of soils for different tree species.

Keywords: recreation; resistance; tree-stands; ecosystem; phytocenosis; process of planting growth; soil conditions; landscape taxation. **Authors:**

Authors:

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

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

УДК 636.934.57

М. Г. Пушкарев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ НОРОК

При проведении исследований в ООО «Зверохозяйство Можгинское» Удмуртской Республики целью работы являлась оценка продуктивных качеств и эффективности выращивания норок разных видовых окрасов: стандартного темно-коричневого (СТК), пастель, сапфир, серебристо-голубого и белого хедлунд. Для проведения исследований было отобрано 5 групп норок разных типов по 20 голов в каждой (10 самок и 10 самцов).

Более высокие показатели живой массы имели самки и самцы норки стандартная темно-коричневая. Так, у самок живая масса превосходила самок сапфир на 6,1 %, пастель – на 9,9 %, серебристо-голубых – на 6,8 %, хедлунд – на 3,3 %. Самцы СТК имели большую живую массу, чем самцы сапфир, пастель, серебристо-голубой и хедлунд на 28,5, 24,1, 20,1 и 13,2 %, соответственно. Показатели длины тела и обхвата груди стандартной темно-коричневой норки превосходили другие типы в среднем на 10–15 %. При этом нормативным показателям соответствовали самки и самцы следующих типов: стандартный темно-коричневый и белый хедлунд. Норки сапфир, пастель и серебристо-голубая имели меньшие антропометрические данные по сравнению со стандартом.

У самок окраса стандартный темно-коричневый площадь шкурок больше, чем у типа сапфир, на 8,9 %, пастель – на 8,4 %, серебристо-голубой – на 7,5 %, хедлунда – на 3,3 %. Аналогичные данные отмечаются у самцов, так, стандартный темно-коричневый тип имеет большую площадь шкурки, чем у сапфира, на 13,2 %, пастель – на 17 %, серебристо-голубой – на 13,9 %, хедлунда – на 9,8 %.

Наибольшая рентабельность при выращивании у норок типа стандартная темно-коричневая и хедлунд – 63,5 % и 58,2 %, соответственно, что подтверждается ценой реализации шкурок и племенного материала.

Ключевые слова: норки, стандартная темно-коричневая, пастель, сапфир, серебристо-голубая, белый хедлунд.

Актуальность. Звероводство – перспективная отрасль животноводства. Современные звероводческие хозяйства – это фабрики пушнины, где выращивают норку (более двадцати окрасок), лисиц (пяти), песцов (трех), нутрий (шести окрасов) и других зверей – хорьков, шиншиллы, ондатры, сурков, выдр, рысей и дру-

гих зверей. В современное время пушное звероводство нашей страны существует в условиях сильной конкуренции с зарубежными производителями.

В этой связи качество производимого меха является основным условием успешного развития данной отрасли сельского хозяйства [4, 7].

Изделия из пушно-мехового сырья всегда были в цене, особенно для российских морозов. В этой связи в звероводстве имеет немаловажное значение улучшение качественных показателей мехового сырья [2].

В рамках государственных программ, намеченных для развития пушного звероводства, принят ряд мер, направленных на расширение экономических возможностей в этой отрасли звероводства, способствующих улучшению кормовой базы, созданию в каждом зверохозяйстве стада с высокими показателями воспроизводства, расширение ассортимента пушнины и улучшение ее качества, а также внедрение комплексной механизации [1, 6].

Цель исследования: провести аналитическую оценку продуктивных качеств и эффективности выращивания норок разных типовых окрасов: стандартного темно-коричневого, пастель, сапфир, серебристо-голубого и белого хедлунд.

Задачи:

- изучить показатели развития живой массы норок разных типовых окрасов, сравнить их с нормативными данными;
- определить антропометрические данные норок на основании анализа промеров тела;
- рассчитать площадь шкурок разных групп норок;
- провести экономический анализ рентабельности пушных зверей.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований было отобрано 5 групп норок разных типов по 20 голов в каждой (10 самок и 10 самцов). Согласно методике все группы самцов и самок находились в одинаковых условиях кормления и содержания [3]. Полученные антропометрические данные норок, их живая масса, а также площадь шкурок сопоставлялись с нормативными показателями согласно ГОСТ 27769–88 [2].

Характерные особенности норок разных типов:

1. Стандартная темно-коричневая – ведущая в отрасли звероводства, которой характерно крепкое телосложение, высокая устойчивость к внешним факторам и технологии содер-

жания, а также высокая плодовитость. Стандартные норки в 1968 году утверждены в качестве породы с двумя внутрипородными типами: темно-коричневыми и черными.

2. Серебристо-голубая – норки мутантной формы, которые долго являлись лидерами при разведении. Общая окраска опушения равномерная, голубовато-серого цвета. Норки серебристо-голубой окраски впервые получены в США в 1931 г. и широко распространены во всем мире.

3. Пастель – самый распространенный тип. Она появилась в 1936 году в Канаде. Окраска изменяется от светло-коричневого цвета до коричневого с оттенком шоколадного цвета. Недостатком является способность к интенсивному поседению на втором году жизни животного. При этом норки отличаются хорошей плодовитостью и высокой жизнеспособностью.

4. Сапфир – один из самых популярных тонов норки, имеет голубой окрас и выраженную линию темного хребта. Это скандинавская норка в чистоте разводится с трудом, так как потомство слабо устойчиво к болезням. Шкурка обладает отличной износостойкостью.

5. Белая хедлунд – имеет белый окрас и голубоватый оттенок, наличие желтых – нежелательно. Норки хорошо размножаются, но вместе с геном белой окраски нередко наследуется глухота, в результате которой самки не могут нормально выращивать щенков. За рубежом белых норок разводят путем скрещивания белых самцов со стандартными самками, полученных гетерозиготных самок вновь скрещивают с белыми самцами. В результате потомство на 50 % состоит из белых и на 50 % – из помесных щенков [5, 9, 10].

Результаты исследования. В звероводстве живая масса играет важную роль, так как в первую очередь влияет на размер тела и, соответственно, площадь шкурки зверей [6]. Согласно поставленной цели исследований была проведена оценка отличительных особенностей живой массы норок разных типов окрасов (табл. 1). Контрольное взвешивание проводили перед плановым забоем.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика живой массы норок

Норка	Самки, г		Самцы, г	
	Нормативное значение	Фактическое значение	Нормативное значение	Фактическое значение
Сапфир	1600	1460±23,6*	2650	2804±31,6**
Пастель	1550	1414±27,5**	2550	2910±38,1*

Норка	Самки, г		Самцы, г	
	Нормативное значение	Фактическое значение	Нормативное значение	Фактическое значение
Серебристо-голубая	1450	1450±24,2*	2450	3012±45,9*
СТК	1300	1551±26,3**	2350	3610±49,1*
Белая хедлунд	1450	1504±28,4**	2550	3181±47,6*

Примечание: *P > 0,95, **P > 0,99

Анализируя данные живой массы норок разных типов, отмечается, что более высокие показатели имели самки и самцы норки стандартная темно-коричневая.

Так, самки СТК превосходили живую массу самок сапфир на 6,1%, пастель – на 9,9 %, серебристо-голубых – на 6,8 %, хедлунд – на 3,3 %. Самцы стандартной темно-коричневой имели большую живую массу, чем самцы сапфир, пастель, серебристо-голубой

и хедлунд на 28,5, 24,1, 20,1 и 13,2 %, соответственно.

Сравнивая динамику изменения живой массы с нормативными показателями, отмечается их соответствие у самок серебристо-голубых норок и стандартной темно-коричневой. У самцов все типы превосходят нормативные значения живой массы. Характерные значения антропометрических данных норок разных типов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные промеры тела норок

Норка	Самки, см				Самцы, см			
	длина тела		обхват груди		длина тела		обхват груди	
	Нормативное значение	Фактическое значение						
Сапфир	50–52	41,6±1,0	25–27	24,7±0,7	58–60	49,0±0,9	28–30	27,3±0,8
Пастель	48–50	42,3±0,6	25–27	24,4±0,5	56–58	49,4±0,6	28–30	26,2±0,7
Серебристо-голубая	44–48	43,0±0,9	25–27	24,2±0,5	54–56	49,8±0,7	28–30	26,7±0,9
СТК	42–44	45,5±0,7	25–27	24,6±0,6	52–54	56,5±0,5	28–30	26,8±0,5
Белая хедлунд	42–44	44,6±0,9	25–27	24,3±0,7	52–54	52,0±0,7	28–30	26,5±0,6

На основании приведенных цифровых значений таблицы 2, показатели длины тела и обхвата груди стандартной темно-коричневой норки превосходили другие типы в среднем на 10–15 %. При этом нормативным показателям соответствовали самки и самцы следующих типов: стандартный темно-коричневый

и белый хедлунд. Норки сапфир, пастель и серебристо-голубая имели меньшие антропометрические данные по сравнению со стандартом.

На основании антропометрических данных определена площадь шкурок норок разных групп, которая представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Площадь шкурок пушных зверей

Норка	Самки, см ²	Самцы, см ²
Сапфир	1027,5±4,7	1337,9±4,7
Пастель	1032,1±5,4	1294,2±4,2
Серебристо-голубая	1040,6±3,8	1329,6±4,5
Стандартная темно-коричневая (СТК)	1119,3±2,8	1514,2±4,0
Белая хедлунд	1083,7±4,0	1378,0±4,4

Согласно данным табличных значений, у самок окраса стандартный темно-коричневый площадь шкурки больше, чем у типа сапфир, на 8,9 %, пастель – на 8,4 %, серебристо-голубой – на 7,5 %, хедлунда – на 3,3 %. Аналогичные данные отмечаются у самцов, так, стандартный темно-коричневый тип имеет большую площадь шкурки, чем у сапфи-

ра, на 13,2 %, пастель – на 17 %, серебристо-голубой – на 13,9 %, хедлунда – на 9,8 %.

На основании проведенных исследований, с учетом продуктивных показателей и племенной ценности норки разных видовых окрасов, основные экономические показатели, определяющие эффективность их выращивания, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Экономическая эффективность выращивания норки

Показатель	Сапфир	Пастель	Серебристо-голубая	Стандартная темно-коричневая	Белая хедлунд
Себестоимость 1 гол., руб.	1460	1460	1460	1460	1460
Цена реализации 1 гол., руб.	2350	2750	2259	4000	3500
Цена реализации 1 шкурки, руб.	1813	1545	1544	1553	2025
Прибыль от реализации племенного материала 1 гол., руб.	890	1290	799	2540	2040
Уровень рентабельности, %	37,8	46,9	35,3	63,5	58,2

Таким образом, наибольшая рентабельность была при выращивании норки типа стандартная темно-коричневая и хедлунд – 63,5 % и 58,2 %, соответственно, что подтверждается ценой реализации шкурки и племенного материала. Наименьшая прибыль отмечается при реализации норки типа сапфир и серебристо-голубая – 37,8 и 35,3 %, соответственно.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать к выращиванию норки типа стандартная темно-коричневая, белая хедлунд и пастель. Шкурки норки сапфир и серебристо-голубая также пользуются спросом, поскольку имеют отличительный по качеству и окрасу ценный мех, который ориентирован на различные запросы потребителей.

Список литературы

1. Берестов, В. А. Звероводство / В. А. Берестов. – СПб: Изд-во «Лань», 2002. – 480 с.
2. ГОСТ 27769–88 Шкурки норки клеточно-го разведения невыделанные. – Введен 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 15 с.
3. Демина, Т. М. Методические рекомендации по отбору и племенному использованию норки клеточно-го разведения / Т. М. Демина, Н. К. Шульгина. – М., 2003. – 32 с.
4. Ильина, Е. Д. Звероводство // Е. Д. Ильина, А. Д. Соболев – М.: Агропромиздат, 2007. – 288 с.
5. Колдаев, Н. А. О необходимости совершенствования технологии звероводства / Н. А. Колдаев, С. А. Орехов // Кролиководство и звероводство. – 2007. – № 5. – С. 13–17.

6. Пушкарев, М. Г. Пути повышения воспроизводительных качеств норки в ООО «Зверохозяйство Кизнерское» Удмуртской Республики / М. Г. Пушкарев // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 3-х томах / ФГОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2017. – С. 112–114.

7. Пушкарев, М. Г. Оценка качества мехового сырья норки в ООО «Зверохозяйство Можгинское» Удмуртской Республики / М. Г. Пушкарев // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 3-х томах / ФГОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2017. – С. 114–117.

8. Пушкарев, М. Г. Технология разведения норки в условиях Удмуртской Республики / М. Г. Пушкарев // Современному АПК – эффективные технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию д. с.-х. наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации В. М. Макаровой, г. Ижевск : в 5 т. – Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 2. Зоотехния и ветеринарная медицина. – С. 276–278.

9. Zschille, J. Gender differences in activity patterns of American mink in Germany [Text] / J. Zschille, N. Stier, M. Roth // European Journal of Wildlife Research. – 2010. – Vol. 56. – № 2. – S. 187–194.

10. Fuller, A. K. Estimating population density and connectivity of American mink using spatial capture-recapture [Text] / A. K. Fuller, C. S. Sutherland, J. A. Royle [et al.] // Ecological Applications. – 2016. – Vol. 26. – № 4. – S. 1125–1135.

Spisok literaturey

1. Berestov, V. A. Zverovodstvo / V. A. Berestov. – М.: Lan', 2002. – 480 s.
2. GOST 27769–88 SHkurki norki kletochnogo razvedeniya nevydelannye. Vveden 01.01.90. – М.: Izdvo standartov, 1988. – 15 s.
3. Demina, T. M. Metodicheskie rekomendatsii po otboru i plemennomu ispol'zovaniyu norok kletochnogo razvedeniya / T. M. Demina, N. K. SHul'gina. – М., 2003. – 32 s.
4. Il'ina, E. D. Zverovodstvo // E. D. Il'ina, A. D. Sobolev – М.: Agro-promizdat, 2007. – 288 s.
5. Koldaev, N. A. O neobkhodimosti sovershenstvovaniya tekhnologii zverovodstva / N. A. Koldaev, S. A. Orekhov // Krolikovodstvo i zverovodstvo – № 5.– 2007. – S. 13–17.
6. Pushkarev, M. G. Puti povysheniya vosproizvoditel'nykh kachestv norok v OOO «Zvero-khozyajstvo Kiznerskoe» Udmurtskoj Respubliki / M. G. Pushkarev // Nauchno obosnovan-nye tekhnologii intensivatsii sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva: mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v 3-kh tomakh. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii, FGBOU VO Izhevskaya GSKHA / FGOU VO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk, 2017. – S. 112–114.
7. Pushkarev, M. G. Otsenka kachestva mekhovogo syr'ya norok v OOO «Zverokhozyajstvo Mo-zhginskoe»

Udmurtskoj Respubliki / M. G. Pushkarev // Nauchno obosnovannye tekhnologii intensivatsii sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva: mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v 3-kh tomakh. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii, FGBOU VO Izhevskaya GSKHA / FGOU VO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk, 2017. – S. 114–117.

8. Pushkarev, M. G. Tekhnologiya razvedeniya norok v usloviyakh Udmurtskoj Respubliki / M. G. Pushkarev // Sovremennomu APK – ehffektivnye tekhnologii: mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashhennoj 90-letiyu d. s.-kh. nauk, professora, zaslužennogo deyatelya nauki Rossijskoj Federatsii, pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya Rossijskoj Federatsii V. M. Makarovoju, g. Izhevsk : v 5 t. – Izhevsk : FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. – T. 2. Zootekhniya i veterinarnaya meditsina. – S. 276–278.

9. Zschille, J. Gender differences in activity patterns of American mink in Germany [Text] / J. Zschille, N. Stier, M. Roth // European Journal of Wildlife Research. – 2010. – Vol. 56. – № 2. – S. 187–194.

10. Fuller, A. K. Estimating population density and connectivity of American mink using spatial capture-recapture [Text] / A. K. Fuller, C. S. Sutherland, J. A. Royle [et al.] // Ecological Applications. – 2016. – Vol. 26. – № 4. – S. 1125–1135.

Сведения об авторе:

Пушкарев Михаил Георгиевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (426069, Российская федерация, ег. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: zif@izhgsha.ru).

M. G. Pushkarev

Izhevsk State Agricultural Academy

EVALUATION OF THE PRODUCTIVE QUALITIES AND EFFECTIVENESS OF MINK CULTIVATION

When carrying out researches in Mozhginsky Fur Farm, Udmurt Republic, the purpose of work was assessment of productive qualities and effectiveness of cultivation of minks of different specific colors: standard dark brown, pastel, sapphire, silver-blue and white hedlund. To perform researches, 5 mink groups of different species, up to 20 heads each were selected (10 females and 10 males).

Females and mink males of standard dark-brown had had higher rates of alive weight. Thus, females' alive weight exceeded sapphire females by 6.1 %, pastel – by 9.9 %, silver-blue – for 6.8 %, and hedlund – by 3.3 %. STK's males had had larger alive weight compared to that of sapphire-males', pastels', silver-blues' and hedlunds' by 28.5, 24.1, 20.1 and 13.2 %, respectively. Indexes of the body length and that of the bust of the standard dark-brown mink surpassed other types by 10–15 %, in average. Meanwhile, to standard indicators there corresponded females and males of the following types: standard dark-brown and white hedlund. Sapphire, pastel and silver-blue mink had had smaller anthropometric data in comparison with the standard ones.

Females of standard dark-brown mink the square of skins was more than withr sapphire type – by 8.9 %, pastel – by 8.4 %, silver-blue – by 7.5 %, and the hedlund – by 3.3 %. Similar data have been fixed for the males; the standard dark-brown type has a larger skin square compared to sapphire – by 13.2 %, pastel – by 17 %, silver-blue – by 13.9 %, and the hedlund – by 9.8 %.

The greatest profitability from mink cultivation has proved for the standard dark-brown type and for the hedlund – 63.5 % and 58.2 %, respectively, that is confirmed by the skins' and breeding material marketing prices.

Key words: mink, standard dark-brown, pastel, sapphire, silver-blue, white hedlynd.

Author:

Pushkaryov Mikhail Georgiyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Private Livestock Department, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069; e-mail: zif@izhgsha.ru).

УДК [631.452+633.1] (470.51)

Т. Ю. Бортник¹, А. С. Башков¹, В. А. Капеев², Б. Б. Борисов²¹ ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА² Колхоз (СХПК) имени Мичурина Вавожского района
Удмуртской Республики, РФ

СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СХПК ИМЕНИ МИЧУРИНА ВАВОЖСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В современном сельскохозяйственном производстве при получении стабильной и высокой урожайности сельскохозяйственных культур важной задачей является воспроизводство плодородия почв. В связи с этим необходимо постоянно осуществлять мониторинг почвенного плодородия. В условиях СХПК имени Мичурина Вавожского района в 2015 и 2017 гг. методом ключевых площадок проведена оценка уровня плодородия дерново-подзолистых почв. Средний относительный индекс окультуренности почв по данным 2015 г. составил 0,71; в 2017 г. – 0,59, что следует отнести к средней и низкой степени окультуренности почв на обследуемых полях соответственно.

В 2015 г. выявлена тесная связь урожайности зерновых культур с агрохимическими показателями дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы. Коэффициент множественной корреляции $R = 0,8454$. В условиях 2017 г. получена слабая корреляционная связь рассматриваемых показателей. Парные уравнения регрессии показали тесную прямую корреляционную связь урожайности зерна с основными агрохимическими показателями; коэффициенты корреляции составили: с содержанием гумуса 0,60–0,68; подвижного фосфора 0,70–0,80 и подвижного калия 0,53–0,63. Коэффициент корреляции урожайности зерна с относительным индексом окультуренности почв составил 0,81. Таким образом, в СХПК имени Мичурина урожайность в значительной степени определяется уровнем плодородия почвы.

В 2014–2016 гг. средняя ежегодная насыщенность 1 га пашни хозяйства органическими удобрениями составила 2,1–5,7 т; минеральными удобрениями – 48–65 кг д. в. При этом складывается положительный баланс гумуса. В поступлении органического вещества значительную роль играет использование соломы и насыщение структуры посевных площадей многолетними бобовыми травами (клевер луговой) до 50 %. Однако в рассматриваемый период получен близкий к нулевому и отрицательный баланс азота, фосфора и калия. Следовательно, в СХПК имени Мичурина при получении высоких и стабильных урожаев зерновых культур одновременно идет истощение плодородия почвы, особенно по обеспеченности подвижными формами элементов питания (фосфора и калия).

Ключевые слова: урожайность, зерновые культуры, агрохимические показатели; дерново-подзолистые почвы.

Актуальность. В настоящее время в условиях производства получать высокие и стабильные урожаи и в то же время поддерживать уровень плодородия почв на достаточном уровне для большинства сельскохозяйственных предприятий довольно проблематично. Основной причиной является диспаритет цен на сельскохозяйственную продукцию и минеральные удобрения, а также горючее. В этих условиях использование классических систем удобрения не является экономически эффективным, что отрицательно сказывается не только на уровне урожайности, но и проявляется в снижении плодородия почв. Г. А. Титов и другие (2010) отмечают, что плодородие почв как один из факторов экологического состояния агропромышленного комплекса стало заложником финансового состояния сельскохозяйственных предприятий; такое поло-

жение без государственной поддержки вряд ли улучшится [15].

Лишь некоторые хозяйства способны поддерживать системный и комплексный подход к применению всех технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе использования всех видов удобрений, и на этой основе получать высокую и устойчивую продуктивность пахотных угодий.

В Удмуртской Республике таким предприятием является СХПК имени Мичурина Вавожского района. В этом хозяйстве внедрена адаптивно-ландшафтная система земледелия, широко используются приемы биологизации севооборотов, энерго- и ресурсосберегающей технологии обработки почв с учетом почвенно-климатических и хозяйственных условий. Данное предприятие более 30 лет ра-

ботаает в тесном контакте с учеными ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА; издан ряд совместных публикаций [6, 8, 7]; на базе хозяйства проводятся научно-практические конференции и семинары с участием специалистов и ученых Удмуртской Республики, Пермского края, Татарстана, Башкортостана и в целом Приволжского региона России.

Многолетнее систематическое внесение извести и органических удобрений, соблюдение научно обоснованного чередования культур, использование продуктивных сортов и гибридов, расширение посевов бобовых культур, минимализация обработки почвы и рациональное использование макро- и микроудобрений позволили осуществить расширенное воспроизводство плодородия дерново-сильнопodzolistых почв. Реализация предложений по совершенствованию адаптивной системы земледелия обеспечивает стабильное получение продуктивности полевых культур на уровне 6,0–8,5 т/га з. ед.

Целью исследований являлась оценка связи продуктивности зерновых культур с основными агрохимическими показателями дерново-подзолистых почв в условиях производства. Исследования проведены на базе СХПК имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики. В задачи исследований входило:

- выявить связь урожайности зерновых культур с агрохимическими показателями дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы;
- дать оценку окультуренности почв по среднему относительному индексу плодородия;
- рассчитать баланс элементов питания в земледелии на примере рассматриваемого хозяйства.

Материалы и методы. Для оценки уровня плодородия почв хозяйства в 2015 и 2017 гг. использовался метод ключевых площадок. Анализ почвенных проб проведен в соответствии с общепринятыми методиками [11]. На ключевых площадках в условиях производства урожайность учитывали методом пробного снопа. Математическая обработка результатов проведена на ПЭВМ с помощью прикладных программ Microsoft Excel. Наличие тесноты связи показателей установлено методом корреляционно-регрессионного анализа [3]. Вариационный анализ проведен с использованием онлайн-сервиса [13]. Расчет баланса элементов питания проведен по рекомендациям ВНИИА [5].

В 2015 г., в сравнении со средними многолетними данными, температура воздуха была близка к климатической норме и выше нормы; осадки выпадали в достаточном количестве; в целом условия вегетационного периода сложились вполне благоприятно для получения урожайности сельскохозяйственных культур. В течение вегетационного периода 2017 г. температура воздуха была выше климатической нормы, количество выпавших осадков также превышало среднее многолетние данные. В условиях данного года агрометеорологические условия также благоприятствовали получению высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований. Преобладающими почвами колхоза (СХПК) имени Мичурина являются дерново-сильнопodzolistые среднесуглинистого гранулометрического состава. Около 3,7 % пашни составляют супесчаные почвы; 42,4 % приходится на легкосуглинистые почвы и среднесуглинистые занимают 52,9 % пашни.

Возделывание сельскохозяйственных культур проводится в полевом и кормовом севооборотах. Каждая культура размещается по отличным и хорошим предшественникам. Солома озимых зерновых культур полностью на всей площади заделывается в почву, что компенсирует потери гумуса и служит удобрением для других культур.

Формированием научно обоснованной структуры посевных площадей с целью ее совершенствования в СХПК имени Мичурина занимаются постоянно (табл. 1). Все культуры и особенно возделываемые сорта должны быть обязательно адаптированными к местным условиям, иметь наибольшую и стабильную урожайность, устойчивость к болезням и вредителям, способствовать улучшению фитосанитарного состояния и не снижать своей продуктивности при переходе к минимализации обработки почвы. В задачи при совершенствовании структуры посевных площадей входит удовлетворение потребностей животноводства в разнообразных кормах и потребности хозяйства в зерне, как фуражном, так и продовольственном. Кроме того, СХПК имени Мичурина является элитно-семеноводческим хозяйством, поэтому необходимо производить необходимое количество семян зерновых культур репродукции элита [6].

В связи с этим в структуру посевных площадей были введены изменения во времени. В частности, сократились площади посева озимой ржи, значительно расширились площади посева озимой и яровой пшеницы. Умень-

шилась доля зерновых в общей площади посевов и увеличилась доля кормовых. Серьезные изменения с 1990–1995 гг. произошли в структуре посевов кормовых культур. Уменьшились площади однолетних трав, так как корма из них имели относительно высокую себестоимость. Самая дешевая по себестоимости

кормовая единица получается при выращивании многолетних бобовых трав наиболее урожайных и скороспелых сортов, особенно клевера. В настоящее время ассортимент бобовых трав увеличился, кроме клевера возделываются люцерна, козлятник восточный, люцерна и смесь бобовых многолетних трав.

Таблица 1 – Структура посевных площадей по группам культур и видам паров в СХПК имени Мичурина

Наименование групп культур, культура	Год			
	1990		2015	
	Площадь		Площадь	
	га	%	га	%
1. Всего посевов	3001	100	4391	100
2. Зерновые культуры – всего, в том числе:	1281	42,7	1470	30,5
Озимые всего, в том числе:	597	19,9	494	10,2
– озимая пшеница	–	–	194	4
– озимая рожь	597	19,9	300	6,2
Яровые всего: в том числе:	684	22,8	976	20,3
– пшеница	–	–	307	6,4
– ячмень	277	9,2	462	9,7
– овес	313	10,4	127	2,6
– горох	80	2,7	80	1,6
– гречиха	14	0,5	–	–
3. Технические культуры	–	–	53	1,1
4. Картофель	74	2,5	100	2,1
Наименование групп культур, культура	Год			
	1990		2015	
	Площадь		Площадь	
	га	%	га	%
– однолетние травы на зеленый корм и сено	412	13,7	120	3,5
– многолетние травы	692	23,0	2341	51,4
– корнеплоды	–	–	20	0,4
7. Сидеральный пар	460	15,4	–	–

В настоящее время наибольшую площадь посевов занимают многолетние травы, которые возделываются на 2341 га, что составляет 51,4 %.

В СХПК имени Мичурина внедряются приемы энерго-ресурсосберегающей минимальной обработки почвы.

Основная обработка почвы начинается сразу же после уборки предшественника и проводится с учетом биологических особенностей каждой культуры. Правильная обработка почвы обеспечивает поступление питательных

элементов из почвы, что способствует повышению урожайности.

При ограниченных ресурсах минеральных удобрений рекомендуется научно обоснованное планирование их использования применительно к конкретным природно-хозяйственным условиям в целях получения от удобрений наибольшей прибыли, высокого качества продукции и обеспечения безопасности ее для человека [14].

В СХПК им. Мичурина используются как минеральные, так и органические удобрения (табл. 2).

Таблица 2 – Применение органических и минеральных удобрений в СХПК имени Мичурина

Вид удобрения	Единицы измерения	2014	2015	2016	Среднее за 3 года
Органические	т	26785	27408	24536	26243
Минеральные	т д. в.	238	251	229	239
в том числе азотные	т д. в.	144	130	134	136
фосфорные	т д. в.	47	44	46	46
калийные	т д. в.	47	77	49	58
Насыщенность органическими удобрениями	т/га	6,1	5,7	5,1	5,6
Насыщенность минеральными удобрениями	кг/га	54,2	52,2	47,6	51,3

Органические удобрения необходимо использовать как источник возврата макро- и микроэлементов питания растений в почву, так и средство стабилизации производства сельскохозяйственной продукции и повышения устойчивости агроэкосистем к неблагоприятным абиотическим и биотическим стрессорам [16]. В хозяйстве большое внимание уделяют органическим удобрениям для получения бездефицитного баланса гумуса. Из минеральных удобрений используют аммиачную селитру, карбамид, а также комплексные удобрения.

Дозы удобрений в хозяйстве устанавливаются ориентировочно с учетом планируемой урожайности культур и обеспеченности почвы элементами питания согласно рекомендациям для Удмуртской Республики и Среднего Предуралья [11]. Система удобрения озимых культур включает обязательную азотную подкормку. Используются современные посевные агрегаты с обязательным припосевным внесением удобрений, преимущественно комплексных. Система удобрения картофеля также включает припосадочное внесение полного минерального удобрения. Следует отметить, что эффективность удобрений проявляется при обязательном условии использования системы защиты растений от вредителей, болезней и сорных растений, поэтому в СХПК имени Мичурина принята система защиты со строгим соблюдением всех технологических особенностей используемых приемов.

Системное проведение мероприятий по воспроизводству плодородия почвы и особенно увеличение применения соломы, возделывание многолетних трав (клевера лугового), а также повышение урожайности сельскохозяйственных культур способствовало увеличению насыщенности пашни органическими удобрениями – за последние годы до 5,6 т/га

пашни. Это значительный результат, если учесть, что в среднем по Удмуртской Республике за последние годы насыщенность органическими удобрениями не превышает 1 т/га.

R. Andersson (2007) отмечает, что крайне важно иметь адекватные системы мониторинга для отслеживания возможных изменений состояния плодородия почв. Эти изменения могут быть связаны с особенностями ведения сельскохозяйственного производства, а также с изменениями климата в конкретных условиях [17]. В СХПК имени Мичурина в 2014 г. был произведен отбор образцов почвы для VIII цикла агрохимического обследования пахотных почв хозяйства на площади 3351 га (табл. 3). Предыдущее обследование пашни проводилось в 2004 г. Результаты анализа показали, что из общей обследованной площади к сильно- и среднекислым относится 753 га, на которые приходится 22,5 % пахотных земель. Преобладают слабокислые почвы, доля которых составляет почти половину всех пахотных земель хозяйства. Близкие к нейтральным и нейтральные почвы занимают 29,5 %. Средневзвешенное значение показателя кислотности почв по хозяйству составило 5,3 единицы рН. Таким образом, по кислотности пахотные земли хозяйства в целом благоприятны для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, в том числе интенсивных сортов.

По обеспеченности фосфором почвы пахотных угодий отличаются разнообразием. Имеются почвы практически всех групп; преобладают почвы со средним и повышенным содержанием, недостаточно почв, имеющих высокую и очень высокую обеспеченности этим элементом.

Калием почвы хозяйства обеспечены значительно хуже; так, преобладают почвы с низким и средним содержанием, на долю которых приходится более 2/3 от площади пашни.

Таблица 3 – Агрохимическая характеристика почв в СХПК имени Мичурина Вавожского района УР

Агрохимический показатель	Площадь, доля	Группа					
		1	2	3	4	5	6
рН солевой вытяжки	га	–	180	573	1608	778	212
	%	–	5,4	17,1	48,0	23,2	6,3
Содержание подвижного фосфора	га	–	599	942	849	617	293
	%	–	17,9	28,1	25,3	18,4	8,7
Содержание подвижного калия	га	–	1074	1278	482	196	321
	%	–	32,1	38,1	14,4	5,8	9,6
Содержание органического вещества	га	–	91	610	1382	1140	128
	%	–	2,7	18,2	41,2	34,0	3,8

Средневзвешенное содержание подвижного калия в почвах хозяйства составляет 126 мг на 1 кг почвы. Достаточно благоприятно гумусовое состояние почв хозяйства; преобладает повышенная и высокая обеспеченность.

Средневзвешенное содержание органического вещества составляет 3,0 %.

В связи с расширенным воспроизводством плодородия почв и внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия в СХПК имени Мичурина выражен рост урожайности всех сельскохозяйственных культур (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность сельскохозяйственных культур в СХПК имени Мичурина, т/га

Культура	Продукция	1990 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Озимая пшеница	зерно	–	3,34	2,73	2,49
Озимая рожь	зерно	2,73	3,16	2,59	3,50
Яровая пшеница	зерно	–	3,41	2,94	3,42
Ячмень	зерно	3,48	4,87	2,98	3,53
Овес	зерно	3,18	3,15	3,78	3,46
Горох	зерно	3,38	4,70	2,88	2,37
Картофель	клубни	17,9	28,9	30,3	20,0
Кукуруза	з/м	18,6	42,0	44,1	29,5
Однолетние травы	з/м	18,6	12,4	11,2	10,3
Многолетние травы	з/м	10,4	12,0	14,0	11,1
	сено	2,93	2,75	2,54	2,61
	семена	–	0,15	0,07	0,25

Во многом урожайность зависела от погодно-климатических условий в разные годы возделывания культур, а также от внесения минеральных и органических удобрений. Немаловажную роль также играют приемы ухода за посевами, в том числе применение комплекса защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

Согласно данным таблицы 4, урожайность культур в СХПК им. Мичурина в период 2014–

2016 гг. была достаточно стабильна. В 2015–2016 гг. уровень урожайности зерновых несколько ниже в связи с высокими температурами и относительным недостатком влаги в мае–июне, однако в целом показатели урожайности значительно превышают средний уровень урожайности в Вятско-Камской земледельческой провинции, в том числе и в Удмуртской Республике и Нечерноземной зоне России.

В 2015 г. для оценки связи продуктивности зерновых культур с основными агрохимическими показателями дерново-подзолистых почв на землепользовании СХПК имени Мичурина на двух полях, где возделывались озимая рожь и озимая пшеница, были выбраны

30 ключевых площадок, с которых в период уборки отобраны почвенные пробы с пахотного слоя. С этих же площадок убраны снопы, где была определена биологическая урожайность. Вариационный анализ полученных результатов представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Статистические характеристики урожайности и агрохимических показателей почвы (2015 г.)

Показатели	Lim	X ±δ _x	V, %
Урожайность, т/га (y)	2,12–3,64	2,69±0,09	19,1
Гумус, % (x1)	2,70–3,40	3,07±0,04	6,11
pHКCl (x2)	5,55–7,07	5,95±0,06	5,34
Нг, ммоль/100. г (x3)	1,13–2,92	2,17±0,08	19,2
S, ммоль/100. г (x4)	11,8–24,7	17,3±0,67	21,0
P2O5, мг/кг (x5)	64–758	235±35	79,4
K2O, мг/кг (x6)	60–812	217±38	95,6

Как видно из результатов анализа, урожайность зерна изменяется в пределах 2,12–3,64; совокупность данных однородна, вариация слабая. С вероятностью 0,95 можно утверждать, что среднее значение урожайности при выборке большего объема не выйдет за пределы найденного доверительного интервала. Агрохимические показатели дерново-сильноподзолистых почв изменяются в различных пределах. Так, содержание гумуса и показатель рНКCl имеют коэффициент вариации (V) 6,11 и 5,34 %; гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований соответственно – 19,2 и 21,0 %, что также указывает на слабую вариацию. Однако в содержании подвижных форм фосфора и калия имеется значительная пестрота данных; коэффициенты вариации составили 79,4 и 95,6 %, что указывает на сильную вариацию; совокупность данных по этим показателям приближается к грани неоднородности.

Был проведен множественный корреляционно-регрессионный анализ. Корреляционная связь урожайности зерна и указанных показателей выражена следующим уравнением регрессии:

$$y = 0,7278 + 0,7532 \cdot x_1 - 0,1949 \cdot x_2 + 0,0998 \cdot x_3 + 0,0126 \cdot x_4 + 0,0017 \cdot x_5 - 0,00014 \cdot x_6 \quad (1)$$

Коэффициент множественной корреляции R = 0,8484.

Если взять за основу только основные агрохимические показатели (содержание гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и рНКCl), то уравнение регрессии принимает следующий вид:

$$y = 1,3917 + 0,7464 \cdot x_1 - 0,2382 \cdot x_2 + 0,0019 \cdot x_5 - 0,0001 \cdot x_6 \quad (2)$$

Коэффициент множественной корреляции R = 0,8454.

Таким образом, выявлена тесная связь урожайности зерна с агрохимическими показателями дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Парные уравнения регрессии также показали тесную прямую корреляционную связь урожайности зерна с основными агрохимическими показателями; коэффициенты корреляции составили: с содержанием гумуса – 0,68; подвижного фосфора – 0,80 и обменного калия – 0,63.

В современной экономической литературе предлагается множество подходов к оценке использования земель. Один из путей – расчет индексного показателя, позволяющего определить как экономическую эффективность использования земель, так и уровень развития хозяйства в целом [12]. Т. Н. Кулаковской и другими (1990) предложена оценка эффективного плодородия с помощью расчета относительного индекса комплекса агрохимических свойств [9]. Этот показатель рассчитан нами по относительным индексам отдельных агрохимических параметров (рНКCl, содержание доступных форм P2O5 и K2O, содержание гумуса).

Анализ почвенных проб и расчеты показали, что на обследуемых полях содержание гумуса и кислотность довольно стабильны, а содержание подвижного фосфора и обменного калия изменяется от средней и низкой обеспеченности до очень высокой, в связи с чем индексы окультуренности по этим пока-

зателям также колеблются довольно в широких пределах и в некоторых случаях составляют больше единицы (сделана корректировка до 1,00). Коэффициенты вариации индексов по этим показателям соответствуют средней и сильной степени вариации. Средний относительный индекс окультуренности почв составил 0,71, что следует отнести к средней степени окультуренности почв на обследуемых полях.

Таблица 6 – Статистические характеристики относительных индексов окультуренности почвы (2015 г.)

Показатели	Lim	X±δx	V, %
Игум	0,63–0,83	0,73±0,01	7,17
ИрНКCl	0,82–1,00	0,94±0,01	6,47
ИР2O5	0,19–1,00	0,65±0,06	47,9
ИК2O	0,10–1,00	0,51±0,07	72,2
Иотн	0,46–0,96	0,71±0,03	25,4

Представляло интерес оценить связь урожайности зерновых культур с индексом окультуренности (рис.1).

Расчеты показали, что коэффициент корреляции урожайности зерна с Иотн составил 0,81; таким образом, урожайность в значительной степени определяется уровнем плодородия почвы. Это согласуется и с подобными исследованиями В. И. Макарова и другими (2015) в других хозяйствах Удмуртии.

В 2017 г. исследования были продолжены на трех полях СХПК имени Мичурина, где возделывался ячмень; урожайность была

учтена аналогично путем пробного снопа (на каждом поле было заложено по 20 ключевых площадок). В условиях 2017 г. урожайность зерна ячменя изменялась в довольно широких пределах; средний показатель составил 4,13 т/га.

Таблица 7 – Статистические характеристики урожайности и агрохимических показателей почвы (2017 г.)

Показатели	Lim	X±δx	V, %
Урожайность, т/га (y)	2,55–6,48	4,13±0,14	26,4
Гумус, % (x1)	1,99–3,99	2,68±0,06	18,2
pHКCl (x2)	4,01–6,74	5,38±0,10	14,2
P2O5, мг/кг (x3)	78–199	126±4,2	25,8
K2O, мг/кг (x4)	51–148	101±3,3	25,6

Показатели обменной кислотности и содержания гумуса в почвах на обследуемых полях относительно стабильны; содержание подвижных форм фосфора и калия довольно значительно отличается от данных 2015 г. Коэффициенты вариации по этим показателям менее 30 %, поэтому совокупность однородна, вариация слабая. В почвах обследуемых полей преобладает повышенное содержание фосфора; имеются площадки со средним и высоким содержанием, отсутствуют показатели, соответствующие очень высокому содержанию. В связи с этим рассчитанный относительный индекс по этому показателю значительно ниже единицы и составляет 0,46 (табл. 8).

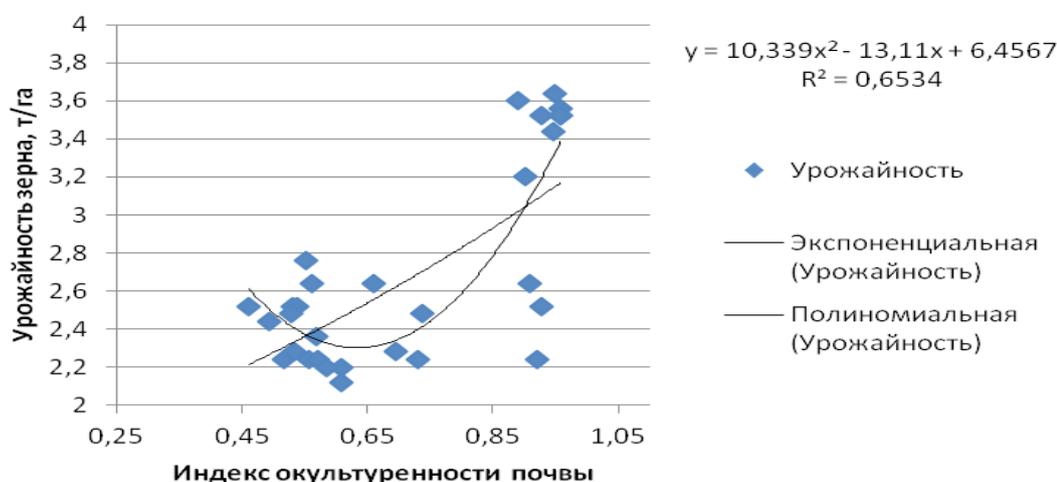


Рисунок 1 – Связь урожайности зерновых культур с относительным индексом культуренности почв (СХПК имени Мичурина, 2015 г.)

Таблица 8 – Статистические характеристики относительных индексов окультуренности почвы (2017 г.)

Показатели	Lim	X ±δx	V, %
Игум	0,43–1,00	0,62±0,02	22,4
ИрНКС1	0,20–1,0	0,72±0,03	36,6
ИР2О5	0,25–0,78	0,46±0,02	30,8
ИК2О	0,05–0,51	0,29±0,02	42,5
Иотн	0,27–0,79	0,52±0,02	30,0

Такая же ситуация и с содержанием подвижного калия по Кирсанову. На первом поле преобладает низкая и средняя обеспеченность этим элементом; на втором и третьем – средняя и повышенная; средний относительный индекс по обеспеченности подвижным калием составил всего 0,29. По всем индексам окультуренности выражена средняя степень вариации.

По данным 2017 г., множественное уравнение регрессии связи урожайности зерна и основных агрохимических показателей выглядит следующим образом:

$$Y = 446,76 - 60,78 \times x_1 + 3,09 \times x_2 - 1,16 \times x_3 + 2,57 \times x_4$$

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,25$.

Таким образом, в условиях 2017 г. выявлена слабая корреляционная связь урожайности зерна с агрохимическими показателями дерново-сильнопodzолистой почвы.

В то же время расчет парных уравнений регрессии показал тесную прямую корреляционную связь урожайности зерна с основными агрохимическими показателями; коэффициенты корреляции составили: с содержанием гумуса – 0,60; подвижного фосфора – 0,70 и обменного калия – 0,53.

Расчет индексов окультуривания по основным агрохимическим показателям дерново-сильнопodzолистых почв обследуемых полей показал, что по кислотности и содержанию гумуса почвы соответствуют среднему уровню; в то же время по содержанию элементов питания средние относительные индексы составили 0,46 и 0,29, что следует отнести соответственно к низкой и очень низкой степени окультуренности.

Средний индекс комплекса агрохимических свойств по трем полям также соответствует низкой степени окультуренности – 0,59. Таким образом, в СХПК имени Мичурина на некоторых полях при получении высоких и стабильных урожаев зерновых культур одновременно идет истощение плодородия почвы, особенно по обеспеченности подвиж-

ными формами элементов питания – фосфора и калия.

Расчеты баланса элементов питания в земледелии хозяйства показали, что поступление азота в почву с учетом азотфиксации при возделывании многолетних бобовых трав ниже выноса этого элемента с урожайностью. Однако дефицит азота небольшой и для современных условий вполне приемлемый; интенсивность баланса составляет 93 %. Гораздо острее стоит проблема фосфора и калия. Так, для условий 2015 г. расчет интенсивности баланса по фосфору показал дефицит – 79 % по отношению к выносу; а по калию данный показатель составил всего 48 %. Такие результаты заставляют обратить внимание в ближайшие годы на поступление фосфора и калия в почву с различными источниками. Проблема калия в земледелии стоит довольно остро не только в России, но и за рубежом; ряд исследователей отмечают значительную недооценку калия в полном минеральном удобрении сельскохозяйственных культур [18, 14].

В то же время положительным является тот факт, что в СХПК имени Мичурина в течение последних десятилетий поддерживается положительный баланс гумуса в почвах.

В условиях сельскохозяйственного производства при финансовых затруднениях не всегда возможно использование классических минеральных или органоминеральных систем удобрения. В зависимости от возможности предприятий при внесении относительно невысоких доз минеральных удобрений необходимо использовать разнообразные органические источники: навоз, солома, компосты, сидераты и тому подобное. При соблюдении всех элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур (особенно системы защиты растений) такая система удобрения может способствовать получению относительно высокого уровня урожайности и в целом рентабельности хозяйства. В таблице 9 приведены показатели интенсивности СХПК имени Мичурина за последние годы.

Согласно представленным показателям интенсивности производства СХПК имени Мичурина производит достаточно основных видов сельскохозяйственной продукции (зерна, картофеля, молока и мяса) с низкой себестоимостью. Однако В. Б. Непоклонов и другие (2018) отмечают, что при оценке эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения не следует останавливаться исключительно на экономико-статистических факторах.

Таблица 9 – Интенсивность сельскохозяйственного производства в СХПК имени Мичурина

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Произведено на 100 га с.-х. угодий, т			
Молоко	117,0	120,1	129,6
Мясо (живой вес)	8,72	8,55	8,55
Произведено на 100 га пашни, т			
Зерно	89,3	104,1	111,9
Картофель	6,3	4,2	3,5
Внесено на 1 га пашни			
Всех органических удобрений, т	5,7	5,1	5,7
Минеральных удобрений	52,2	47,6	64,8
Расход горючего на 1 эталонный гектар			
Горючее, кг	4,61	4,75	4,23
Себестоимость 1 кг в рублях			
Зерно	3,76	5,66	5,28
Картофель	5,04	6,09	5,63
Молоко	15,60	17,50	16,56
Мясо КРС	68,78	75,89	78,52
Мясо свинины	95,80	86,60	88,97

По мнению Н. И. Иванова и других (2015), использование земли в сельскохозяйственном производстве является эффективным не только в том случае, когда возрастает прибыль или объем полученной продукции с единицы площади, но и при увеличении плодородия почвы, формировании условий для охраны окружающей среды и, самое главное, при повышении качества жизни сельского населения [4]. В СХПК имени Мичурина поддерживается достаточно высокий уровень качества жизни селян; имеются объекты социально-культурного назначения – школа, детский сад, сельский дом культуры, медицинский пункт, служба быта, пекарня, два магазина, в которых реализуется собственная продукция и другое [2]. СХПК имени Мичурина является базой как для прохождения студентами Ижевской ГСХА учебных и производственных практик, так и для проведения научных исследований в области сельскохозяйственного производства.

Выводы. В условиях 2015 г. выявлена тесная связь урожайности зерна с агрохимическими показателями дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы. Коэффициент множественной корреляции $R = 0,8454$. В условиях 2017 г. получена слабая корреляционная связь рассматриваемых показателей.

Парные уравнения регрессии показали тесную прямую корреляционную связь урожайности зерна с основными агрохимическими по-

казателями; коэффициенты корреляции составили: с содержанием гумуса – 0,60–0,68; подвижного фосфора – 0,70–0,80 и обменного калия – 0,53–0,63.

Средний относительный индекс окультуренности почв по данным 2015 г. составил 0,71; в 2017 г. – 0,59, что следует отнести к средней и низкой степени окультуренности почв на обследуемых полях соответственно. Коэффициент корреляции урожайности зерна с Иотн составил 0,81; таким образом, в СХПК имени Мичурина урожайность в значительной степени определяется уровнем плодородия почвы.

В условиях сельскохозяйственного производства на примере СХПК имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики при насыщенности 1 га пашни органическими удобрениями 5,1–6,1 т и минеральными удобрениями – 48–65 кг д. в. складывается положительный баланс гумуса, однако близкий к нулевому и отрицательный баланс азота, фосфора и калия. Следовательно, в СХПК имени Мичурина на некоторых полях при получении высоких и стабильных урожаев зерновых культур одновременно идет истощение плодородия почвы, особенно по обеспеченности подвижными формами элементов питания – фосфора и калия. В поступлении органического вещества и элементов питания в почву хозяйства значительную роль играет использование соломы

и насыщение структуры посевных площадей многолетними бобовыми травами (клевер луговой) до 50%.

Список литературы

1. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Удмуртской Республики / Под науч. ред. В. М. Холзакова и др. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2002. – 479 с.

2. Басков, Ю. П. Зямбай / Ю. П. Басков. – Ижевск: Удмуртия, 2006. – 176 с.

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

4. Иванов, Н. И. Становление землеустроительной парадигмы на основе ценностных показателей использования земель сельскохозяйственного назначения / Н. И. Иванов, Н. Ю. Иванов, Е. В. Яровенко // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2015. – № 5–6. – С. 14–19.

5. Интегрированное применение удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии в Нечерноземной зоне Европейской части России: практическое руководство / Под ред. Л. М. Державина. – М.: ВНИИА, 2005. – 160 с.

6. Капеев, В. А. Влияние адаптивной системы земледелия на продуктивность дерново-слабоподзолистых почв в условиях Среднего Предуралья / В. А. Капеев, А. С. Башков, И. Ш. Фатыхов, Т. Ю. Бортник, С. И. Коконов. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2010. – 191 с.

7. Капеев, В. А. Производство продукции растениеводства в земледелии колхоза (СХПК) им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики / В. А. Капеев, Б. Б. Борисов, И. Ш. Фатыхов, В. Г. Колесникова // Современному АПК – эффективные технологии: мат. Междунар. научно-практ. конф., посвященной 90-летию доктора с.-х. н., проф., засл. деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ В. М. Макаровой, 11–14 декабря 2018. г., г. Ижевск. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 1. – С. 226–229.

8. Коконов, С. И. Продуктивность гибридов кукурузы в условиях Среднего Предуралья / С. И. Коконов, А. В. Зиновьев, И. Ш. Фатыхов, В. А. Капеев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 47–48.

9. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 218 с.

10. Макаров, В. И. Пространственная вариация агрохимических показателей и влияние плодородия дерново-подзолистых почв на урожайность ячменя в ОАО «Учхоз «Июльское» ИжГСХА» / В. И. Макаров, Д. А. Ермолаев, Е. Ю. Петрушина, М. С. Костяева, А. Н. Мымрина // Почва – национальное богатство. Пути повышения ее плодородия и улучшение

экологического состояния: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2015. – С. 104–108.

11. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / под ред. В. Д. Панникова. – Москва: ВИУА, 1983. – 171 с.

12. Непоклонов, В. Б. Повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения / В. Б. Непоклонов, И. А. Хабарова, Д. А. Хабаров, В. А. Киойбаш, И. Ф. Абдугаширова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 2. – С. 12–14.

13. Показатели вариации онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://math.semestr.ru/group/variations.php> (дата обращения: 11.09.2019).

14. Сычев, В. Г. Прогноз потребности и платежеспособного спроса сельского хозяйства Российской Федерации на минеральные удобрения до 2020. года / В. Г. Сычев, Е. Н. Ефремов, А. А. Завалин, В. А. Романенков, С. А. Шафран, А. Н. Аристархов, И. А. Шильников. – Москва: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2011. – 52 с.

15. Титов, Г. А. Современное состояние экологии почвенного плодородия в АПК РФ / Г. А. Титов, Г. Д. Гогмачадзе, В. С. Волощенко, М. Е. Синиговец, Л. М. Эзрохин // АгроЭкоИнфо. – 2010. – № 2 (7). – С. 3–10.

16. Agricultural Waste Management. Environment Canada. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gov.pe.ca/photos/original/af_bmp_wastemgt.pdf (дата обращения 11.09.2019).

17. Andersson, R. Why do we need long-term field experiments? / R. Andersson // Success Stories of Agricultural Long-term Experiments. – 2007. – № 9 – S. 7.

18. Krauss, A. Potassium, integral part for sustained soil fertility / A. Krauss // Potassium and phosphorus: Fertilisation effect on soil and crops. – 2000. – S. 7–20.

Spisok literatury

1. Adaptivno-landshaftnaya sistema zemledeliya Udmurtskoy Respubliki / Pod nauch. red. V. M. Kholzakova i dr. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2002. – 479 s.

2. Baskov, Yu. P. Zyambay / Yu. P. Baskov. – Izhevsk: Udmurtiya, 2006. – 176 s.

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

4. Ivanov, N. I. Stanovleniye zemleustroitel'noy paradigmy na osnove tsennostnykh pokazateley ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya / N. I. Ivanov, N. Yu. Ivanov, Ye. V. Yarovenko // Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel. – 2015. – № 5–6. – S. 14–19.

5. Integrirovannoye primeneniye udobreniy v adaptivno-landshaftnom zemledelii v Nечernozomnoy zone Yevropeyskoy chasti Rossii: prakticheskoye rukovodstvo / Pod red. L. M. Derzhavina. – M.: VNIIA, 2005. – 160 s.

6. Капеев, В. А. Vliyaniye adaptivnoy sistemy zemledeliya na produktivnost' dervno-sil'nopodzolistykh pochv v usloviyakh Srednego Predural'ya / V. A. Kapayev, A. S. Bashkov, I. Sh. Fatykhov, T. Yu. Bortnik, S. I. Kokonov. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2010. – 191 s.
7. Капеев, В. А. Proizvodstvo produktsii rasteniyevodstva v zemledelii kolkhoza (SKHPK) im. Michurina Vavozhskogo rayona Udmurtskoy Respubliki / V. A. Kapayev, B. B. Borisov, I. SH. Fatykhov, V. G. Kolesnikova // Sovremennomu APK – effektivnyye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy 90-letiyu doktora s.-kh. n., professora, zasl. deyatelya nauki RF, pochotnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya RF V. M. Makarovoy, 11–14 dekabrya 2018 g., g. Izhevsk. – Izhevsk: FGOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. – T. 1. – S. 226–229.
8. Kokonov, S. I. Produktivnost' gibridov kukuruzy v usloviyakh Srednego Predural'ya / S. I. Kokonov, A. V. Zinov'yev, I. Sh. Fatykhov, V. A. Kapayev // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 8. – S. 47–48.
9. Kulakovskaya, T. N. Optimizatsiya agrokhimicheskoy sistemy pochvennogo pitaniya rasteniy / T. N. Kulakovskaya. – M.: Agropromizdat, 1990. – 218 s.
10. Makarov, V. I. Prostranstvennaya variatsiya agrokhimicheskikh pokazateley i vliyaniye plodorodiya dervno-podzolistykh pochv na urozhaynost' yachmenya v OAO «Uchkhoz «Iyul'skoye» IzhGSKHA» / V. I. Makarov, D. A. Yermolayev, Ye. Yu. Petrushina, M. S. Kostayeva, A. N. Mymrina // Pochva – natsional'noye bogatstvo. Puti povysheniya yeyo plodorodiya i uluchsheniya ekologicheskogo sostoyaniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk, 2015. – S. 104–108.
11. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami / pod red. V. D. Pannikova. – Moskva: VIUA, 1983. – 171 s.
12. Nepoklonov, V. B. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya / V. B. Nepoklonov, I. A. Khabarova, D. A. Khabarov, V. A. Kioybash, I. F. Abdugapirova // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. – 2018. – № 2. – S. 12–14.
13. Pokazateli variatsii onlayn [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://math.semestr.ru/group/variations.php> (data obrashcheniya 11.09.2019).
14. Sychov, V. G. Prognoz potrebnosti i platezhesposobnogo sprosa sel'skogo kho-zyaystva Rossiyskoy Federatsii na mineral'nyye udobreniya do 2020 goda / V. G. Sychov, Ye. N. Yefremov, A. A. Zavalin, V. A. Romanenkov, S. A. Shafran, A. N. Aristarkhov, I. A. Shil'nikov. – Moskva: VNIIA im. D. N. Pryanishnikova, 2011. – 52 s.
15. Titov, G. A. Sovremennoye sostoyaniye ekologii pochvennogo plodorodiya v APK RF / G. A. Titov, G. D. Gogmachadze, V. S. Voloshchenko, M. Ye. Sinigovets, L. M. Ezrokhin // Ag-roEkoInfo. – 2010. – № 2 (7). – S. 3–10.
16. Agricultural Waste Management. Environment Canada. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.gov.pe.ca/photos/original/af_bmp_wastemgt.pdf (data obrashcheniya: 11.09.2019).
17. Andersson, R. Why do we need long-term field experiments? / R. Andersson // Success Stories of Agricultural Long-term Experiments. – 2007. – № 9 – S. 7.
18. Krauss, A. Potassium, integral part for sustained soil fertility / A. Krauss // Potassium and phosphorus: Fertilisation effect on soil and crops. – 2000. – S. 7–20.

Сведения об авторах:

Бортник Татьяна Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии и почвоведения (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, тел. 8 (3412) 73–30–77, e-mail: agroh@izhgsha.ru).

Башков Александр Степанович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии и почвоведения (426033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: agroh@izhgsha.ru).

Капеев Владимир Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, директор (427328, Вавожский район, д. Зямбайгурт, ул. Верхняя, 1А)

Борисов Борис Борисович – главный агроном колхоза (СХПК) имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики (427328, Вавожский район, д. Зямбайгурт, ул. Верхняя, 1; e-mail: Shpkmich@mail.ru).

T. Yu. Bortnik¹, A. S. Bashkov¹, V. A. Kapayev², B. B. Borisov²

¹Izhevsk State Agricultural Academy”;

²APC after Michyurin, Vavozhsky District, Udmurt Republic

SOIL FERTILITY CONDITIONS AND CEREAL CROP PRODUCTIVITY AT THE AGRICULTURAL PRODUCTION COOPERATIVE AFTER MICHYURIN OF THE VAVOZHISKY DISTRICT UDMURT REPUBLIC

In modern agricultural production, while obtaining stable and high crop yields, an important task is reproduction of soil fertility. In this regard, it is important to constantly monitor soil fertility. In the conditions of Agricultural Production Cooperative after Michyurin, Vavozhsky District, in 2015 and 2017 assessment of the level of fertility of sod-podzolic soils was carried out using the key site method. The average relative index of soil cultivation according to 2015 had made 0.71; in 2017 – 0.59, that should be referred to the average and low degree of soils cultivation in the surveyed fields, respectively.

In 2015, an evident connection was determined between crop yields and agrochemical indicators of sod-medium-podzolic medium loamy soil. Multiple correlation coefficient made $R = 0,8454$. In the conditions of 2017, a weak correlation was obtained between the indicators considered. The paired regression equations showed a close direct correlation between the grain yield and the main agrochemical indicators; thus, correlation coefficients appeared: with a humus content of 0.60–0.68; mobile phosphorus 0.70–0.80 and mobile potassium 0.53–0.63. The correlation coefficient of grain productivity with a relative index of soil cultivation showed 0.81; then presently, in the APC after Michyurin productivity is being chiefly determined by the level of soil fertility. In 2014–2016, the average annual saturation per hectare of arable land with organic fertilizers amounted to 5.1–6.1 tns; mineral fertilizers – 48–65 kg of active substance. At the same time, a positive balance of humus was formed. A significant role in the supply of organic matter lies in the use of straw and saturation of cultivated areas' structure with perennial bean grasses (meadow clover) up to 50 %. However, in the period under review, a close to zero and negative balance of nitrogen, phosphorus, and potassium had been obtained. Consequently, in the APC after Michyurin, while high and stable cereal crop yields are obtained, soil fertility is depleted at the same time, especially in terms of providing by mobile forms of nutrients (phosphorus and potassium).

Key words: productivity; cereal crops; agrochemical indicators; sod-podzolic soils.

Authors:

Bortnik Tatyana Yurievna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426033, e-mail: agroh@izhgsha.ru).

Bashkov Alexander Stepanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St, Izhevsk, Russian Federation, 426033, e-mail: agroh@izhgsha.ru).

Kapeyev Vladimir Alexandrovich – Candidate of Agricultural Sciences, Director at the APC after Michyurin (1, Verkhnyaya Street, Zyambaygurt Vavozhsky district, Udmurt Republic, 427328)

Borisov Boris Borisovich – Chief Agronomist at the APC after Michyurin (1, Verkhnyaya Street, Zyambaygurt Vavozhsky district, Udmurt Republic, 427328, e-mail: Shpkmich@mail.ru).

УДК 630*+504.062:574

А. К. Касимов, Н. М. Итешина

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ФИТОРЕСУРСНЫЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ОБУСТРОЙСТВО ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПЕЙ

Изучены особенности восстановления растительного покрова в различных условиях отвалообразования. По результатам проведенных геоботанических исследований на опытных объектах выявлено видовое разнообразие растительного покрова, изучена его динамика в пределах техногенных рельефообразований. Установлено, что техногенные рельефообразования характеризуются широким спектром экологических условий и потенциально пригодны для поселения растительности. Особенности естественно-восстановительных процессов на отработанных полигонах могут быть использованы как один из основных диагностических признаков при разработке классификаций нарушенных земель.

Ключевые слова: техногенный ландшафт, отвалообразование, гидравлический полигон, техногенные рельефообразования, возрастной период отработки, фиторесурсный потенциал, восстановительная динамика, самозаращение отвалов, техногенный неозкотоп.

Актуальность. Гидравлическая (гидромеханизованная) разработка россыпей получила свое развитие в России с организацией в XIX в. золотых приисков на Урале [8, 12]. Гидродобыча полезных ископаемых – это способ механизации земляных и горных работ, при котором основная часть технологических процессов про-

водится энергией движущегося потока воды. Выбор такой технологии предопределяется сложными горно-геологическими условиями месторождения (большой уклон фундамента (плотика) и его значительное превышение над урезом воды, повышенное содержание в торфах (пустой породе) валунов и глин, труднопромывистость

песков и ограниченность в них запасов добываемого минерала и так далее).

На стадии очистки участка растительность в контуре горного отвода удаляется бульдозером. Экскаваторами выполняется последующая вскрыша торфов и складирование в отвалы, открывается доступ к пескам и подача их к гидромонитору. Удаляется в выработанное карьерное пространство (внутренние отвалы) крупный галечник и валунистые фракции. В результате вскрышных работ и экскавации торфов, гидронамыва отвалов и сброса остатков обогащения (хвостов), процесса заиливания днищ водооборотных прудов-отстойников на отработанных и выведенных из эксплуатации месторождениях с абсолютным пере-профилированием их физической поверхности встречаются различные формы рельефа [5]. Типичными формами являются отвалообразования насыпные (вскрышные отвалы) и намывные (гидроотвалы), западинообразные (выемки земляные и карьерные), земляные обвалования в виде плотин и подпорных дамб, каналы руслоотводные (нагорные канавы), многочисленные мелкие выработки и поствскрышные арены (поверхности почвенных обнажений бульдозером) [4].

На гидравлических полигонах в отличие от дражной технологии работ прямоточный сброс грунтосмеси в реку не осуществляется в связи с оборотным водоснабжением и системой илоотстойников [3]. Это способствует значительному росту территории иловых полей и гидроотвалов. Наблюдаемое такое увеличение площади нарушенных земель за пределами россыпей (законтурное) происходит из-за создания илоотстойных прудов, планомерно наращиваемых по мере развития фронта работ и расширения выработанного пространства. Таким образом на длительный период выводятся из пользования по своему функциональному назначению большие площади земель. Для характеристики динамики экологических условий и прогноза мероприятий по правильному и рациональному их формированию важное значение имеет изучение фиторесурсного восстановительного потенциала нарушенных земель. При этом большое внимание должно уделяться изучению скорости формирования растительного покрова на отвалах и сходства формируемых посттехногенных растительных сообществ с естественными [6, 14–16].

Цель исследования: выявление закономерностей естественной восстановительной динамики растительного покрова на техноген-

ных рельефообразованиях и перспективы возможностей обустройства нарушенных земель.

Задачи исследований: провести комплексное исследование гидравлических полигонов на стадии их вывода из эксплуатации; оценить степень нарушенности растительного и почвенного покрова, характер изменения рельефа и возникновения новых его форм; проанализировать флористический состав и его обилие на техногенных рельефообразованиях; дифференцировать техногенные ландшафты по группам земель в зависимости от интенсивности процесса самозарастания.

Материал и методы исследований. Изучение гидравлических полигонов на стадии их вывода из эксплуатации после отработки россыпей проводилось для оценки степени нарушенности растительного и почвенного покрова, характера изменения рельефа и возникновения его новых форм. Конечной целью было выявление закономерностей естественной восстановительной продуктивности почвогрунта новообразований, перспективы возможностей рекультивации и обустройства нарушенных земель.

Исследования были проведены на отработанных площадях, а также в районе действующих сезонно-обогащительных фабрик в верховьях таежных рек, в частности, притоков р. Камы и их водоразделах. Натурное обследование проводилось маршрутным методом для выбора ключевых участков и профильных линий, последующих съемочных работ, морфометрических описаний и оценки естественновосстановительных процессов.

Выполнена топографическая съемка гидравлических полигонов. Масштаб съемки по продольному профилю I – 1:2000, по поперечникам II–IV – 1:500 (рис. 1). По принятой ранее методике проводились измерения и получены расчетные характеристики морфометрии новообразований рельефа [1, 2, 10, 11].

Растительный покров, его размещение и динамика естественного возобновления на техногенных эдафотопсах исследовались по рекомендованным методическим разработкам [3, 9]. В процессе проведения исследований были выявлены характерные особенности формирования фитоценозов в связи с топографией и экологическими условиями мест поселения. Начальные стадии формирования лесных ассоциаций (сингенез), их последовательная смена на техногенные рельефообразования изучались согласно общепринятым в лесоводственных исследованиях методическим рекомендациям.

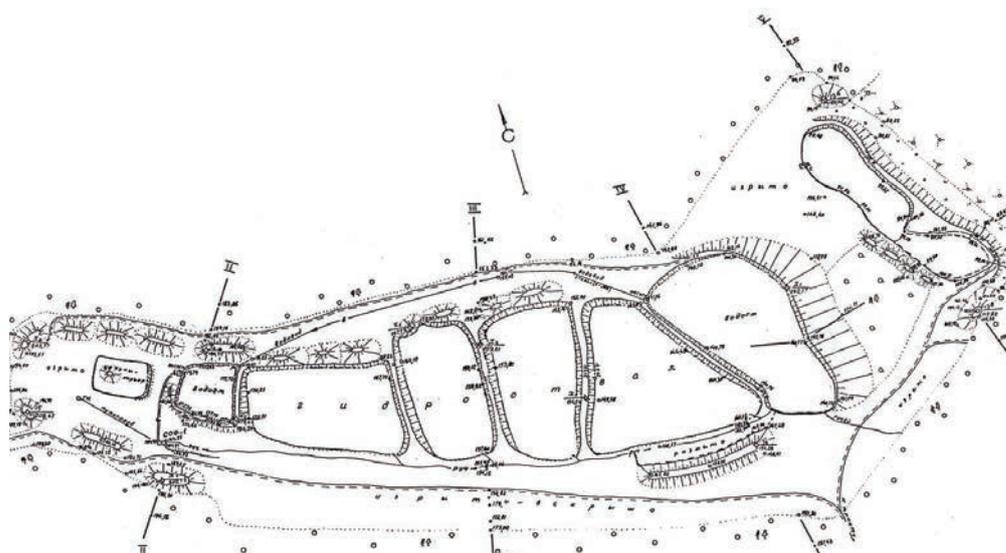


Рисунок 1 – Топографический план гидравлического полигона

Исследования проводились на площадях в возрастном периоде отработки: земляных плотин и перемычек – от 2 до 11 лет; осушенных ило- (водо-) отстойных прудов – от 1 до 28 лет; вскрышных отвалов – от 5 до 30 лет; гидравлических отвалов – от 2 до 11 лет.

Результаты исследований. Особенности возобновления и динамика растительного покрова отвалов экскаваторной вскрыши на гидравлических полигонах обусловлены

положением травяно-кустарничкового (ТКЯ) и мохово-лишайникового ярусов (МЛЯ) в рельефе (табл. 1).

Как правило, меньше растительности или она отсутствует на вершинах высоких отвалов и в верхней склоновой кайме крутых откосов, в то же время обильно прослеживается естественное возобновление у подошвы рельефообразований на переходе к равнинным участкам залежи.

Таблица 1 – Характеристика возобновления растительности отвалов экскаваторной вскрыши

Возраст отвала, лет	Высота, м	Число видов			Общее проективное покрытие, %		Древесная растительность	Рельеф, почвенный субстрат
		травянистые	мохообразные	кустарнички	ТКЯ	МЛЯ		
2	8	44	6	2	10	менее 5	отсутствует	Крутосклонный плосковершинный, суглинистый
3	12–13	34–44	7	1	10–20	менее 5	отсутствует	Крутосклонный островершинный, глинистый
6	10–12	8–14	2–6	1	менее 5	единично	отсутствует в верховьях; Б, Ос, Ива у подошвы отвала	Крутосклонный, каменисто-щебнистый кварцевый песчаник
9	10	14	8	1	20–80	5–40	молодняки Б; ед. Е; Ива	Крутосклонный островершинный, каменисто-глыбисто-глинистый
12	6	8	–	–	40–70	–	отсутствует в верховьях; Б, Ива куст. у подошвы отвала	Крутосклонный плосковершинный, валунно-щебнисто-глинистый

Наибольшим баллом постоянства в фитоценозе характеризуются такие виды, как щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop) и полевица тонкая (*Agrostis tenuis* Sibth.). На начальных сингенетических стадиях и во все последующие периоды отмечено доминирование мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara* L.) (табл. 2).

Следует отметить, что на направление и скорость сукцессий влияют агрохимические свойства почвогрунтов. Так, на поселение растительности на техногенных рельефообразованиях негативно отражается каменистость грунтосмеси. Это характерно для высоких отвальных форм рельефа на всех полигонах. В этих условиях травостой развит слабо, общее проективное покрытие составляет около 30–40 %, а иногда и ниже.

Таблица 2 – Флористический состав и его обилие на рельефообразованиях экскаваторной вскрыши

Вид	Возраст обработки, лет										Балл постоянства
	2	3	4	6	9	11	12	15	18	21	
Экскаваторные вскрышные отвалы											
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	cop ¹⁻²	sp-sol	–	cop ¹⁻³	sp	cop1	sol	–	sp-cop ²	sp	69
<i>Carex physodes</i> L.	sol	–	sp-sol	–	–	–	–	sp	sol	–	27
<i>C. rhynchophylla</i> <i>C. A. Mey</i>	un-sp	sp	sp-cop ³	–	–	–	–	sol	sp	–	31
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv	un	sp-sol	sp	sol	–	–	un	–	cop1-sol	–	54
<i>Egisetum arvense</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	sp	sol-cop ³	–	8
<i>E. Sylvaticum</i> L.	sol-cop ¹	sol-sp	sp	sol	–	cop ¹	–	sp	sp	cop ²	62
<i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	–	–	–	–	sol	–	sp	–	8
<i>Juncus alpinus</i> Vill	sp	–	sp	–	–	sp	–	cop ¹	sol	–	23
<i>J. filiformis</i> L.	un-sp	–	sp	–	–	–	–	sp-cop ¹	sol	–	19
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	sp	4
<i>Prunella vulgaris</i> L.	sp	–	–	–	–	–	sp-cop ¹	cop ¹⁻²	cop ²⁻³	–	23
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	–	–	–	–	–	sp	–	sol	sp	–	11
<i>Trifolium repens</i> L.	un	–	sol	sp	sol	–	sp	–	sp	–	27
<i>Tussilago farfara</i> L.	sp-sol	cop ³	sp-cop ¹	cop ²	sp	cop ³	sp	sp	sp-cop ³	cop ²	85
<i>Typha latifolia</i> L.	un	–	–	–	–	–	–	sp	–	–	8
<i>Veronica officinalis</i> L.	un	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw) Brid.	+	+	–	+	–	+	–	–	–	+	–
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>P. juniperinum</i> Hedw.	+	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–

При этом возрастает роль мелкотравья, представленного черноголовкой обыкновенной (*Prunella vulgaris* L.), клевером ползучим (*Trifolium repens* L.), плауном булавовидным (*Lycopodium clavatum* L.), горчаком ястребинковым (*Picris hieracioides* L.) и другими видами. В то же время здесь выражен мохово-лишайниковый ярус, в котором наблюдается обилие мхов *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*, лишайников рода *Cladonia*, в некоторых случаях до 1/2 – 1/3 проективного покрытия яруса.

На молодых отвалах выявлен довольно богатый видовой флористический состав (от 19 до 34 видов), значительную часть которого образуют виды, сведенных при рубке леса ценозов.

На отвалах, возраст которых 10–20 лет, доминирует мать-и-мачеха, нередки участки с вы-

сокой долей хвощей – до 2/3 общего проективного покрытия. На отвалах с возрастом в 25 лет и старше по-прежнему обильны хвощ и мать-и-мачеха, но в ценозе присутствуют уже и луговые виды (*Trifolium repens* L., *Veronica chamaedrys* L.), разрастается древесно-кустарниковая растительность – ива, береза, ель и другие. Аналогичная закономерность в самозарастании старых отвалов отмечается в работах В. Т. Яборова (2007), С. Е. Низкого (2014).

На земляных обвалованиях и перемычках гидравлических полигонов наблюдается формирование вполне удовлетворительного состава луговых ценозов (табл. 3). По результатам проведенных исследований выявлено, что в целом земляные необразования гидравлических полей подвержены интенсивному самозарастанию.

Таблица 3 – Флористический состав и обилие растительности земляных обвалований и перемычек

Вид	Земляные плотины и перемычки		Балл постоянства
	возраст отработки, лет		
	2	11	
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	sp-cop ¹⁻²	sp-cop ²	100
<i>Carex brunnescens</i> (Pers.) Poir.	sol	–	20
<i>C. cinerea</i> Poll.	–	un	20
<i>C. leporina</i> L.	sol	un-sol	80
<i>Carex</i> sp.	sp-sol		40
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	cop ¹⁻²	cop ² -sp	100
<i>Epilobium adenocaulon</i> Hausskn.	sp	sp-sol	80
<i>Egisetum arvense</i> L.	sp	cop ²	40
<i>E. sylvaticum</i> L.	sp	sp	60
<i>Fragaria vesca</i> L.	sol-un	–	40
<i>Juncus alpinus</i> Vill.	–	cop ¹	20
<i>Prunella vulgaris</i> L.	sol-sp	cop ²⁻³	60
<i>Trifolium repens</i> L.	sp	cop ² -sp	60
<i>Tussilago farfara</i> L.	cop ² -sp	cop ³ -cp	100
<i>Veronica officinalis</i> L.	un	–	40
<i>V. serpyllifolia</i> L.	sol	–	20
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	–	+	–

Таблица 4 – Флористический состав и обилие растительности осушенных отстойников

Вид	Ило- (водо-) отстойные пруды и водоемы									Балл постоянства
	Возраст отработки, лет									
	1	2	4	6	9	10	11	24	28	
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	sp	sp-cop ³	–	–	–	cop ³	cop ¹⁻²	sp	–	57
<i>Carex cinerea</i> Poll.	sp	–	–	cop ¹⁻²	–	–	–	–	–	14
<i>C. leporine</i> L.	–	–	–	–	–	sol	un	un	–	21

Вид	Ило- (водо-) отстойные пруды и водоемы									Балл постоянства
	Возраст отработки, лет									
	1	2	4	6	9	10	11	24	28	
<i>C. rhychophysa</i> C. A. Mey.	–	sp	–	sp	cop	cop	sp-cop ¹	sol-sp	–	50
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	sp-cop ¹	sp	–	sol	sp	–	sp-cop ³	sp-cop ²	cop ¹	86
<i>Epilbium denocaulon</i> Hausskn.	sp	sp	cop ²	–	sp	–	cop ¹⁻² sol	sp	un	64
<i>E. palustre</i> L.	–	–	–	–	–	–	sp	–	sp	14
<i>Equisetum arvense</i> L.	cop ²	cop ¹	cop ¹	–	–	–	–	cop ²	–	29
<i>Eg. fluviatile</i> L.	sol	cop ³ - sol	–	–	–	–	–	–	–	14
<i>E. sylvaticum</i> L.	–	–	sp	–	–	–	sp	–	–	14
<i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	sol	7
<i>Junus alpinus</i> vill.	sol ⁽¹⁾ cop ¹⁻²	–	sol	–	–	–	cop ¹⁻²	sp	–	43
<i>J. filiformis</i> L.	sp	–	sol	–	–	–	sol	–	–	21
<i>Prunella vulgaris</i> L.	–	cop ¹	–	–	–	–	sol	sp-cop ²	–	36
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	sp	cop ²	–	sp	–	sp	–	–	–	36

Флористический состав растительности западных форм рельефа приведен в таблице 4.

Важным фактором, который определяет флористические особенности западных экотопов, является возраст водоема, период его пребывания в безводном состоянии [4]. Западные формы техногенного рельефа (пруды, водо- (ило-) отстойники, межотвальные западины) после вывода их из эксплуатации осушаются и постепенно самозарастают гигрофитами (*Typha latifolia* L., *Scirpus sylvaticus* L. и другими). В прибрежной растительности вначале появляются ситники (*J. filiformis* L., *J. alpinus* vill., *J. articulatus* L.), осоки (*C. rhychophysa* C. A. Mey., *C. cinerea* Poll.), лисохвост равный (*Alopecurus aequalis* Sobol.). В дальнейшем быстро расселяются полевница, мать-и-мачеха, щучка, иван-чай и другие про-

нерные виды травянистых растений. По мере внедрения новых видов происходит формирование типичного лугового ценоза.

Заклучение. Фитоценозы техногенных образований, возникшие в процессе самозарастания, при общей зональной направленности по флористическому составу определяются конкретными экологическими, прежде всего, эдафическими и рельефными условиями местообитаний. По результатам проведенных геоботанических исследований в общей сложности выявлено 128 видов травянистых и мохообразных из 12 семейств. Наиболее представленными на изучаемых объектах являются представители семейства сложноцветных (26,6 %), злаковых (21,1 %), осоковых (10,2 %), розоцветных (10,2 %) (табл. 5).

Таблица 5 – Общее количество семейств и видов травянистых и мохообразных растений на гидравлических полигонах

Семейство, наименование		Количество видов	Видовое участие, %
русское	латинское		
Бобовые	Fabáceaе	10	7,8
Губоцветные	Lamiáceaе	5	3,9
Злаковые	Poáceaе	27	21,1
Кипрейные	Onagraceae	4	3,2
Норичниковые	Scrophulariáceaе	12	9,4
Осоковые	Cyperáceaе	13	10,2
Плауновые	Lycopodiáceaе	2	1,6
Рогозовые	Typháceaе	1	0,8
Розоцветные	Rosálceaе	13	10,2
Ситниковые	Juncaceae	6	4,4

Семейство, наименование		Количество видов	Видовое участие, %
русское	латинское		
Сложноцветные	Asteráceae	34	26,6
Хвощовые	Equisetaceae	1	0,8
Всего		128	100

По динамике живого напочвенного покрова и скорости самозарастания экотопов выявлены следующие особенности:

– На вскрышных отвалах незначительное или полное отсутствие растительности на вершинах и в верховьях крутых откосов, обильное – у подножий и на пологих, близких к выровненным склонам. В разных частях участков склонов наибольшим баллом постоянства в фитоценозе характеризуются щучка дернистая, иван-чай узколистный, полевица тонкая. На начальных сингенетических стадиях в формировании фитоценозов доминирует мать-и-мачеха.

– На земляных обвалованиях и перемычках наблюдается интенсивное самозарастание. При этом при увеличении возраста отвалов (25 лет и старше) самозарастание на откосах и вершинах идет одновременно с естественным возобновлением древесно-кустарниковой растительности.

– На западных рельефообразованиях по мере их осушения идет постепенное зарастание травами и кустарниковыми ивами. Длительно не зарастают открытые иловые поля и оборотные водоемы (илоотстойники).

Исходя из вышеизложенного, следует, что на отработанных гидравлических полигонах необходима дифференцированная по естественно-восстановительным процессам и плодородию эдафотопов классификация нарушенных земель с разделением на пригодные, малопригодные (потенциально пригодные) и непригодные рельефообразования.

К пригодным (плодородным) относятся поствскрышные арены, подножья вскрышных отвалов, а также различного рода земляные обвалования (плотины, перемычки, подпорные дамбы и так далее) На этих площадях отмечается повышенный фиторесурсный восстановительный потенциал, реализуемый естественным путем. Вершины высоких вскрышных отвалов, днища ило(водо)отстойных прудов, поверхности хвостохранилищ – это потенциально пригодные земли. На первых необходима разваловка и террасирование, а на других – планировка поверхности, землевание, внесение удобрений и фитомелиорирование. Для ускорения процессов восстановления рас-

тительности целесообразен посев травосмесей (клевер, мятлик, овсяница, люпин).

Открытые иловые поля и хвостохранилища, где в результате перемыва песков в замкнутом цикле водоснабжения и ограниченном (стационарном) пространстве скапливаются крайне обедненные неплодородные почвогрунты и грубообломочный материал классифицируются как непригодные рельефообразования. Эти местообитания нуждаются в проведении мелиоративных мер, таких, как дренаж, водоотвод, землевание.

Реализация данного подхода в классификации нарушенных земель дает возможность значительно снизить рекультивационные затраты и обеспечить формирование оптимальной экологической среды в условиях техногенных неэкотопов.

Список литературы

1. Верещака, Т. В. Полевая картография / Т. В. Верещака, Н. С. Подобедев. – М.: Недра, 1986. – 351 с.
2. Касимов, А. К. Тахеометрический метод съемки при изучении корневых систем молодняков лесных культур фитоценозов / А. К. Касимов // Перспективы развития исследований по естественным наукам на Западном Урале. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1981. – С. 31–32.
3. Касимов, А. К. Структура и фитопродуктивность техногенных ландшафтов (на отработанных долинно-речных россыпях таежного Прикамья) / А. К. Касимов. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1998. – 137 с.
4. Касимов, А. К. Экологические аспекты лесовосстановления отработанных россыпей Прикамья : монография / А. К. Касимов, В. А. Галако. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 228 с.
5. Касимов, А. К. Топографо-картографические полевые исследования открытой разработки россыпей и обустройство их земель / А. К. Касимов, Н. М. Игешина // Вестник ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2017. – № 4 (53). – С. 50–56.
6. Куприянов, А. Н. Закономерности восстановления растительного покрова на отвалах Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. А. Манаков // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 2. – С. 51–58.
7. Низкий, С. Е. Биологические ресурсы антропогенно-природных и техногенных ландшафтов

Приамурья, их восстановление и использование: автореф. дис. д-ра биол. наук / С. Е. Низкий. – Благовещенск, 2015. – 38 с.

8. Нурок, Г. А. Гидромеханизация обработанных разработок / Г. А. Нурок. – М., 1970.

9. Раменский, Л. Г. К методике сравнительной обработки и систематизации списков растительности и других объектов, определяемых несколькими несходно действующими факторами / Л. Г. Раменский // Проблемы и методы изучения растительного покрова. – Л., 1971. – С. 34–56.

10. СНИП 1.02.07–87. Инженерные изыскания для строительства. 1988. – 104 с.

11. Справочник геодезиста. Кн. 2. – М.: Недра, 1985.

12. Шафрановский, И. И. Алмазы / И. И. Шафрановский. – М.: «Наука», 1964. – 176 с.

13. Яборов, В. Т. Естественное и искусственное восстановление растительного покрова на техногенных ландшафтах россыпной золотодобычи в Амурской области: автореф. дис. канд. биол. наук / В. Т. Яборов. – Благовещенск, 2007.

14. Pecharova, E. Function of vegetation in new landscape units after brown coal mining / E. H. Pecharova, Broumova-Dušakova, K. Novotna, I. Svoboda // Int. J. Mining, Reclamation & Environ. – 2011. – V. 25. Iss. 4. – S. 367–376.

15. Prach, K. Ecological restoration of Central European mining sites: a summary of a multi-site analysis / K. Prach, K. Řehouňková, J. Řehounek, P. Konvalinková // Landscape Res. – 2011. – V. 36. Iss. 2. – S. 263–268.

16. Wilson-Kokes, L. Nutrient concentrations in tree leaves on brown and gray reclaimed mine soils in West Virginia / L. Wilson-Kokes, J. Skousen // Sci. Total Environ, 2014. – V. 481. – S. 418–424.

Spisok literatury

1. Vereshhaka, T. V. Polevaja kartografija / T. V. Vereshhaka, N. S. Podobedev. – М.: Недра, 1986. – 351 с.

2. Kasimov, A. K. Taheometricheskij metod s'emki pri izuchenii kornevnyh system molodnjakov lesnyh kul'tur fitocенозов // Perspektivy razvitija issledovanij po estestvennym naukam na Zap. Urale. – Perm': Izd.-vo Perm. un-ta, 1981. – S. 31–32.

3. Kasimov, A. K. Struktura i fitoproduktivnost' tehnogennyh landshaftov (na obrabotannyh dolinno-rechnykh rossypjah taezhnogo Prikam'ja / A. K. Kasimov. – Perm': Izd.-vo Perm. un-ta, 1998. – 137 с.

4. Kasimov, A. K. Jekologicheskie aspekty lesovostanovlenija otrabotannyh rossypej Prikam'ja: monografija / A. K. Kasimov, V. A. Galako. – Ekaterinburg: UrO RAN. – 2002. – 228 s.

5. Kasimov, A. K. Topografo-kartograficheskie polevyje issledovanija otkrytoj razrabotki rossypej i obustrojstvo ih zemel' / A. K. Kasimov, N. M. Iteshina // Vestnik Izhevsk state agricultural academy. – 2017. – № 4 (53). – S. 50–56

6. Kuprijanov, A. N. Zakonomernosti vosstanovlenija rastitel'nogo pokrova na otvalah Kuzbassa / A. N. Kuprijanov, Yu. A. Manakov // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2016. – № 2. – S. 51–58.

7. Nizkij, S. E. Biologicheskie resursy antropogennoprirodnyh i tehnogennyh landshatov Piamur'ja, ih vosstanovlenie i ispol'zovanie: avtoref. dis. d-ra biol. nauk / S. E. Nizkij. – Blagoveshhensk, 2015. – 38 s.

8. Nurok, G. A. Gidromehanizacija otrabotannyh razrabotok / G. A. Nurok. – М., 1970.

9. Ramenskij, L. G. K metodike sravnitel'noj obrabotki i sistematizacii spiskov rastitel'nosti i drugih ob'ektov, opredeljaemyh neskol'kimi neshodno dejstvuyushhimi faktorami / L. G. Ramenskij // Problemy i metody izuchenija rastitel'nogo pokrova. – Л., 1971. – С. 34–56.

10. СНИП 1.02.07–87. Inzhenernye izyskanija dlja stroitel'stva. 1988. – 104 с.

11. Справочник геодезиста. Кн. 2. – М.: Недра, 1985.

12. Shafranovskij, I. I. Almazы / I. I. Shafranovskij. – М.: «Наука», 1964. – 176 с.

13. Jaborov, V. T. Estestvennoe i iskusstvennoe vosstanovlenie rastitel'nogo pokrova na tehnogennyh landshaftah rossypnoj zolotodobychi v Amurskoj oblasti: avtoref. dis. kand. biol. nauk / V. T. Jaborov. – Blagoveshhensk, 2007.

14. Pecharova, E. Function of vegetation in new landscape units after brown coal mining / E. H. Pecharova, Broumova-Dušakova, K. Novotna, I. Svoboda // Int. J. Mining, Reclamation & Environ. – 2011. – V. 25. Iss. 4. – S. 367–376.

15. Prach, K. Ecological restoration of Central European mining sites: a summary of a multi-site analysis / K. Prach, K. Řehouňková, J. Řehounek, P. Konvalinková // Landscape Res. – 2011. – V. 36. Iss. 2. – S. 263–268.

16. Wilson-Kokes, L. Nutrient concentrations in tree leaves on brown and gray reclaimed mine soils in West Virginia / L. Wilson-Kokes, J. Skousen // Sci. Total Environ, 2014. – V. 481. – S. 418–424.

Сведения об авторах:

Касимов Абдулбар Касимович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и лесных культур ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16; тел. (3412) 72–73–31).

Итешина Наталья Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой лесоводства и лесных культур ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16; e-mail: n.iteshina@yandex.ru).

A. K. Kasimov, N. M. Iteshina
Izhevsk State Agricultural Academy

PHYTORESOURCE RECOVERY POTENTIAL AND DEVELOPMENT OF LAND DISRUPTED DURING HYDRAULIC DEVELOPMENT OF SCATTERINGS

The peculiarities of the restoration of vegetation in different conditions of the earthwaste formations have been studied. According to the results of geobotanical studies at the experimental sites, the species diversity of vegetation cover has been revealed, its dynamics within the anthropogenic morphogenesis of the relief formations have been studied. It has been established that the anthropogenic morphogenesis are characterized by a wide range of environmental conditions and are potentially suitable for vegetation settlement. Features of naturally recovering processes at the waste landfills can be used as one of the leading diagnostic features during the development of classifications of disturbed lands.

Key words: anthropogenic morphogenesis, earthwaste formation, hydraulic landfill, man-made relief, age period of development, phytoresource potential, reconstructive dynamics, self-growth of dumps, anthropogenic morphogenesis of the neo-ecotope.

Authors:

Kasimov Apdulbar Kasimovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Forestry and Forest Crops Department, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, Russian Federation, 426033; tel. 8 (3412) 72–73–31).

Iteshina Natalia Mihajlovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Forestry and Forest Crops Department, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, Russian Federation, 426033; e-mail: n.iteshina@yandex.ru).

УДК 636.2.086.1.085.66

А. В. Перевозчиков, С. Л. Воробьева, И. М. Мануров
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ДИНАМИКА РОСТА ТЕЛЯТ И ИХ МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРОВИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КОРМЛЕНИИ ЗЕРНОВОЙ ПАТОКИ

Представлена информация о характеристике темпов роста телят холмогорской породы и изменении биохимических и гематологических показателей крови животных при использовании зерновой патоки в молочный период кормления.

Исследования проводились на базе предприятия ГУП УР «Рыбхоз» Пихтовка» Воткинского района Удмуртской Республики в течение 2017–2018 гг. Зерновую патоку вырабатывали на предприятии при помощи инновационной малогабаритной паточной установки на основе кавитационной технологии.

Для проведения исследований были сформированы по принципу пар-аналогов две группы телочек холмогорской породы (по 10 голов в каждой). Телятам опытной группы 3 литра молока заменяли на 3 литра зерновой патоки.

Введение в рацион телят зерновой патоки позволило увеличить уровень глюкозы в крови до 5,12 ммоль/л, что ускорило интенсивность окислительно-восстановительных процессов в организме. Количество лейкоцитов в опытной группе снизилось до отметки 8,45 10^9 /л, что меньше, чем в контрольной группе, на 0,69 10^9 /л. Количество эритроцитов в крови подопытных телят после проведения опыта находилось в пределах нормы 7,74–7,91 10^{12} /л.

Использование зерновой патоки позволило довести среднесуточный прирост в опытной группе до 789,6 г, что на 126,6 г больше, чем в контрольной группе ($P \geq 0,95$).*

Ключевые слова: телята, кормление, зерновая патока, кровь, холмогорская порода.

Актуальность. Кровь в организме животных является своеобразной тест-системой, определяющей нарушения обменных процессов. Периодическое изучение анализа состава

ва крови может оперативно определить признаки наличия различных заболеваний и отклонения от нормальных физиологических процессов, протекающих в органах и систе-

мах животных, а также нарушение кормления животных [1, 5].

К основным функциям крови относятся транспортная, в том числе питательная и дыхательная, терморегулирующая и защитная. Все эти функции выполняются за счет структурных элементов крови [2, 7]. По составляющим элементам крови судят обо всех показателях жизнедеятельности животных. Нарушение обмена веществ в любом возрастном периоде животных отражается на биохимических характеристиках крови. На состояние крови оказывает влияние и состав кормового рациона животных, и введение различных кормовых добавок [4, 8].

Анализ крови наглядно показывает недостаток основных необходимых питательных компонентов в рационе животных, а также различные нарушения обменных процессов организма [3, 6].

Удмуртская Республика, к сожалению, характеризуется недостатком легкоусвояемых углеводов в рационе животных, что ведет за собой снижение уровня глюкозы в крови животных и угнетение окислительно-восстановительных процессов в организме.

Материалы и методы исследования. На предприятии ГУП УР «Рыбхоз» Пихтовка» Воткинского района Удмуртской Республики в течение 2017–2018 гг. проводились опыты по изучению эффективности использования зерновой патоки в кормлении телят холмогорской породы. Зерновую патоку вырабатывали на предприятии при помощи установки Шарканского РТП УЖК-1000. Инновационная малогабаритная паточная установка на основе кавитационной технологии предназначена для организации производства кормовых сахаров ферментативным путем из местного зернового сырья (пшеницы, ржи, ячменя, тритикале и так далее) непосредственно в хозяйствах.

Для производства зерновой патоки в данном предприятии используют злаковую культуру рожь, так как под посев данной культуры отведено более 30 % посевных площадей предприятия.

Целью исследования являлось определение интенсивности роста животных и анализ биохимических и гематологических показателей крови телят холмогорской породы при введении в рацион зерновой патоки.

Для проведения исследований были сформированы по принципу пар-аналогов две группы телочек холмогорской породы (по 10 голов в каждой). При подборе животных в группы учитывали живую массу, происхождение, а также продуктивные качества родителей.

Подобранные животные были здоровы и хорошо поедали корм. Схема проведения исследований приведена в таблице 1.

Таблица 1 – **Схема кормления подопытных животных**

Группа	Кол-во голов	Период кормления	Кормление
Контрольная	10	2 месяца	6 л цельного молока
Опытная	10	2 месяца	3 л цельного молока, 3 л зерновой патоки

Животным контрольной группы выдавался только основной рацион, используемый в хозяйстве. Животным опытной группы в состав основного рациона вводили патоку соответственно схеме. Группы были сформированы из телочек в возрасте одного месяца. Период кормления зерновой патокой осуществлялся в течение 2 месяцев.

Во время научно-хозяйственного опыта кормление телят осуществлялось три раза в сутки.

Контрольной группе выпаивалось цельное молоко, обработанное термическим способом, в количестве 6 литров на голову в сутки.

Телятам опытной группы 3 литра молока заменялось на 3 литра зерновой патоки, кормление так же было трехразовым. Поение происходило из групповых поилок. В клетках находилось по 5 голов как опытных, так и контрольных животных.

Результаты исследования. На основании полученных данных в результате взвешивания проведены расчеты абсолютного, среднесуточного и относительного приростов.

Забор крови для проведения анализа проводили до начала кормления зерновой патоки и после проведения опыта в 3-х месячном возрасте.

Биохимические и гематологические показатели крови телят приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – **Биохимические показатели крови телят при постановке опыта, $X \pm m_x$**

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Общий белок, г/л	61,24±1,45	60,98±1,23
Са, моль/л	2,59±0,07	2,63±0,11
Р, моль/л	1,74±0,08	1,69±0,06
Са/Р	1,49	1,55
Глюкоза, ммоль/л	5,02±0,58	5,23±0,69
Щелочная фосфатаза, Е/л	41,84±2,56	43,61±3,12

Таблица 3 – Биохимические показатели крови телят после проведения опыта, $\bar{X} \pm m_x$

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Общий белок, г/л	62,45±1,48	64,87±1,34
Са, моль/л	2,79±0,09	2,92±0,14
Р, моль/л	1,89±0,10	1,94±0,13
Са/Р	1,48	1,51
Глюкоза, ммоль/л	4,18±0,78	5,12±0,64
Щелочная фосфатаза, Е/л	40,78±3,27	45,31±3,64

Для оценки состояния белкового обмена проводят определение в сыворотке крови общего белка и его фракций. Нарушение состояния белкового обмена может проявляться в формах гипопроотеинемии и гиперпротеинемии. Гипопротеинемия может свидетельствовать о недокорме животных, хронических расстройствах желудочно-кишечного тракта и других заболеваниях, при которых происходит снижение аппетита и усвоение питательных веществ корма. Гиперпротеинемия в условиях интенсивного животноводства встречается чаще, чем снижение белка в крови животных. Проявляется при белковом перекорме, кетозе, воспалении печени и других заболеваниях.

Проведенные лабораторные анализы общего белка в сыворотке крови анализируемых животных показывают соответствие этих показателей физиологическим нормативам в течение всего периода проведения эксперимента.

Глюкоза является индикатором состояния углеводного обмена, а также главным источником энергии для организма животных. На ее долю приходится более 90 % всех низкомолекулярных углеводов. Анализ данного показателя в крови телят до введения в рацион зерновой патоки находился на уровне 5,02–5,23 ммоль/л. Анализ крови телят в трехмесячном возрасте показал некоторые изменения этого показателя. В контрольной группе произошло снижение глюкозы до 4,18 ммоль/л, что меньше чем в опытной группе на 0,94 ммоль/л.

Однако полученные данные не имеют достоверных статистических различий. Минеральный обмен веществ характеризуется количеством минеральных веществ и их соотношений в организме животного. Соотношение кальция и неорганического фосфора в организме телят соответствует нормативным показателям.

Гематологический анализ крови позволяет также определить наличие признаков заболевания животных (табл. 4, рис. 1–3).

Таблица 4 – Гематологические показатели крови подопытных животных

Показатель	Группа	
	контрольная	I опытная
	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$
До постановки опыта		
Эритроциты, 10 ¹² /л	8,12±0,24	8,21±0,41
Гемоглобин, г/л	109,6±3,54	111,3±2,98
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	7,78±0,64	8,31±0,37
После проведения опыта		
Эритроциты, 10 ¹² /л	7,74±0,33	7,91±0,54
Гемоглобин, г/л	115,9±3,28	119,3±3,61
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	9,14±0,36	8,45±0,29

Лабораторные анализы крови показали соответствие по всем критериям физиологических норм возрастного периода телят. Это свидетельствует об отсутствии клинических нарушений обмена веществ в организме и наличия признаков заболеваний. Количество эритроцитов в крови подопытных телят после проведения опыта находилось в преде-

лах нормы 7,74–7,91 10¹²/л. Зафиксировано небольшое увеличение эритроцитов у опытной группы, однако эти результаты статистически не достоверны.

Аналогичная тенденция зафиксирована и по гемоглобину. В опытной группе этот показатель составил 119,3 г/л, что на 3,4 г/л больше, чем в контрольной группе.

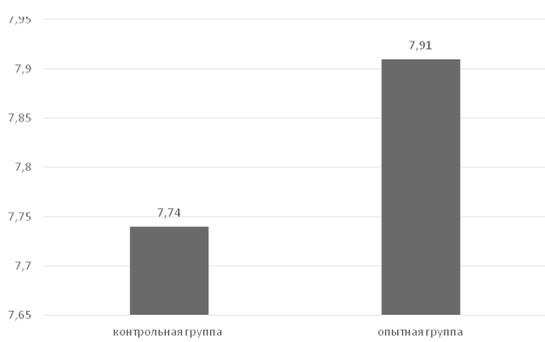


Рисунок 1 – Графическое изображение изменения показателя – Эритроциты, 10¹²/л

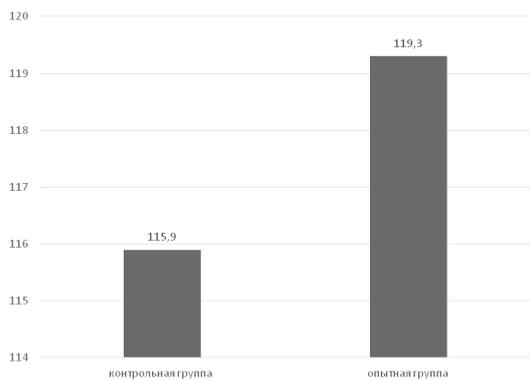


Рисунок 2 – Графическое изображение изменения показателя – Гемоглобин, г/л

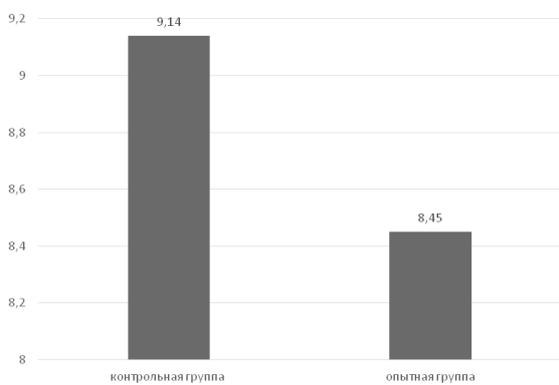


Рисунок 3 – Графическое изображение изменения показателя – Лейкоцит, 10⁹/л

Показатели лейкоцитов в общем анализе крови позволяют оценить состояние иммунитета и даже определить причину болезни. Количество белых клеток крови, то есть лейкоцитов, в опытной группе снизилось до отметки 8,45 10⁹/л, что меньше, чем в контрольной группе, на 0,69 10⁹/л. Этот показатель находится в границах физиологических норм животных, что свидетельствует об отсутствии признаков воспалительных процессов и заболеваний.

Применение зерновой патоки оказало положительное влияние на интенсивность роста телят. Результаты приведены на рисунках 4–6.

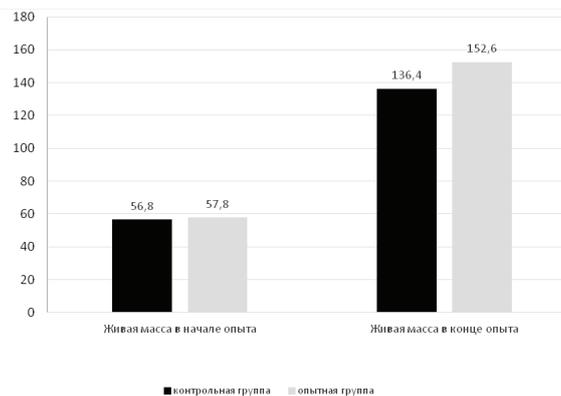


Рисунок 4 – Динамика живой массы телят при проведении опыта, кг

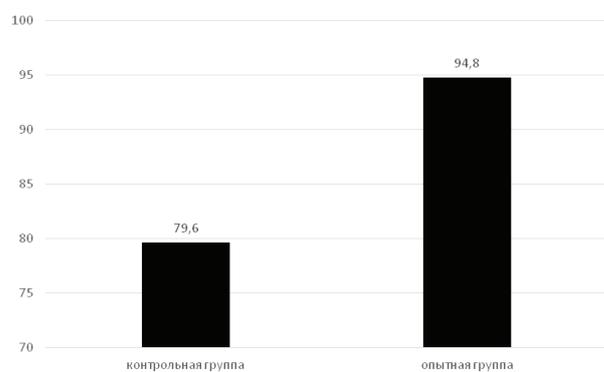


Рисунок 5 – Валовой прирост, кг

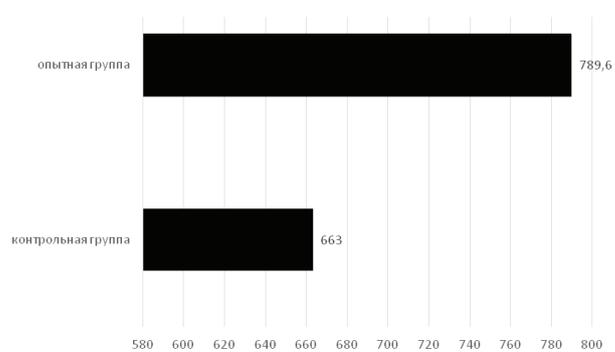


Рисунок 6 – Среднесуточный прирост телят

При постановке опыта были подобраны животные практически равной массы 56,8–57,8 кг. Разница между группами составила 1 кг. Проведение измерения в пятимесячном возрасте выявило следующие результаты: разница между анализируемыми группами составила 16,2 кг или 11,9 % (* – P≥0,95).

Использование зерновой патоки позволило довести среднесуточный прирост в опытной группе до 789,6 г, что на 126,6 грамма больше, чем в контрольной группе (* – P≥0,95).

Заключение. Выявлено, что скармливание зерновой патоки молодняку крупного рогатого

скота в количестве 3 кг на голову в сутки оказывает положительное влияние на потребление кормов, а также увеличивает среднесуточный прирост живой массы.

Таким образом, введение в рацион телят зерновой патоки в количестве 3 литров позволило увеличить уровень глюкозы в крови и, соответственно, уровень интенсивности окислительно-восстановительных процессов.

Список литературы

1. Батанов, С. Д. Влияние минеральной добавки «Стимул» на биохимические показатели крови коров-первотелок / С. Д. Батанов, Г. Ю. Березкина, В. В. Килин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2014. – Т. 220. – № 4. – С. 38–42.

2. Блохин, П. И. Влияние препарата «Био-тэк» на иммунобиохимические показатели крови коров и полученных от них телят / П. И. Блохин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 73. – С. 558–566.

3. Ивашова, М. К. Перспективы использования природных минералов в кормлении телят / М. К. Ивашова, Е. М. Кислякова // В сборнике: Инновационные технологии в животноводстве и перспективы их использования в ФСИН России: сб. мат. Всерос. научно-практ. конф. Федеральное казенное образовательное учреждение Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России. Ответственный редактор: Л. В. Лазаренко. – Пермь, 2013. – С. 10–13.

4. Карпенко, Л. Ю. Минеральный состав крови коров в разные сезоны года и под влиянием минерально-кормовой добавки «Хелавит» / Л. Ю. Карпенко, А. А. Карпенко, А. И. Енукашвили, В. Б. Галецкий // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2012. – № 2. – С. 76–80.

5. Науменко, П. А. Гематологические показатели крови у телят молочного периода выращивания / П. А. Науменко, Е. А. Комкова, Х. М. Зайналабдиева, Д. Л. Арсанукаев // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (40). – С. 122–125.

6. Пронин, В. В. Характеристика морфологических и биохимических показателей крови телят черно-пестрой породы под влиянием йода и селена / В. В. Пронин, С. П. Фисенко, А. В. Пронин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2010. – Т. 201. – С. 316–319.

7. Тихонова, Е. М. Оценка влияния «Ветохит» на показатели крови коров / Е. М. Тихонова, А. Ю. Нечаев, И. В. Лунегова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 3. – С. 104–106.

8. Шевченко С. А. Показатели роста и морфобиохимического статуса крови телят под влиянием пробиотика «Ветом 1.1» / С. А. Шевченко, А. И. Шевченко, Н. И. Рядинская // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (99). – С. 082–084.

Spisok literatury

1. Batanov, S. D. Vliyaniye mineral'noy dobavki «Stimul» na biokhimi-cheskiye pokazateli krovi korov-pervotelok / S. D. Batanov, G. Yu. Berezkina, V. V. Kilin // Uchenyye zapiski Kazanskooy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. – 2014. – T. 220. – № 4. – S. 38–42.

2. Blokhin P. I. Vliyaniye preparata «Bio-tek» na immunobiokhicheskiye pokazateli krovi korov i poluchennykh ot nikh telyat / P. I. Blokhin // Politematicheskij setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubansko-go gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 73. – S. 558–566.

3. Ivashova M. K. Perspektivy ispol'zovaniya prirodnykh mineralov v kormlenii telyat / M. K. Ivashova, Ye. M. Kislyakova // V sbornike: In-novatsionnyye tekhnologii v zhivotnovodstve i perspektivy ikh is-pol'zovaniya v FSIN Rossii sbornik materialov vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Federal'noye kazennoye obrazova-tel'noye uchrezhdeniye Permskiy institut Federal'noy sluzhby is-polneniya nakazaniy Rossii, otvetstvennyy redaktor: L. V. Lazarenko. – 2013. – S. 10–13.

4. Karpenko L. Yu. Mineral'nyy sostav krovi korov v raznyye sezony goda i pod vliyaniem mineral'no-kormovoy dobavki «Khelavit» / L. Yu. Karpenko, A. A. Karpenko, A. I. Yenukashvili, V. B. Galetskiy // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2012. – № 2. – S. 76–80.

5. Naumenko P. A. Gematologicheskiye pokazateli krovi u telyat moloch-nogo perioda vyrashchivaniya / P. A. Naumenko, Ye. A. Komkova, Kh. M. Zaynalabdiyeva, D. L. Arsanukayev // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 1 (40). – S. 122–125.

6. Pronin V. V. Kharakteristika morfologicheskikh i biokhimicheskikh pokazateley krovi telyat chernopestroy porody pod vliyaniem yoda i selena / V. V. Pronin, S. P. Fisenko, A. V. Pronin // Uchenyye zapiski Kazanskooy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. – 2010. – T. 201. – S. 316–319.

7. Tikhonova Ye. M. Otsenka vliyaniya «Vetokhit» na pokazateli krovi ko-rov / Ye. M. Tikhonova, A. Yu. Nechayev, I. V. Lunegova // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2015. – № 3. – S. 104–106.

8. Shevchenko S. A. Pokazateli rosta i morfobiokhimicheskogo statusa krovi telyat pod vliyaniem probiotika «Vetom 1.1» / S. A. Shevchenko, A. I. Shevchenko, N. I. Ryadinskaya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 1 (99). – S. 082–084.

Сведения об авторах:

Перевозчиков Александр Витальевич – аспирант кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая,11; e-mail: sanek280193@mail.ru).

Воробьева Светлана Леонидовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая,11, тел. 8 (950) 810–44–18; e-mail: vorobievasveta@mail.ru).

Мануров Ильгиз Минзагитович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры физической культуры, ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая,11; e-mail: agro@izhgsha.ru).

A. V. Perevozchikov, S. L. Vorobieva, I. M. Manurov
Izhevsk State Agricultural Academy

GROWTH DYNAMICS OF CALVES AND THEIR MORPHO-BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BLOOD WHEN USED IN FEEDING GRAIN MOLASSES

The article provides information on the effect of feeding calves in the Kholmogory breed of molasses on the intensity of growth and development, as well as an analysis of biochemical and hematological indicators of animal blood. The studies were conducted on the basis of the Rybkhov «Pikhtovka» in the Votkinsk district of the Udmurt Republic during 2017–2018. Grain molasses was produced at the enterprise with the help of an innovative small-sized grinding plant based on cavitation technology. To conduct research, two groups of heifers of the Kholmogory breed (10 animals each) were formed on the basis of analogue pairs. The calves of the experimental group 3 liters of milk, was replaced by 3 liters of molasses, feeding was also three times a day. The introduction of calf molasses into the diet of calves made it possible to increase the level of glucose in the blood to 5.12 mmol/l, which increased the intensity of oxidation-reduction processes in the body. The number of leukocytes in the experimental group decreased to the level of $8,45 \cdot 10^9/l$, which is less than in the control group by $0.69 \cdot 10^9/l$. The number of red blood cells in the blood of experimental calves after the experiment was within the normal range of $7.74\text{--}7.91 \cdot 10^{12}/l$. A slight increase in red blood cells was recorded in the experimental group, however, these results are not statistically reliable. A similar trend was recorded for hemoglobin. In the experimental group, this indicator was 119.3 g, which is 3.4 g more than in the control group. The use of molasses made it possible to increase the average daily gain in the experimental group to 789.6 g, which is 126.6 grams more in the control group (– $P \geq 0.95$).*

Key words: calves, feeding, molasses grain, blood, hill-mountain breed.

Authors:

Perevozchikov Alexandr Vitalievich – Post-graduate at the Department of Feeding and Breeding Agricultural Animals. Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation; e-mail: sanek280193@mail.ru).

Vorobyova Svetlana Leonidovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Feeding and Breeding Agricultural Animals. Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation; e-mail: vorobievasveta@mail.ru).

Manurov Ilgiz Minzagitovich – Candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of physical culture. Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russian Federation; e-mail: agro@izhgsha.ru).

А. Г. Ипатов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

Механические свойства деталей машин определяются структурой тонкого поверхностного слоя, толщина которой не превышает 0,1 мм. Поэтому существующие технологические процессы упрочнения деталей машин методами объемной закалки, химико-термической обработки утратили свое преимущество и актуальность. При этом большинство «традиционных» методов упрочнения обеспечивают получение метастабильных фаз перлитного или мартенситного класса, механические свойства которых, ограничиваются температурой не более 200 °С. В данной работе автором рассмотрена возможность упрочнения поверхностных слоев стальных деталей машин концентрированным источником энергии – лазерным излучением. Лазерное излучение в современном машиностроении используется достаточно широко. Однако за последние годы значительно расширилась номенклатура промышленных лазеров, обладающих отличительными энергетическими и кинематическими характеристиками, что дало возможность к реализации новых способов упрочнения, в частности, высокоскоростное лазерное упрочнение. Высокие скорости охлаждения локальных объемов материала, поверхностного слоя деталей машин, обеспечивают получение мелкодисперсных структур, вплоть до наноразмерных. Для реализации возможности анализа структуры и свойств поверхности деталей машин после высокоскоростной перекристаллизации в работе разработана методика по получению железоуглеродистого композита на основе карбонильного и кристаллического железа методом длительного спекания в защитной восстановительной среде. Полученный композит в дальнейшем подвергался высокоскоростной лазерной обработке со скоростями от 1 до 4 м/с. Для определения характеристик образцы подверглись лабораторным исследованиям. Результаты исследований подтвердили возможность получения структур по механизмам, отличных от традиционных. В зоне высокоскоростной лазерной обработки наблюдается тенденция по скачкообразному изменению фазовых превращений, которые заключаются в переходе к другому морфологическому типу затвердевания при определенной скорости затвердевания. При этом меняются и механические свойства: микротвердость скачкообразно падает, что указывает на переход совершенно в иное структурное образование, скорее всего, переход к бесструктурному, аморфному типу, как наиболее устойчивому морфологическому состоянию.

Ключевые слова: *высокоскоростная лазерная перекристаллизация, упрочнение, структура, морфологический переход, микротвердость.*

В современных условиях эксплуатации изделий особое внимание уделяется их надежности и долговечности. Как известно, поверхностные слои деталей подвергаются наиболее интенсивным механическим, тепловым, химическим воздействиям, что приводит к их преждевременному выходу из строя. При этом традиционные методы восстановления не только экономически не целесообразны, но и не дают желаемых свойств, поскольку все виды термического упрочнения связаны с нагревом всего объема детали, что снижает механические и физические свойства детали в результате сильного термического воздействия [3, 4]. Все это стимулирует создание новых методов упрочнения и восстановления деталей. В настоящее время пристальное внимание уделяется лазерному воздействию на материалы [1, 3, 4, 5, 7–10]. Структура и фазовые состояния поверхностных слоев после лазерной обработки

привлекают внимание своими необычными физическими и механическими свойствами.

Перспективным направлением исследований в данной области является получение мелкодисперсной структуры, вплоть до наноразмерных структур на рабочей поверхности деталей [3, 8, 9]. Наноразмерные структуры характеризуются особенностями, которые заключаются в том, что рассматриваемые процессы и совершаемые действия происходят в нанометровом диапазоне пространственных размеров. Поэтому цель данной работы заключается в изучении возможности получения структур в зоне лазерной высокоскоростной перекристаллизации близких по строению и химическому составу к исходному мелкодисперсному или наноразмерному материалу. Развитие поставленной цели необходимо для создания технологии получения наноструктурных слоев за счет лазерной высокоскоростной перекристаллизации нанесенного на по-

верхность наноразмерного порошка разного химического состава. Для реализации поставленной цели в работе решаются задачи по исследованию структуры и свойств при лазерном высокоскоростном спекании (с переплавом) мелкодисперсных смесей порошков, состоящих из химически чистого железа и графита.

Материалы и методика эксперимента.

Для изготовления образцов использовались порошки карбонильного железа марки А-100 и кристаллического графита. Технология получения карбонильного железа обеспечивает химическую чистоту порошка за исключением трех элементов – кислорода, углерода и азота. Для очистки от этих элементов исходный порошок подвергался отжигу в атмосфере водорода при температуре 350 °С в течение одного часа с охлаждением в печи. После этого порошок железа смешивался с графитом в пропорциях, необходимых для получения готовых образцов сплава железо-углерода с содержанием углерода 0,3 % по весу. После чего смесь порошков размалывалась на вибромельнице. Фракционный состав регулировался временем размола, причем размер частиц порошка менялся от 100 нм до нескольких микрометров.

Из подготовленных смесей порошков изготавливались образцы по двукратному циклу: прессовка порошка; предварительное спекание в защитной атмосфере (диссоциированный аммиак) в течение 2 часов с охлаждением в печи; калибровка образцов; окончательное спекание в течение 4 часов. Плотность готовых образцов составляла 7,4 г/см³, структура – феррит, перлит с микротвердостью 70–90 кг/мм².

Для последующей лазерной обработки образцов был изготовлен технологический стенд с использованием СО₂ лазера Лантан-ЗМ, работающего в режиме генерации непрерывного излучения мощностью 1 кВт. Плотность мощности лазерного излучения устанавливалась в диапазоне от 2,6–10⁵ до 1,4–10⁶ Вт/см². Необходимая скорость V сканирования луча лазера устанавливалась частотой N вращения образца в специальном приспособлении. Диапазон скорости V составил от 0,1 м/с до 4 м/с.

После лазерной обработки проводилось металлографическое, рентгеноструктурное исследование образцов, а также измерение микротвердости слоев в зоне лазерной перекристаллизации. После травления и анализа структуры в этих же сечениях проводилось измерение микротвердости.

Результаты исследований. В условиях высокоскоростной обработки зона лазерного

воздействия состоит из двух слоев: зон лазерной закалки из жидкой и твердой фаз. Зона отпуска при этом отсутствует. Характерная микроструктура слоев показана на рисунке 1.

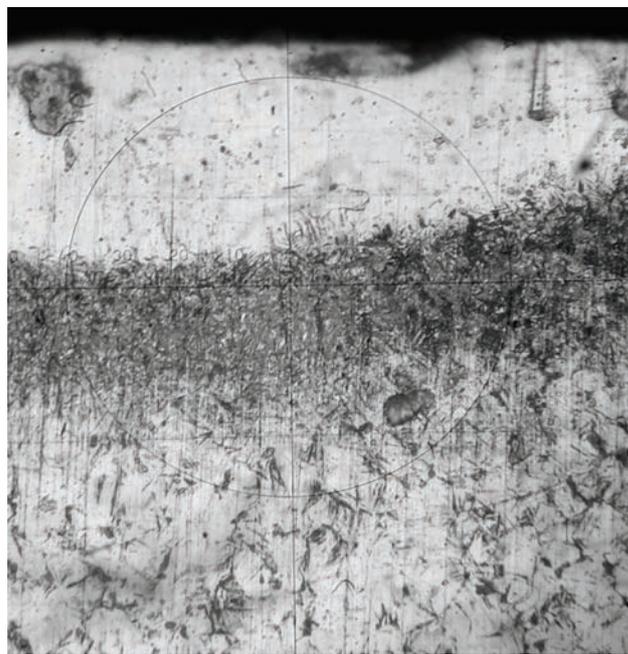


Рисунок 1 – Микроструктура образца после лазерной перекристаллизации

Для всех образцов в зоне лазерной перекристаллизации характерна светлотравящаяся структура (верхняя часть на рисунке 1), что объясняется особенностями лазерного воздействия, характеризующегося высоким значением градиента температуры на фронте и высокой скоростью кристаллизации. При кристаллизации из расплава, образованного лазерным излучением, во всем использованном в данной работе диапазоне скоростей V образуется аустенит, затвердевающий в виде дендритов, ячеек или плоским фронтом в зависимости от скорости V_s и градиента G температуры. При дальнейшем охлаждении аустенита происходит его аллотропическое γ - α превращение по мартенситному механизму без нарушения формы и размеров исходных кристаллов. Причем рост мартенситных кристаллов тормозится границами зерен и другими дефектами, что позволяет в итоге получить мелкодисперсную неравновесную структуру пластинчатого мартенсита. В зоне лазерной закалки (средняя часть на рисунке 1) вследствие высокой скорости нагрева и охлаждения образуется неоднородный по содержанию углерода мелкодисперсный пластинчатый мартенсит. С ростом скорости движения луча лазера

от значения 0,1 м/с рентгеноструктурный анализ на установке ДРОН-6М показывает однообразный рост тетрагональности мартенсита, эффективной ширины линий альфа- и гамма-железа, количества остаточного аустенита. Зависимость микротвердости слоев в зоне лазерной перекристаллизации от скорости движения луча лазера показана на рисунке 2.

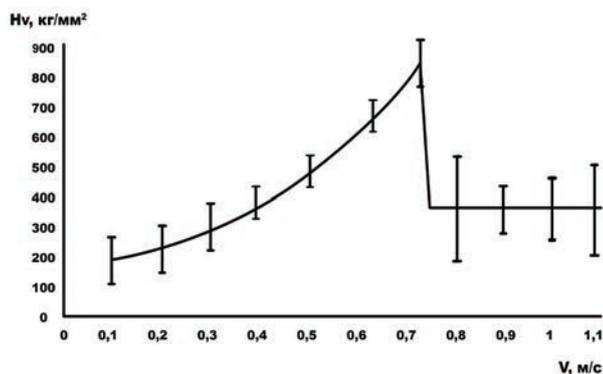


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости Н в зоне лазерной высокоскоростной перекристаллизации от скорости V сканирования луча лазера

Характер зависимости микротвердости соответствует результатам, полученным ранее для стали 50 [7, 8] лишь в диапазоне скорости сканирования луча лазера до 0,7 м/с. Свыше этой величины монотонность нарушается и значение микротвердости испытывает резкий скачок с уменьшением значения до 300 кг/мм². В дальнейшем микротвердость перестает зависеть от скорости движения луча лазера.

Объяснение этого экспериментального результата может заключаться в возможном скачкообразном переходе к другому морфологическому типу затвердевания при данной скорости. Это может быть переход от дендритно-ячеистой морфологии к бесструктурной кристаллизации в области высоких скоростей как переход к абсолютной морфологической устойчивости фронта.

На рисунке 3 хорошо видно, что переплав не изменяет форму и размеры, то есть структуру пор.

Время нахождения элементарных объемов сплава в жидком состоянии при высокой скорости сканирования очень мало и составляет величину порядка 10^{-4} с. За это время, ввиду ограниченной диффузионной подвижности, атомы расплава не успевают сколько-нибудь существенно изменить свое окружение.



Рисунок 4 – Структура пор в зоне лазерной высокоскоростной перекристаллизации

В работах [2, 10, 11] дан подход к теоретическому описанию жидкостей и подчеркивается существенное влияние ее структуры и свойств как на процесс кристаллизации, так и на свойства формируемого сплава. Поэтому при высокоскоростной кристаллизации с плоским фронтом существенную роль на формирующуюся структуру оказывает эффект структурной наследственности. При движении фронта кристаллизации перераспределение примеси (углерода) на фронте незначительно, поэтому образуется структура при кристаллизации, «наследующая» свойства структуры до образования расплава.

Приведенные рассуждения подтверждаются данными рентгеноструктурных исследований. Если до скорости движения луча лазера 0,7 м/с наблюдается рост тетрагональности мартенсита, эффективной ширины линий альфа- и гамма-железа и количества остаточного аустенита, то свыше этой скорости наблюдается обратная тенденция упорядочения структуры, а при значении скорости 1 м/с ширина линий α -Fe соответствует структурному исходному состоянию, зависящему от фракционного состава исходного порошка.

Выводы. В представленной работе проанализированы структурные изменения поверхностных слоев железоуглеродистых сплавов под действием высокоскоростной лазерной обработки. Представленные результаты наглядно демонстрируют значительное влияние на структуру сплавов скорости обработки. До скорости 0,7 м/с наблюдается стандартная кинетика структурных превра-

щений с формированием закалочных структур с избыточным аустенитом по мартенситному механизму, однако при скоростях выше 0,7 м/с наблюдается обратная тенденция и скачкообразное изменение механических свойств, в частности, микротвердость структуры понижается с уменьшением значения до 300 кг/мм². В дальнейшем микротвердость перестает зависеть от скорости движения луча лазера.

Объяснение этого экспериментально-го результата может заключаться в возможном скачкообразном переходе к другому морфологическому типу затвердевания при данной скорости. Это может быть переход от дендритно-ячеистой морфологии к бесструктурной кристаллизации в области высоких скоростей как переход к абсолютной морфологической устойчивости фронта.

Представленные результаты исследований имеют высокую практическую значимость и могут быть использованы при проектировании технологических процессов упрочнения деталей машин.

Список литературы

1. Харанжевский, Е. В. Структура и топография поверхностных слоев, полученных лазерным высокоскоростным спеканием порошков Fe-C-NI, Fe-C-CU / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов // Вестник Удмуртского университета. Серия Физика и химия. – 2010. – № 1. – С. 74–83.
2. Gill, S. C. Laser resolidification of the Al – Al-Cu eutectic: The coupled zone / S. C. Gill, M. Zimmermann, W. Kurz // Acta Metall. Mater. – 1989. – Vol. 40. – № 11. – S. 2895–2906.
3. Ипатов, А. Г. Повышение работоспособности сепарирующего решета дробилки зерна закрытого типа / А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов, М. А. Кубалов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. – № 1. – С. 112–119.
4. Харанжевский, Е. В. Структура и механические свойства спеченных слоев из ультрадисперсных порошковых материалов на основе железа / Е. В. Харанжевский, И. Н. Климова, А. Г. Ипатов, С. М. Стрелков // Вестник Удмуртского университета. Серия Физика и химия. – 2009. – № 1. – С. 111–120.
5. Харанжевский, Е. В., Микроструктура и свойства слоев при лазерной перекристаллизации порошковых материалов на основе железа / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов // Вестник Удмуртского университета. Серия Физика и химия. – 2007. – № 4. – С. 88–97.
6. Калита, В. И. Физика, химия и механика формирования покрытий, упрочненных наноразмерными фазами // Физика и химия обработки материалов. – 2005. – № 3. – С. 46–57.

7. Кривилев, М. Д. Отбор микроструктуры при лазерной перекристаллизации конструкционной стали / М. Д. Кривилев, Д. А. Данилов, Е. В. Харанжевский, П. К. Галенко // Вестник Удмуртского университета. – 2005. – № 4. – С. 117–120.

8. Галенко, П. К. Структура и механические свойства конструкционной стали при лазерной высокоскоростной перекристаллизации / П. К. Галенко, Е. В. Харанжевский, Д. А. Данилов // Физика металлов и металловедение. – 2002. – Т. 94, – № 2. – С. 207–216.

9. Галенко, П. К. Высокоскоростная кристаллизация конструкционной стали при лазерной обработке поверхностей / П. К. Галенко, Е. В. Харанжевский, Д. А. Данилов // Журн. техн. физики. – 2002. – Т. 47, – № 5. – С. 48–55.

10. Haranzhevskiy, E. V. Structure and mechanical properties of structural steel in laser resolidification processing / E. V. Haranzhevskiy, D. A. Danilov, M. D. Krivilyov, P. K. Galenko // Mater. Sci. Eng. A. – 2004. – Vol. 375–377. – S. 502–506.

11. Boettinger, W. J. The effect of solidification velocity on the microstructure of Ag-Cu alloys / W. J. Boettinger, D. Schechtman, R. J. Schaefer, F. S. Biancianiello // Metall. Trans. A. – 1984. – Vol. 15. – S. 55–66.

Spisok literatury

1. KHaranzhevskij, E. V. Struktura i topografiya poverkhnostnykh sloev, poluchennykh lazernym vysokoskorostnym spekaniem poroshkov Fe-TS-NI, FE-TS-TSU / E. V. KHaranzhevskij, A. G. Ipatov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Fizika i khimiya. – 2010. – № 1. – S. 74–83.
2. Gill, S. TS. Laser resolidifitsation of tkhe Al – Al-TSu eutetstits: Tkhe tsoupled zone / S. TS. Gill, M. Zimmermann, V. Kurz // Atsta Metall. Mater. – 1989. – Vol. 40. – № 11. – S. 2895–2906.
3. Ipatov, A. G. Povyshenie rabotosposobnosti separiruyushhego resheta drobilki zerna zakrytogo tipa / A. G. Ipatov, V. I. SHirobokov, M. A. Kubalov // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – Т. 55. – № 1. – S. 112 – 119.
4. Kharanzhevskij, E. V. Struktura i mekhanicheskie svoystva spechennykh sloev iz ul'tra-dispersnykh poroshkovykh materialov na osnove zheleza / E. V. KHaranzhevskij, I. N. Klimova, A. G. Ipatov, S. M. Strelkov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Fizika i khimiya. – 2009. – № 1. – S. 111–120.
5. KHaranzhevskij, E. V., Mikrostruktura i svoystva sloev pri lazernoj perekristallizatsii poroshkovykh materialov na osnove zheleza / E. V. KHaranzhevskij, A. G. Ipatov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Fizika i khimiya. – 2007. – № 4. – S. 88–97.
6. Kalita, V. I. Fizika, khimiya i mekhanika formirovaniya pokrytij, uprochnennykh nanorazmernymi fazami // Fizika i khimiya obrabotki materialov. – 2005. – №3. – S. 46–57.

7. Krivilev, M. D. Otbor mikrostruktury pri lazernoj perekristallizatsii konstruktsionnoj stali / M. D. Krivilenko, D. A. Danilov, E. V. KHaranzhevskij, P. K. Galenko // Vestnik Udmurtskogo universiteta. – 2005. – №4. – S. 117–12.

8. Galenko, P. K. Struktura i mekhanicheskie svoystva konstruktsionnoj stali pri lazernoj vysokoskorostnoj perekristallizatsii / P. K. Galenko, E. V. KHaranzhevskij, D. A. Danilov // Fizika metallov i metallovedenie. – 2002. – T. 94. – №2. – S. 207–216.

9. Galenko, P. K. Vysokoskorostnaya kristallizatsiya konstruktsionnoj stali pri lazernoj obrabotke

poverkhnostej / P. K. Galenko, E. V. KHaranzhevskij, D. A. Danilov // Zhurn. tekhn. fiziki. – 2002. – T. 47. – №5. – S. 48–55.

10. KHaranzhevskiy, E. V. Strutsture and mechanitsal properties of strutstural steel in laser resolidifitsation protsessing / E. V. KHaranzhevskiy, D. A. Danilov, M. D. Krivilyov, P. K. Galenko // Mater. Stsi. Eng. A. – 2004. – Vol. 375–377. – S. 502–506.

11. Boettinger, V. J. Tkhe effetst of solidifitsation velosity on tkhe mitsrostrutsture of Ag-TSu alloys / V. J. Boettinger, D. Schechtman, R. J. Schaefer, F. S. Biantسانيello // Metall. Trans. A. – 1984. – Vol. 15. – S. 55–66.

Сведения об авторе:

Ипатов Алексей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9; тел. 8 (3412) 59–24–23, e-mail: ipatow.al@yandex.ru).

A. G. Ipatov

Izhevsk State Agricultural Academy

EFFECT OF HIGH-RATE LASER RECRYSTALLIZATION ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE IRON-CARBON COMPOSITES

The mechanical properties of the machines' parts are determined by the structure of a thin surface layer whose thickness does not exceed 0.1 mm. Therefore, the existing technological processes of hardening of machine parts by implementing the methods of bulk hardening and chemical-heat treatment have lost its advantage and relevance. The majority of "traditional" methods of hardening provide metastable phases of pearlite, or martensitic class of mechanical properties, which are limited to a temperature not exceeding 200 °C. In this paper, the author considers the possibility of hardening the surface layers of steel parts of machines by a concentrated energy source-laser radiation. Laser radiation is widely enough used in modern engineering. However, in recent years, the range of industrial lasers with distinctive energy and kinematic characteristics has been significantly expanded that made it possible to implement new methods of hardening – high-speed laser hardening, in particular. High cooling rates of local material volumes, the outer surface layer of machine parts, provide fine-dispersed structures, up to nano-scaled. To realize the possibility of analyzing the structure and surface properties of machine parts after high-speed recrystallization, a technique for obtaining an iron-carbon composite based on carbonyl iron and crystalline by long-term sintering in a protective, reducing medium have been developed. The resulting composite was subsequently further on subjected to high-rate laser processing at speeds from 1 to 4 m/s. To determine the characteristics of the samples, the latter were subjected to laboratory testing. The results of the research have confirmed the possibility of obtaining structures as per mechanisms different from traditional ones. In the zone of high-rate laser processing, there was a tendency observed for abrupt change in phase transformations, the latter being transferred to another morphological type of solidification at a certain rate of solidification. At the same time, mechanical properties also have been also changing: the micro-hardness drops abruptly, and that indicates the transition to a completely different structural formation, most likely – the transition to a structureless, amorphous type, as the most stable morphological state.

Key words: high-speed laser recrystallization; hardening; structure; morphological transition; micro-hardness.

Author:

Ipatov Aleksey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069; e-mail: ipatow.al@yandex.ru).

УДК 621.793.79

А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Использование тонких пленок имеет неоспоримое преимущество перед традиционными покрытиями, определяемое высокой усталостной прочностью, «гибкостью» структуры, низкой дислокационной активностью, высокой адгезией с подложкой. Получение тонких покрытий преимущественно реализуется в инструментальном производстве, при повышении износостойкости и красностойкости режущих кромок инструментов. Для получения таких покрытий на практике с 80-х годов реализуются PVD- и CDV-технологии, которые обеспечивают получение сверхтвердых покрытий толщиной не более 15 мкм. Негативной стороной этих технологий является получение гомогенных структур с узким диапазоном физических и эксплуатационных свойств. В условиях машиностроения синтезируемые покрытия должны обладать комплексом свойств, которые одинаково противостоят усталостным, термическим, динамическим и тому подобным нагрузкам. Получение таких покрытий сопряжено с гетерогенностью структуры, с наличием многофазового состава, что влияет на кинетику процессов структурообразования и тем самым усложняет технологию синтеза покрытия. Авторами в работе представлена возможность получения устойчивых тонких покрытий на поверхности деталей машин с целью повышения их износостойкости и долговечности. Для реализации технологии предложена технология тонкопленочного покрытия на основе симбиоза конструкционных и инструментальных композиционных составов с реализацией принципа «Шарпи». Для синтеза тонкого покрытия использована технология короткоимпульсного лазерного излучения с эффектом аморфизации структуры в силу высоких скоростей кристаллизации. Для получения покрытия использована порошковая композиция на основе сплава баббит Б83, легированная карбидом бора. Процентное соотношение карбида бора было определено на основе поисковых исследований и ограничивалось 1,5 % по массе. Результаты исследований продемонстрировали устойчивость покрытий в условиях усталостной нагрузки, которая не уступает традиционным баббитовым покрытиям, при этом несущая способность покрытия, а также задиростойкость значительно превышают показатели традиционных покрытий более чем в 4 раза. Микротвердость покрытия увеличилась более чем в 3 раза и составила 1080 кгс/мм², при этом структура характеризуется мелкодисперсной структурой с переходом на аморфную.

Полученные результаты обладают высокой практической значимостью и могут быть использованы при восстановлении валов и осей, работающих при высоких динамических и кинематических режимах.

Ключевые слова: тонкое покрытие, антифрикционные покрытия, короткоимпульсная лазерная обработка, износостойкость, восстановление.

Развитие ремонтного производства по восстановлению, повышению долговечности и надежности деталей машин в контактирующих парах характеризуется использованием технологий термического упрочнения поверхностных слоев деталей или синтезом специальных функциональных покрытий на основе конструкционных композиционных составов [2, 4, 5]. При этом эффективность таких решений зачастую определяется особенностями используемых источников энергии, наносимых композиций и геометрических характеристик покрытий.

При получении восстановительных, функциональных покрытий в машиностроении особое внимание уделяют адгезии наносимого слоя с основой деталей. Такой подход значительно ограничивает возможности данной технологии, поскольку высокая адгезия в условиях традиционных технологий возможна лишь

при использовании «родственных» материалов, схожих по химическому и фазовому составу. Однако, учитывая малую номенклатуру конструкционных материалов (используемых в общем машиностроении), возникают сложности подбора материалов покрытий, обладающих высокими физико-механическими свойствами. Для повышения номенклатуры материалов, а также повышения физико-механических свойств покрытий, современное машиностроение особое внимание уделяет получению наноструктурных покрытий, характеризующихся величиной кристаллов менее 100 нм. Теория, предложенная в начале 80-х годов немецким ученым Г. Глейтером, успешно реализуется в мировой практике, в частности, при синтезировании износостойких покрытий для инструментов, термозащитных покрытий для лопаток турбин и так далее. Использование наноструктурных покрытий

в ремонтном производстве с целью восстановления деталей машин и повышения долговечности и надежности в парах трений реализуется недостаточно эффективно [3], на что сказывается отсутствие полномасштабных исследований в этой области.

В условиях машиностроения и ремонтного производства при синтезе наноструктурированных покрытий используются порошковые композиции с высокой дисперсностью, не превышающие размерность свыше 100 нм. Получение таких порошковых композиций занимает длительный период и, как правило, не обеспечивает желаемого результата в силу высокой поверхностной энергии порошковых частиц, обеспечивающих их скопление в агломераты и тем самым формирование крупных дендритов разнонаправленного характера. Разнонаправленное формирование структуры обеспечивает устойчивость покрытия при небольших и недлительных динамических нагрузках, однако при длительных нагрузениях, как показала практика [2], наиболее эффективны структуры стекловидного, аморфного состояния с минимальной концентрацией дислокаций. Как известно, в зависимости от скорости перекристаллизации структуры возможно формирование различных типов структур от дендритного строения (малые скорости охлаждения) до стеклоподобной, аморфной структуры (сверхвысокие скорости охлаждения) [8, 9]. Получение аморфных структур более привлекательно с точки зрения отсутствия дислокаций и ярко выраженной кристаллической структуры. С учетом вышесказанного нами в данной работе предлагается реализовать тонкое покрытие по своим характеристикам, близким к аморфным структурам, которые обладают уникальными свойствами.

Методика исследований. Для реализации предлагаемой технологии нами была предложена идея совмещения свойств инструментальных и конструкционных материалов, поскольку каждый из этих материалов уникален по своим свойствам – инструментальные материалы твердые и износостойкие, конструкционные материалы более пластичные и обладают высокой усталостной прочностью. При этом необходимо учитывать тот факт, что строение должно удовлетворять принципу «Шарпи», которое характеризуется мягкой матрицей с более твердыми включениями. С этой целью в качестве основы покрытия использовали анти-

фрикционное покрытие на основе оловянно-го баббит В83, обладающего высокими противозносными свойствами в условиях сухой и гидродинамической смазки. Но при этом твердость данных покрытий не превышает 180–200 кгс/см², что обеспечивает низкую несущую способность покрытий, не более 18 МПа. Работы по упрочнению и повышению эксплуатационных свойств баббитовых покрытий проводились многими исследователями, но в основном они сводились к изменению структуры покрытия без изменения химического состава [1, 2]. В данной работе для повышения эксплуатационных свойств в состав композиции В83 дополнительно добавили карбид бора с концентрацией по массе в 1,5 %. В дальнейшем порошковая композиция подверглась интенсивной механоактивации в условиях шаровой мельницы с получением дисперсности порошковой композиции 40–80 нм. Процесс синтеза покрытия производили в цеховой защитной камере в среде аргона [5] по заранее определенным режимам.

Полученные лабораторные покрытия подвергли лабораторным исследованиям в условиях металлографического анализа и износных испытаний по режимам, представленным в работах [5, 10].

Результаты исследований. Металлографические исследования проводили с целью определения качества адгезии покрытия с поверхностью детали и выявления структуры покрытия. На рисунке 1 представлена структура покрытия и подложки. Покрытие обладает равномерной структурой, без наличия пор и раковин толщиной от 35 до 50 мкм. Зона адгезии четко проявляется с тонкой адгезионной зоной (темная тонкая полоска). В зоне адгезии отсутствуют нежелательные примеси, наличие трещин и непроваров, что свидетельствует о высоком качестве соединения и выбора режимов обработки.

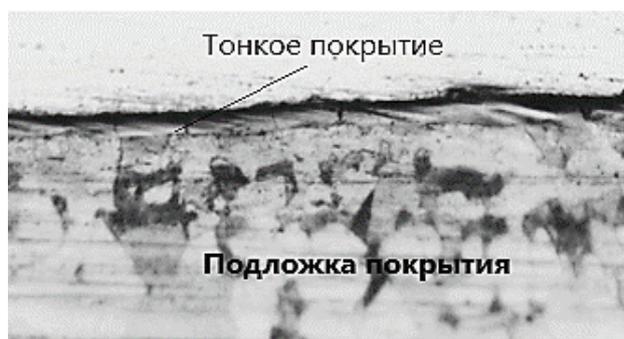


Рисунок 1 – Микроструктура покрытия и зоны адгезии

Структура подложки проявляется в виде ферритной и перлитной смеси (светлые зоны феррит, темные – перлит). Микроструктура самого покрытия не проявляется, при увеличении свыше 1500 раз видны характерные кристаллы, по характеру и размеру напоминающие исходные порошковые частицы, что подтверждает тот факт, что процесс синтеза покрытий происходит с неполным оплавлением порошковых частиц, то есть реализуется спекание порошковых материалов в жидкой среде. Процесс перехода от оплавления к спеканию порошковых материалов в жидкой среде. Процесс перехода от оплавления к спеканию благоприятно влияет на физико-механические свойства покрытия по причине снижения внутренних напряжений ввиду отсутствия полного оплавления разнородных частиц порошковой композиции.

Для определения работоспособности и стойкости покрытия в условиях эксплуатации смоделировали граничные условия смазки с переходом на сухое трение (наиболее агрессивные условия эксплуатации). На первом этапе износных испытаний провели сравнительные исследования влияния карбида бора на коэффициент трения. В качестве сравнения проанализировали стандартное баббитовое покрытие Б83, изготавливаемое Дмитровским заводом вкладышей по традиционной технологии литья [7].

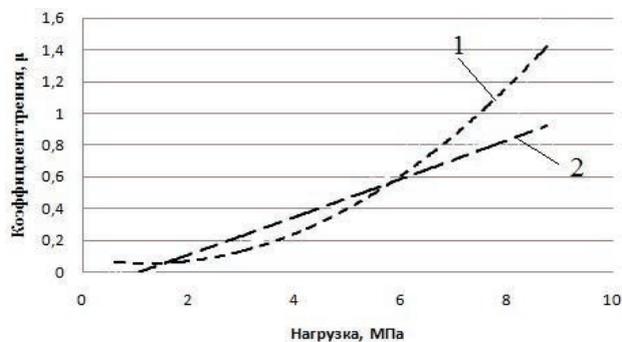


Рисунок 2 – Сравнительный анализ коэффициента трения:
1 – баббитовое покрытие Б83,
2 – исследуемое покрытие

Проведенные исследования подтвердили наши ожидания: значение коэффициента трения варьируется в пределах значений стандартного баббитового покрытия. С увеличением нагрузки у исследуемого покрытия наблюдается стабилизация коэффициента трения, в то время как у стандартного возникает значительное повышение коэффициента трения с переходом на схватывание.

Введение дополнительно карбида бора благоприятно сказалось на коэффициенте трения, поскольку увеличилась твердость покрытия. Выполненные исследования выявили значительное увеличение микротвердости покрытия до 1000–1080 кгс/мм², что более чем в 4 раза превышает показатели стандартных баббитовых покрытий.

Увеличение твердости приводит к формированию в зоне контакта упругих деформаций. Упругая форма контакта обеспечивает более низкие значения коэффициента трения, что вызвано понижением шероховатости в зоне трения и стабильной площадью контакта.

Наиболее важной и определяющей характеристикой покрытия является ее несущая способность. Сравнение исследуемого покрытия со стандартным покрытием показало повышение несущей способности в 3–4 раза.

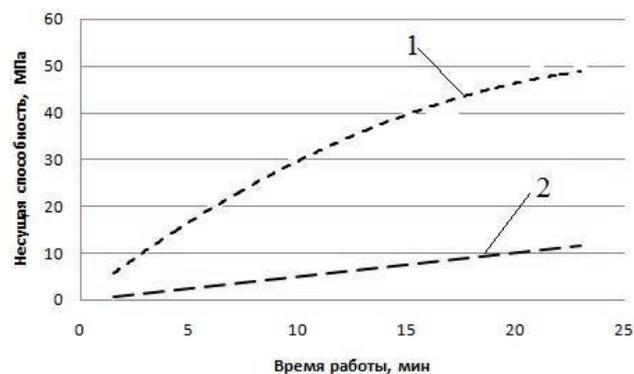


Рисунок 3 – Сравнительный анализ несущей способности:
1 – баббитовое покрытие Б83,
2 – исследуемое покрытие

Повышение несущей способности вызвано повышением твердости и когезионной прочности покрытия. Введение карбида бора даже в небольших количествах привело к формированию прочной матрицы, которая удерживает высокие контактные напряжения, обеспечивая повышение несущей способности. Расположенная в каркасе мягкая баббитовая структура противостоит интенсивному изнашиванию и схватыванию за счет деформации в зонах микроконтакта и поглощает высокие термические нагрузки. Необходимо отметить, что в условиях износных испытаний температура разрушения исследуемого покрытия достигла свыше 250 °С, тогда как у стандартных баббитовых покрытий процессы заедания наступают при темпера-

турах от 110 до 135 °С. Высокая термостойкость также связана с наличием прочной матрицы на основе карбида бора.

Выводы. В современном ремонтном производстве наиболее привлекательно использование тонких покрытий, синтезируемых в контролируемых средах. В работе представлены результаты исследования восстановительных, антифрикционных покрытий на основе порошкового баббита В83 и карбида бора, полученных короткоимпульсной лазерной обработкой.

Представленные результаты дают наглядное представление о возможности получения подобных покрытий, а также их высокую работоспособность, в частности, коэффициент трения в диапазоне нагрузок незначительно снижается по сравнению с традиционными баббитовыми покрытиями, а несущая способность значительно выше и составляет порядка 35–40 МПа, что более чем в 4 раза выше стандартных баббитовых покрытий на основе В83.

Полученные результаты имеют огромный практический потенциал и могут быть использованы в условиях ремонтных мастерских и машиностроительных предприятий.

Список литературы

1. Барыкин, Н. П. Влияние структуры баббита В83 на интенсивность износа трибосопряжений / Н. П. Барыкин, Р. Ф. Фазлыахметов, А. Х. Валеев // *Металловедение и термическая обработка*. – 2006. – № 2 (608). – С. 44–46.
2. Ипатов А. Г. Исследование триботехнических свойств металлополимерных покрытий системы «В83-МоS2-Ф4» / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. М. Стрелков // *Вестник Ижевской ГСХА*. – 2015. – № 3 (44). – С. 7–20.
3. Гольдфарб, В. И. Новая технология лазерной модификации поверхностей низкоскоростных тяжело нагруженных опор скольжения / В. И. Гольдфарб, Е. С. Трубачев, Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, К. В. Богданов, Ю. Ю. Матвеева // *Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова*. – 2017. – Т. 20. – № 2. – С. 112–117.
4. Ipatov A. G. Analysis and synthesis of functional coatings by high-speed laser processing of ultrafine powder compositions / A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, I. A. Deryushev, L. Ya. Novikova, V. A. Sokolov // *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 421–430.
5. Ипатов А. Г. Модификация антифрикционных покрытий на основе оловянистой бронзы короткоимпульсной лазерной обработкой / А. Г. Ипатов,

Е. В. Харанжевский // *Технический сервис машин*, 2018. – Т. 133. – С. 220–226.

6. 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, L. Ya. Novikova, I. A. Deryushev // *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 921–928.

7. Шмыков, С. Н. Анализ рынка подшипников скольжения в России / С. Н. Шмыков, Л. Я. Новикова // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: мат. Междунар. научно-практ. конференции: в 3 томах*. – Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 177–183.

8. Galenko, P. K. Model for free dendritic alloy growth under interfacial and bulk phase nonequilibrium condition / P. K. Galenko, D. A. Danilov // *J. Cryst. Growth*. – 1999. – V. 197. – S. 992–1002.

9. Харанжевский, Е. В. Исследование высокоскоростной перекристаллизации при лазерном упрочнении среднеуглеродистой стали: дисс. кандидата технических наук / Е. В. Харанжевский. – Ижевск, 2002.

10. Ипатов А. Г. Повышение работоспособности сепарирующего решета дробилки зерна закрытого типа / А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов, М. А. Кубалов // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2018. – Т. 55. – № 1. – С. 112–119.

Spisok literatury

1. Barykin, N. P. Vliyaniye struktury babbita В83 na intensivnost' iznosa tribosopryazhenij / N. P. Barykin, R. F. Fazlyakhmetov, A. Kh. Valeev // *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka*. – 2006. – № 2 (608). – С. 44–46.
2. Ipatov A. G. Issledovanie tribotekhnicheskikh svoystv metallopolimernykh pokrytij sistemy «В83-МоS2-Ф4» / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskij, S. M. Strelkov // *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii*. – 2015. – № 3 (44). – С. 7–20.
3. Gol'dfarb, V. I. Novaya tekhnologiya lazernoj modifikatsii poverkhnostej nizkoskorostnykh tyazhelonagruzhennykh opor skol'zheniya. / V. I. Gol'dfarb, E. S. Trubachev, E. V. Kharanzhevskij, A. G. Ipatov, K. V. Bogdanov, YU. YU. Matveeva // *Vestnik IzhGTU im. M. T. Kalashnikova*. – 2017. – Т. 20. – № 2. – С. 112–117.
4. Ipatov A. G. Analysis and synthesis of functional coatings by high-speed laser processing of ultrafine powder compositions / Ipatov A. G., Shmykov S. N., Deryushev I. A., Novikova L. Ya., Sokolov V. A. // *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 421–430.
5. Ipatov A. G. Modifikatsiya antifriktsionnykh pokrytij na osnove olovyanistoj bronzy korotkoimpul'snoj lazernoj obrabotkoj / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskij // *Tekhnicheskij servis mashin*, 2018. – Т. 133. – С. 220–226.

6. 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. Ostaeв., S. N. Shmykov, L. Ya. Novikova, I. A. Deryushev // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – S. 921–928.

7. SHmykov, S. N. Analiz rynka podshipnikov skol'zheniya v rossii / S. N. SHmykov, L. YA. Novikova // Agrarnaya nauka – sel'skokhozyajstvennomu proizvodstvu: mat. Mezhdunar. nauchno-prakt. konferentsii: v 3 tomakh. – Izhevsk, FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – 2019. – S. 177–183.

8. Galenko, P. K. Model for free dendritic alloy growth under interfacial and bulk phase nonequilibrium condition / P. K. Galenko, D. A. Danilov// J. Cryst. Growth. – 1999. – V. 197. – S. 992–1002.

9. KHaranzhevskij, E. V. Issledovanie vysokoskorostnoj perekristallizatsii pri lazernom uprochnenii sredneuglerodistoj stali: diss. kandidata tekhnicheskikh nauk/ E. V. KHaranzhevskij. – Izhevsk, 2002.

10. Ipatov A. G. Povyshenie rabotosposobnosti separiruyushhego resheta drobilki zerna zakrytogo tipa / A. G. Ipatov, V. I. SHirobokov, M. A. Kubalov // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agarnogo universiteta. – 2018. – Т. 55. – № 1. – S. 112–119.

Сведения об авторах

Ипатов Алексей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, тел. раб. 8 (3412) 59–24–23, тел. сот +7 (951) 201–56–92; e-mail: ipatow.al@yandex.ru).

Шмыков Сергей Николаевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9; тел. 8 (3412) 59–24–23).

A. G. Ipatov , S. N. Shmykov
Izhevsk State Agricultural Academy

PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION OF THIN-FILM COATINGS IN REPAIRING PROCESS

The use of thin films has an undeniable advantage over traditional coatings, which is determined by high fatigue resistance, structure, “flexibility”, low dislocation activity, and high adhesion to the object. Obtaining thin coatings is mainly implemented in tool production, thus increasing the wear-and-tear resistance and redness resistance of the tool cutting edges. To obtain such coatings, PVD and CDV technologies have been implemented in practice since the 80s, which provide superhard coatings with a thickness of not more than 15 microns. The negative side of these technologies is obtaining homogeneous structures with a narrow range of physical and operational properties. In the conditions of mechanical engineering, the synthesized coatings should have a set of properties that equally resist fatigue, thermal, dynamic, etc. loading. Obtaining such coatings is associated with heterogeneity of the structure, with the presence of a multiphase composition that affects the kinetics of the processes of structure formation and thereby complicate the technology of synthesis of the coating. The authors have presented the possibility of obtaining stable thin coatings on the surface of machine parts, in order to increase their wear resistance and durability. To implement the technology, a thin-film coating technology based on the symbiosis of structural and instrumental compositions has been proposed, with the implementation of the Charpy principle. For the synthesis of a thin coating, the technology of short-pulse laser radiation had been used followed by the effect of amorphization of the structure occurring due to high crystallization rates. To obtain the coating, a powder composition based on B83 babbitt alloy doped with boron carbide was used. The percentage of boron carbide was determined based on exploratory research and was limited to 1.5 % by weight. The research results had demonstrated the stability of coatings under conditions of fatigue loading that was not inferior to traditional babbitt coatings, whereas the bearing capacity of the coating, as well as the scoring resistance, had significantly exceeded the performance of traditional coatings by more than 4 times. The micro-hardness of the coating had increased by more than 3 times, and amounted to 1080, while the structure was characterized by a finely dispersed structure with transition to amorphous one.

The results obtained are of high practical significance and can be applied to when restoring shafts and axis operating under high dynamic and kinematic conditions.

Key words: thin coating; anti-friction; coating; short-pulse laser processing; wear resistance; restoring.

Authors:

Ipatov Aleksey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069; e-mail: ipatow.al@yandex.ru).

Shmykov Sergey Nikolayevich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069; tel. 8 (3412) 59–24–23).

УДК 664.6:697.941

Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ПАРАМЕТРЫ ПЫЛЕВОЗДУШНОЙ СМЕСИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В МОКРОМ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕ

Приведены результаты исследований параметров пылевоздушной смеси, таких как концентрация пыли, скорость потока, состав жидкости, на качество очистки мокрым пылеуловителем. Мокрый пылеуловитель является дополнительным устройством очистки, так как циклоны, используемые в дробилках зерна для очистки воздуха, недостаточно эффективно справляются со своей работой. Зерновая пыль вредна для здоровья операторов, работающих в кормоцехах, так как они ее вдыхают, кроме того витающая в воздухе пыль взрывоопасна, а осевшая пыль пожароопасна.

В задачи исследований входило изучение эффективности работы мокрого пылеуловителя и влияние на него различных параметров смеси зерновой пыли с воздухом. Исследования проводились на лабораторной установке в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в 2017 году. Установка имеет две ступени очистки. Каждая ступень представляет собой емкость с жидкостью. Очистка воздуха от зерновой пыли происходит при ударе смеси, движущейся с определенной скоростью, о поверхность жидкости. Скорость потока сообщается в дробильной камере дробилки. Результаты исследования показали, что увеличение концентрации пыли в потоке, а также его скорость положительно сказались на динамике очистки.

Ключевые слова: *пыль, мокрый пылеуловитель, концентрация пыли, скорость потока, эффективность.*

Актуальность. Концентрированные зерновые корма входят в рационы всех сельскохозяйственных животных. Без них нельзя достигнуть требуемой продуктивности, как мясной, так и молочной. Они дают доступную быструю энергию в виде углеводов и протеинов для жизнедеятельности животных.

Цельное зерно организм коров, свиней, овец усваивать не может, поэтому данные корма подвергаются измельчению до требуемого помола. Разрушают зерна с помощью различных измельчителей, и чаще всего применяют молотковые дробилки. Процессы измельчения концентрированных кормов с помощью дробилок сопровождаются формированием зерновой и мучной пыли, которая переходит в аэрозольное состояние, вызывая появление легких примесей в воздухе рабочей зоны, технологических или вентиляционных выбросах в атмосферу. Для удаления пыли из газовой или воздушной смеси используются разнообразные по типам и конструктивным особенностям пылеуловители [1, 2, 3]. На данном этапе развития существует большой выбор оборудования, обеспечивающего заданную степень очистки газов, а также методик по определению параметров газовых потоков и эффективности пылеуловителей [4–7].

Пыль состоит из частиц твердого вещества, взвешенного в воздухе. По происхождению пыль может быть естественной и искусствен-

ной, минеральной и органической, производственной и коммунально-бытовой. Различного рода заболевания наиболее часто вызывает промышленная пыль, характер которой зависит от ее состава [8]. Чем мельче пылевые частицы, тем дольше они находятся во взвешенном состоянии, проникая в мельчайшие поры кожи, бронхи и альвеолы. Наиболее частыми заболеваниями, вызываемыми воздействием пыли, являются пневмокониозы и бронхиты [9, 10]. Пневмокониозы возникают при длительном вдыхании различной пыли и характеризуются разрастанием соединительной ткани в дыхательных путях. В зависимости от вида вдыхаемой пыли различают многие виды пневмокониозов: силикоз (кварцевая пыль), антракоз (угольная пыль), сидероз (железосодержащая пыль) [11, 12]. В связи с этим важной проблемой является устранение пыли. Мельчайшие частицы пыли могут быть настолько малы, что визуально их не замечают, и нахождение пыли в воздушном пространстве могут показать только приборы [10].

Несмотря на то, что циклоны имеют высокую эффективность, они не справляются с полной очисткой воздуха, поэтому можно предусмотреть дополнительную ступень для улавливания частиц пыли. В качестве такой ступени нами предлагается мокрый пылеуловитель.

Цели и задачи исследований. Целью работы является изучение влияния concentra-

ции пыли в воздухе и скорости потока на эффективность работы мокрого пылеуловителя. Для решения данной цели нами поставлены следующие задачи:

- 1) определить концентрацию пыли в очищенном воздухе при различных концентрациях пыли в исходном загрязненном воздухе;
- 2) определить концентрацию пыли в очищенном воздухе при разных скоростях подачи исходного загрязненного воздуха;
- 3) показать взаимосвязь концентрации пыли и скорости потока.

Материалы и методы исследований. Для проведения исследований применяли лабораторную установку мокрый пылеуловитель (рис. 1), через который пропускали загрязненный воздух, подача воздуха осуществлялась через компрессор. Различную концентра-

цию пыли обеспечивали дозирующим устройством. В качестве пыли применяли зерновую пыль. Концентрацию пылевых частиц в воздухе до и после очистки определяли аспиратором ЭА-30. Скорость потока снимали анемометром МЭС-200.

Степень очистки воздуха определяли при трех положениях дозатора, когда он был открыт на 1/3, на 2/3 и полностью, с учетом разных скоростей потока 3, 4, 5, 6, 7 м/с. Каждый эксперимент проводился трехкратно.

Результаты исследования. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1. Для каждой скорости пылевоздушного потока устанавливали три положения дозатора и снимали показания. Более наглядно результаты исследований видно на представленных графиках (рис. 2).

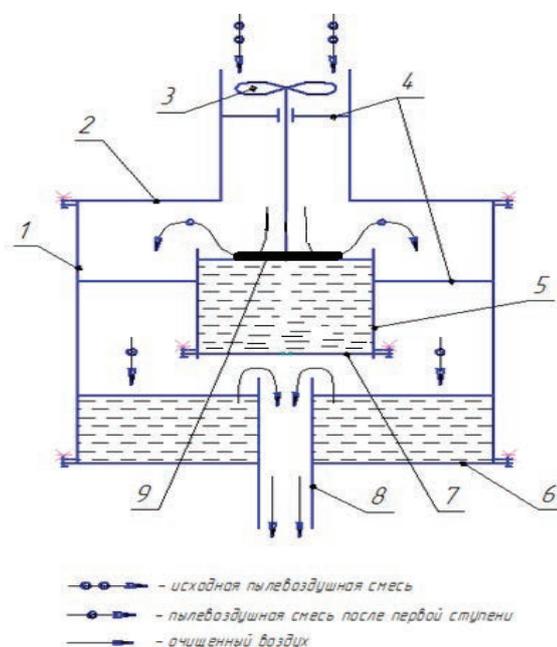


Рисунок 1 – Схема мокрого пылеуловителя: 1 – корпус; 2 – крышка верхняя с патрубком; 3 – вентилятор с валом; 4 – спицы; 5 – корпус первой ступени; 6 – крышка; 7 – крышка первой ступени; 8 – отводящий патрубок; 9 – мешалка.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Положение заслонки дозатора	Скорость потока пылевоздушной смеси, м/с	Концентрация исходной пыли, мкг/м ³	Концентрация пыли, мкг/м ³
1/3	3	0,355	0,237
	4	0,592	0,237
	5	1,066	0,829
	6	2,606	1,184
	7	7,106	2,487

Положение заслонки дозатора	Скорость потока пылевоздушной смеси, м/с	Концентрация исходной пыли, мкг/м ³	Концентрация пыли, мкг/м ³
2/3	3	0,947	0,592
	4	0,711	0,355
	5	1,540	0,829
	6	2,369	0,592
	7	7,817	2,132
3/3	3	1,303	0,829
	4	1,066	0,592
	5	2,013	0,947
	6	3,553	0,829
	7	8,409	1,303

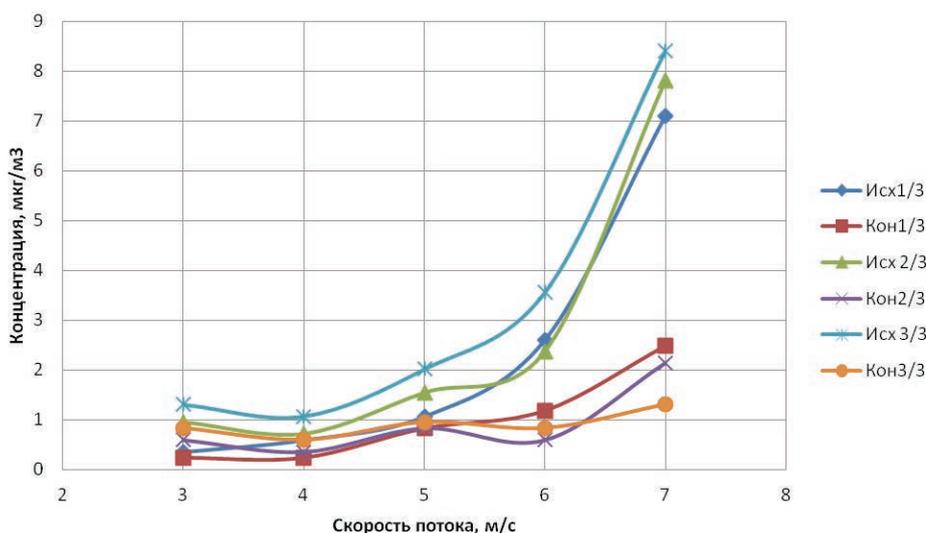


Рисунок 2 – Зависимость концентрации пыли в очищенном воздухе от концентрации исходной и скорости потока

График на рисунке 2 показывает, что увеличение скорости потока положительно сказывается на эффективности работы мокрого пылеуловителя. При скорости 3 м/с в первом положении дозатора концентрация пыли снизилась на 0,118 мкг/м³ или 33,3%, а при скорости 7 м/с при том же положении концентрация снизилась на 4,619 мкг/м³ или на 65,0%. При полном открытии дозатора при скорости 3 м/с концентрация пыли снизилась на 36,4%, а при скорости 7 м/с при том же положении концентрация снизилась на 84,5%. Увеличение концентрации пыли повышает очищающую способность на 19,5%. Концентрация пыли в очищенном воздухе находится в пределах от 0,237 до 2,487 мкг/м³. Таким образом, при повышении концентрации пыли

в воздухе и скорости потока очищающая способность пылеуловителя увеличивается.

По графику также можно выявить, что зависимость снижения концентрации пыли нелинейная и с увеличением скорости ее интенсивность увеличивается, что наглядно показано на графике при интервале скоростей 6–7 м/с (рис. 2).

Выводы. Очищающая способность мокрого пылеуловителя увеличивается при повышении концентрации пыли и скорости потока. Данный результат можно объяснить тем, что высокая скорость потока сообщает частицам более высокую кинетическую энергию, соответственно, сила проникновения в жидкость будет высокой.

Список литературы

1. Бурков, А. И. Повышение эффективности функционирования пневмосистем зерно- и семяочистительных машин совершенствованием их технологического процесса и основных рабочих органов: дис. докт. техн. наук / А. И. Бурков. – Киров, 1993. – 500 с.
2. Ильичев, В. В. Выбор устройств для улавливания пыли в зависимости от условий их функционирования / В. В. Ильичев // Вестник НГИЭИ. – 2014. – №10. – С. 74–81.
3. Казаков, В. А. Обоснование технологической схемы и параметров ротационного поперечно-поточного пылеуловителя для очистки воздуха в процессах обработки зерна и семян: дис. канд. техн. наук / В. А. Казаков. – Киров, 1999. – 155 с.
4. Бурькин, А. И. Энергоэкономная эксплуатация оборудования для производства сухих молочных продуктов / А. И. Бурькин // Молочная промышленность. – 2003. – № 2. – С. 66–70
5. Коновалов, Н. М. Массоотдача в турбулентных пленках в условиях вертикального прямого движения газо – жидкостного потока / Н. М. Коновалов, Н. А. Войнов, Н. А. Николаев // Теор. основы хим. Технологии. – 1997. – Т. 31. – № 1. – С.1–6
6. Нечаева, Е. С. Исследование основных характеристик роторного распылительного пылеуловителя. дисс. канд. техн. наук / Е. С. Нечаева. – Кемерово, 2014. – 149 с.
7. Сугак, Е. В. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами / Е. В. Сугак, Н. А. Войнов, Н. А. Николаев. – Казань. РИЦ «Школа», 1999. – 224 с.
8. Петров, С. Б. Оценка биологического действия пыли, входящей в состав атмосферных выбросов медеплавильного производства / С. Б. Петров, И. В. Шептунов, П. И. Цапок // Вятский медицинский вестник. – 2007. – №4. – С. 140–142.
9. Грушко, А. В. Гигиена труда и оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работников мукомольных предприятий: автореф. дис. канд. мед.наук / А. В. Грушко. – Волгоград, 2000.
10. Чудакова, О. Г. Способ для измерения показателя загрязненности воздуха цеха от мучной пыли в хлебопекарном производстве и прибор контроля / О. Г. Чудакова, А. А. Чижевский, О. В. Лавриенко // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 13. – С. 296–298.
11. Калюжина, Е. А. Об аппроксимации интегральных функций дисперсного состава пыли в воздушной среде / Е. А. Калюжина, А. И. Киреева, Н. А. Маринин, Е. В. Гладков, Ю. С. Михайловская // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 14. – С. 52–56.
12. Стреляева, А. Б. О значимости дисперсности состава пыли в технологических процессах / А. Б. Стреляева, Н. А. Маринин, А. В. Азаров // Интернет-Вестник ВОЛГГАСУ. – 2013. – №3. – С. 2–5.

Spisok literatury

1. Burkov, A. I. Povyshenie ehffektivnosti funktsionirovaniya pnevmosistem zerno- i semyaochistitel'nykh mashin sovershenstvovaniem ikh tekhnologicheskogo protsesssa i osnovnykh rabochikh organov: dis. dokt. tekhn. nauk / A. I. Burkov. – Kirov, 1993. – 500 s.
2. Il'ichev, V. V. Vybory ustrojstv dlya ulavlivaniya pyli v zavisimosti ot uslovij ikh funktsionirovaniya / V. V. Il'ichev // Vestnik NGIEHI. – 2014. – №10. – S. 74–81.
3. Kazakov, V. A. Obosnovanie tekhnologicheskoy skhemy i parametrov rotatsionnogo poperechno-potochnogo pyloulovitelya dlya ochistki vozdukha v protsessakh obrabotki zerna i semyan: dis. kand. tekhn. nauk / V. A. Kazakov. – Kirov, 1999. – 155 s.
4. Burykin, A. I. Energoehkonomnaya ehkspluatatsiya oborudovaniya dlya proizvodstva sukhikh molochnykh produktov / A. I. Burykin // Molochnaya promyshlennost'. – 2003. – № 2. – S. 66–70.
5. Konovalov, N. M. Massootdacha v turbulentnykh plenках v usloviyakh vertikal'nogo pryamotochnogo dvizheniya gazo – zhidkostnogo potoka / N. M. Konovalov, N. A. Vojnov, N. A. Nikolaev // Teor. osnovy khim. Tekhnologii. – 1997. – T. 31. – № 1. – S. 1–6.
6. Nechaeva, E. S. Issledovanie osnovnykh kharakteristik rotnogo raspylitel'nogo pyloulovitelya. diss. kand. tekhn. nauk / E. S. Nechaeva. – Kemerovo, 2014. – 149 s.
7. Sugak, E. V. Ochistka gazovykh vybrosov v apparatakh s intensivnymi gidrodinamicheskimi rezhimami / E. V. Sugak, N. A. Vojnov, N. A. Nikolaev. – Kazan'; RITS «SHkola», 1999. – 224 s.
8. Petrov, S. B. Otsenka biologicheskogo dejstviya pyli, vkhodyashhej v sostav atmosferynykh vybrosov medeplavil'nogo proizvodstva / S. B. Petrov, I. V. Sheptunov, P. I. TSapok // Vyatskij meditsinskij vestnik. – 2007. – №4. – S. 140–142.
9. Grushko, A. V. Gigena truda i otsenka riska vozdeystviya proizvodstvennykh faktorov na zdorov'e rabotnikov mukomol'nykh predpriyatij: avtoref. dis. kand. med.nauk / A. V. Grushko. – Volgograd, 2000.
10. CHudakova, O. G. Sposob dlya izmereniya pokazatelyazagryaznennostivozdukhatsekhatozmuchnoj pyli v khlebopekarnom proizvodstve i pribor kontrolya / O. G. CHudakova, A. A. CHizhevskij, O. V. Lavrienko // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – T. 17. – № 13. – S. 296–298.
11. Kalyuzhina, E. A. Ob approksimatsii integral'nykh funktsij dispersnogo sostava pyli v vozduшной srede / E. A. Kalyuzhina, A. I. Kireeva, N. A. Marinin, E. V. Gladkov, YU.S. Mikhajlovskaya // Al'ternativnaya ehnergetika i ehkologiya. – 2013. – № 14. – S. 52–56.
12. Strelyaeva, A. B. O znachimosti dispersnosti sostava pyli v tekhnologicheskikh protsessakh / A. B. Strelyaeva, N. A. Marinin, A. V. Azarov // Internet-Vestnik VOLGGASU. – 2013. – №3. – S. 2–5.

Сведения об авторах:

Новикова Лилия Яннуровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта машин ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11; e-mail: lepricon-85@yandex.ru).

Шмыков Сергей Николаевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта машин ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11).

Широбоков Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта машин ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11).

L. Ya. Novikova, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov
Izhevsk State Agricultural Academy

DUST-AIR MIXTURE PARAMETERS AND THEIR INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF CLEARING AIR WET SCRUBBERS

Results of researches of parameters of dust-air mixture, such as concentration of dust, flow rate, composition of liquid on quality of cleaning with the wet dust collector are given. The wet dust collector is an additional cleaning device as the cyclones used in grain crushers for air purification insufficiently effectively cope with the work. Grain dust is noxious to health the operators working in feed-preparation houses as they inhale it, besides the dust soaring in air is explosive, and the accumulated dust is flammable. Research problems included studying of overall performance of the wet dust collector and influence on it of different parameters of mix of grain dust with air. Researches were conducted on laboratory installation in Izhevsk State Agricultural Academy in 2017. Installation has two steps of cleaning. Each step represents capacity with liquid. Air purification comes from grain dust at blow of the mix moving with a certain speed about the surface of liquid. Speed is reported to a flow in the crushing camera of the crusher. Results of a research showed that increase in concentration of dust in a flow and also its speed positively affected dynamics of cleaning.

Key words: dust, wet dust collector, concentration of dust, flow rate, efficiency.

Authors:

Novikova Lilia Yannurovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associated Professor at the Department of Machine Operation and Repairs, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya st., Izhevsk, Russian Federation, 426069; e-mail: lepricon-85@yandex.ru).

Shmykov Sergey Nikolayevich – Candidate of Economic Sciences, Associated Professor at the Department of Machine Operation and Repairs, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya st., Izhevsk, Russian Federation, 426069).

Shirobokov Vladimir Ivanovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya st., Izhevsk, Russian Federation, 426069).

УДК [544.18+519.6/8] : 661.666–022.532

Н. В. Хохряков, А. М. Иванова
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

КВАНТОВОХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Рассмотрены математические модели металл-углеродных наноконкомпозитов, которые используются в качестве перспективного микроудобрения для предпосевной обработки семян. В качестве геометрической модели наноконкомпозита выбрана система, образованная графитоподобной углеродной оболочкой, взаимодействующей с ионом переходного металла. Расчеты энергий взаимодействия и геометрических параметров модельной системы выполнены методами квантовой химии с использованием различных базисных наборов. Используемая методика ранее была апробирована на расчетах химически подобных систем, для которых доступны экспериментальные данные. Полученные результаты по энергиям взаимодействия полностью соответствуют данным эксперимента. Расчеты энергий взаимодействия графеновых кластеров с ионами переходных металлов показывают, что наиболее интенсивное взаимодействие наблюдается для графена, содержащего семиугольный дефект и пятиугольный дефект при ионе, расположенном снаружи углеродной оболочки. При этом сильнее всего с дефектным графеном взаимодействует ион кобальта. Таким образом, присутствие этого иона при синтезе нанотрубок должно приводить к образованию более дефектных и коротких наночастиц. Далее исследова-

лась возможность гидроксирования нанокomпозитов и взаимодействия полученных систем с водой. Расчеты показывают, что присутствие металла или его дефекта повышают вероятность присоединения ОН-группы к графеновой оболочке. Кроме того, содержание металла усиливает взаимодействие наночастицы с водой. Для нанокomпозита с содержанием никеля энергия взаимодействия с молекулой воды превышает энергию водородной связи в водном димере на 40 %.

Ключевые слова: математическое моделирование, квантовая химия, графен, дефекты, переходные металлы, микроудобрения, водородная связь.

Актуальность. В последние десятилетия расширяется сфера применения графитоподобных углеродных наноструктур и веществ на их основе. Наиболее известными видами углеродных наночастиц являются фуллерены [15], углеродные нанотрубки [14], графен [20]. На начальном периоде в основном обсуждались применения частиц идеальной структуры, не содержащих дефектов. В частности, было обнаружено, что проводимость углеродных нанотрубок критично зависит от их параметров, а их жесткость превосходит аналогичные параметры металлов. Но становится все более очевидным, что наличие дефектов и функциональных групп в идеальной графитоподобной структуре невероятно расширяет спектр возможных применений углеродных наночастиц из-за повышения их химической активности и появления новых особенностей взаимодействия с окружающей средой. В частности, известно, что при добавлении гидроксильных групп молекула фуллерена становится водорастворимой, и появляется возможность ее широкого применения в медицине. При исследованиях свойств новых веществ дефекты создаются в графитовой структуре, например, при ее обстреле ионами. В дальнейшем образованные вакансии заполняют атомами переходных металлов. Полученный в результате нанокomпозит приобретает каталитические свойства и может использоваться в топливных элементах [16]. Одиночные дефекты в идеальной углеродной нанотрубке наблюдаются экспериментально методами сканирующей туннельной микроскопии. Большой практический интерес представляют низкотемпературные методы получения наночастиц в среде, содержащей различные полимеры, а также переходные металлы, их оксиды и соли. Эти сравнительно дешевые методы позволяют синтезировать наноскопические металл-углеродные нанокomпозиты в больших количествах. А это, в свою очередь, открывает дополнительные возможности по их применению. В частности, в строительстве и сельском хозяйстве. Отличительной особенностью продуктов низкотемпературного синтеза является наличие большого количества дефектов и функциональных групп в углеродных оболочках. Это повышает их химическую активность. Известно,

что сверхмалые добавки этих наночастиц в реакционную среду приводит к значительным изменениям свойств продуктов реакции [6, 7, 12].

В аграрной науке исследуется применимость углерод-металл содержащих нанокomпозитов в качестве микроудобрений [18, 19, 21]. В работах [3, 4, 5] проводилась обработка семенного материала микроэлементами, содержащими переходные металлы *Zn*, *Co*, *Cu*, *Ni* в различных формах. В частности, рассматривались ионы переходных металлов в составе растворимых сульфатов и наноскопические частицы металла или его оксида, окруженные углеродной пленкой, полученные методом низкотемпературного синтеза [2, 8, 9]. Исследования показали, что обе формы оказали одинаковое влияние на урожайность овса, повысив ее на 12–25 %. Между тем, учитывая низкую концентрацию металла при использовании микроудобрения в наноформе, эффект от наночастиц должен быть значительно меньше, чем от растворенных ионов в высокой концентрации. Возможные причины такого результата обсуждались в работе [11].

Особенности взаимодействия ионов переходных металлов с графитовой оболочкой представляют интерес и для экологии. Сравнительно недавно появились технологии, связанные с использованием малых кластеров графена в качестве сенсоров тяжелых металлов в жидкостях, а также в фильтрах тонкой очистки.

Таким образом, важно понимание особенностей строения углеродных оболочек и их взаимодействия с переходными металлами и ионами, так как эти факторы определяют возможные приложения нанокomпозитов, их морфологию в зависимости от условий синтеза.

Цель исследования: изучить особенности взаимодействия ионов переходных металлов с графитоподобной углеродной пленкой, возможность функционализации нанокomпозитов и их влияния на полярные среды.

Задачи исследования:

- 1) выбрать и научно обосновать математическую модель металл-углеродного нанокomпозита;
- 2) методами квантовой химии определить энергии взаимодействия и равновесную геометрическую структуру модельных систем;

3) исследовать вероятность гидроксильирования модельных систем и их взаимодействие с молекулой воды.

Методы исследования. В качестве геометрической модели металл-углеродного нанокompозита был взят комплекс, образованный ионом переходного металла и фрагментом дефектной графеновой плоскости. Дефект представлял собой углеродный пятиугольник или семиугольник и размещался в центре графенового кластера. Для сравнения рассматривались кластеры разных размеров. В настоящей работе представлены результаты расчетов для кластеров, в которых дефектный углеродный многоугольник был окружен тремя лентами, образованными углеродными шестиугольниками. На границах графенового кластера оборванные химические связи атомов углерода компенсировались атомами водорода. В качестве ионов переходных металлов рассматривались металлы 4 периода: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu. Системы имели заряд +1. Рассмотренные структуры, оптимизированные по геометрии, для кластеров с ионом ванадия показаны на рис. 1. На первом этапе проводилась оптимизация геометрии комплекса. Затем проводилась оценка энергии взаимодействия между фрагментами с учетом ошибки суперпозиции базисного набора BSSE [23]. Дополнительная оптимизация геометрии изолированных фрагментов не проводилась. Кроме того, не учитывались энергии нулевых колебаний.

Для расчета энергии системы использовался метод функционала плотности с базисом m6-31G [17] и обменно-корреляционного – функционалами B3LYP. Эта модель обеспечила хорошее согласие с экспериментом при расчетах химически подобных эталонных систем [10]. В частности, рассчитанные энергии взаимодействия ионов переходных металлов V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu с бензольным кольцом и энергия свя-

зи ферроцена полностью совпали с экспериментальными данными. Этот результат подтверждает обоснованность выбранной методики расчета, несмотря на то, что базис 6-31G считается малым для систем подобного типа.

Во второй части работы в рамках рассмотренной модели исследовалось взаимодействие гидроксильированных металл-углеродных композитов с водой. При этом металл имитировался двухатомным металлическим кластером, а графеновая оболочка содержала восемь углеродных многоугольников. Для более корректного учета полярных O-H связей и электронных облаков аниона в базис для разложения электронных функций атома кислорода были добавлены диффузные и поляризационные орбитали.

Часть расчетов была выполнена на суперкомпьютере МГУ «Ломоносов» [1] при помощи программного комплекса NWChem [24]. Дополнительно для выполнения завершающих расчетов энергий взаимодействия между фрагментами использовалась программа Firefly [13, 22].

Результаты исследования. В рамках рассмотренной методики были исследованы комплексы, образованные графеном и ионом переходного металла. Рассматривались системы на основе бездефектного графенового листа и системы, содержащие дефектное пятиугольное и семиугольное углеродное кольцо. Оптимизированный по энергии комплекс с ионом V^+ показан на рис. 1. Ион ванадия на рисунке показан белым цветом, атомы углерода – черным, а атомы водорода – белым цветом. На рис. 1а показана система с бездефектным графеновым кластером $C_{96}H_{24}$. Система с семиугольным дефектом (кластер $C_{112}H_{28}$) показана на рис. 1 б. На рис. 1 в показана система с пятиугольным дефектом (кластер $C_{80}H_{20}$), при этом ион металла расположен внутри углеродной оболочки, а такая же система с ионом снаружи оболочки показана на рисунке 1 г.

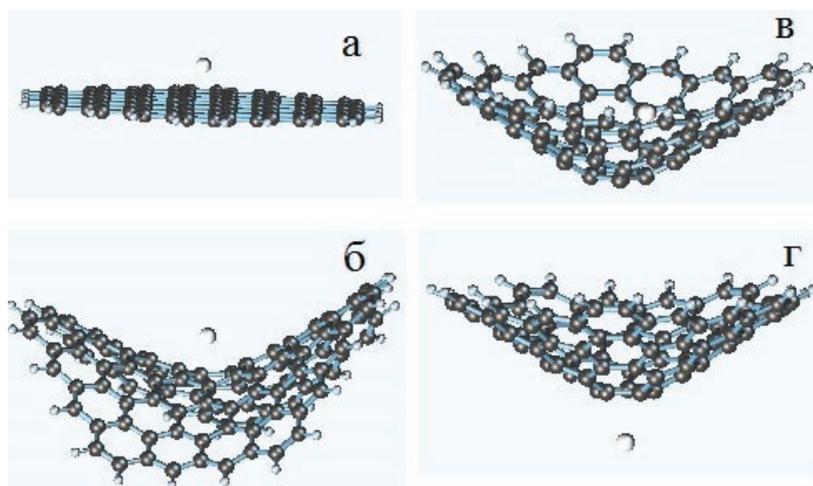


Рисунок 1 – Комплексы, образованные ионом V^+ и дефектными кластерами графена

Хорошо известно, что внедрение дефекта в структуру графенового листа приводит к искажению плоскости. В случае внедрения пятиугольника плоский лист превращается в коническую поверхность, а при внедрении семиугольника получается седло. Результаты расчетов полностью соответствуют этим данным. В таблице 1 приводятся энергии взаимодействия между ионами металла и углеродными оболочками для различных систем. Система, показанная на рисунке 1 в, с ионом внутриуглеродного конуса, в таблице 1 и далее обозначается индексом “in”, а система, показанная на рисунке 1 г с ионом снаружи – индексом “out”.

Таблица 1 – Энергии взаимодействия между ионами переходных металлов и графеновыми кластерами (в кДж/моль)

Ион металла	Графеновый кластер			
	$C_{96}H_{24}$	$[C_{80}H_{20}]_{out}$	$[C_{80}H_{20}]_{in}$	$C_{112}H_{28}$
Co ⁺	222	403	281	407
Cr ⁺	216	254	185	262
Cu ⁺	273	346	218	348
Fe ⁺	327	342	300	386
Mn ⁺	206	242	158	241
Ni ⁺	253	346	248	345
V ⁺	238	270	216	291

Данные таблицы 1 позволяют сделать вывод, что для большинства атомов наиболее слабое взаимодействие наблюдается при помещении иона внутрь конического кластера с пятиугольным дефектом (рис. 1 в). Наиболее сильное взаимодействие наблюдается для углеродных кластеров с семиугольным дефектом (рис. 1 а) и для конических оболочек с металлом снаружи (рис. 1 г). Такой результат можно объяснить избыточным отри-

цательным зарядом снаружи конуса, притягивающим положительный ион металла. Внутри конуса плотность отрицательного заряда быстро убывает при удалении от вершины, а высокая плотность атомов углерода обеспечивает дополнительное отталкивание иона за счёт отталкивания внутренних электронных оболочек. В области несимметричного семиугольного дефекта имеет место большое разнообразие в распределении плотности заряда, и ион металла получает возможность занять наиболее выгодное положение. В случае бездефектного кластера наблюдается слабое взаимодействие с ионом металла, так как графитовая плоскость в этом случае не нарушена и очень стабильна. Эти результаты подтверждаются экспериментальными данными, согласно которым наночастицы металлов притягиваются к дефектным областям нанотрубок.

В работе была также рассмотрена возможность функционализации графеновых оболочек гидроксильными группами и их взаимодействие с молекулами воды. Эта задача представляется актуальной, так как присутствие гидроксильных групп обеспечивает растворимость в воде углерод-металл содержащих нанокмозитов. В качестве геометрической модели в данном случае рассматривались графеновые кластеры уменьшенных размеров, содержащие восемь углеродных многоугольников, а металл был представлен двухатомными кластерами Ni₂ и Cu₂. Рассмотренные системы для случая с атомами меди показаны на рисунке 2. При этом на рисунке 2 а показана система с бездефектным графеном Cu₂C₂₇H₁₃OH, на рис. 2 б – система с семиугольным дефектом Cu₂C₃₁H₁₅OH, на рисунке 2 в – система с пятиугольным дефектом Cu₂C₂₃H₁₁OH. На рисунке 2 атомы углерода показаны шарами черного цвета, атомы водорода – белого, а атомы кислорода и меди подписаны.

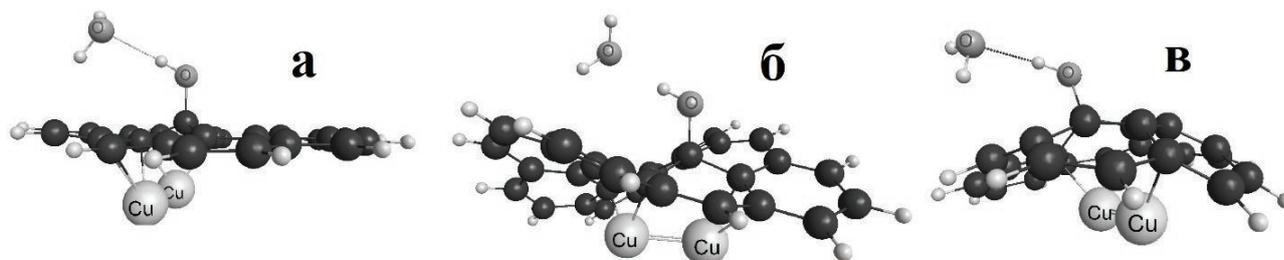


Рисунок 2 – Модельные системы для исследования взаимодействия гидроксильированного нанокмозита с водой

Для сравнения было рассмотрено взаимодействие молекулы воды с аналогичными системами, не содержащими металла, и гидроксифуллереном. Оптимизация и расчеты энергий взаимодействия всех систем были выполнены по описанной выше методике.

Анализ геометрических параметров показывает, что во всех случаях присутствие металла приводит к уменьшению длины С–О связи, образованной ОН-группой с атомом углеродной оболочки. Особенно сильный эффект наблюдается в случае бездефектной углеродной оболочки, что объясняется высокой стабильностью бездефектных графитоподобных систем. Наличие металла приводит к повышению активности углеродной оболочки за счет появления дополнительной электронной плотности и дестабилизации ароматических колец. Аналогичное влияние оказывают и дефекты углеродной сетки. При этом пятиугольный дефект обычно характеризуется избытком электронной плотности, а семиугольный – ее недостатком. Из сравнения двух рассмотренных металлических кластеров следует, что для системы с пятиугольным дефектом влияние меди оказывается сильнее, чем влияние никеля, а для остальных систем наблюдается противоположный эффект. Влияние металла на длину связи О–Н незначительно.

Взаимодействие с молекулой воды приводит к увеличению длины связи О–Н в гидроксильной группе углеродной оболочки и уменьшению длины С–О связи. В присутствии металла во всех случаях уменьшается длина водородной связи, причем кластеры меди приводят к образованию более коротких водородных связей.

В таблице 2 показаны энергии взаимодействия рассмотренных модельных систем с молекулой воды. Для сравнения приводится энергия межмолекулярного взаимодействия в водном димере, рассчитанная в рамках такой же модели.

Таблица 2 – Энергии взаимодействия модельных кластеров с молекулой воды (в кДж/моль)

Комплекс	E_{int}	Комплекс	E_{int}
$C_{23}H_{11}OH \cdot H_2O$	18,12	$C_{31}H_{15}OH \cdot H_2O$	15,08
$Cu_2C_{23}H_{11}OH \cdot H_2O$	26,06	$Cu_2C_{31}H_{15}OH \cdot H_2O$	13,75
$Ni_2C_{23}H_{11}OH \cdot H_2O$	31,56	$Ni_2C_{31}H_{15}OH \cdot H_2O$	16,88
$C_{27}H_{13}OH \cdot H_2O$	11,01	$C_{60}(OH)_2 \cdot H_2O$	21,98
$Cu_2C_{27}H_{13}OH \cdot H_2O$	27,04	$C_{31}H_{15}OH \cdot H_2O$	15,08
$Ni_2C_{27}H_{13}OH \cdot H_2O$	19,65	$H_2O \cdot H_2O$	22,37

Из таблицы 2 следует, что взаимодействие гидроксильированных углеродных оболочек с молекулой воды существенно слабее, чем межмолекулярное взаимодействие в водном димере. Наиболее сильная водородная связь образуется в случае оболочки с пятиугольным дефектом $C_{23}H_{11}OH$. Этот результат коррелирует с минимальной длиной С–О связи в оболочке $C_{23}H_{11}OH$. Таким образом, ослабляется связь водорода в гидроксильной группе, и он обеспечивает образование более прочной водородной связи. Основным выводом из таблицы 2 можно считать значительное усиление водородной связи в системах с металлом. Для комплекса $Cu_2C_{27}H_{13}OH \cdot H_2O$ с бездефектной углеродной оболочкой энергия водородной связи возрастает в 2,5 раза по отношению к аналогичному комплексу без металла. Наибольшая энергия водородной связи получена для комплекса $Ni_2C_{27}H_{13}OH \cdot H_2O$. Эта энергия превышает энергию водородной связи в димере воды более, чем на 40 %.

Рассчитанная энергия водородной связи в водном димере превысила 22 кДж/моль. Экспериментальное значение составляет $14,9 \pm 2$ кДж/моль [8]. Если в рамках используемой расчетной модели учесть энергию нулевых колебаний димера и молекул воды, то энергия водородной связи понижается до 12,57 кДж/моль и становится близкой к экспериментальному значению. При расширении базиса за счет учета поляризационных функций на атомах водорода энергия водородной связи в димере воды снижается на 2 %. Таким образом, данные таблицы 2 позволяют сделать лишь качественные выводы о взаимодействии воды с наноккомпозитами.

Выводы. Ионы металла наиболее сильно взаимодействуют с графеном, содержащим семиугольный дефект, а также снаружи конического кластера – с пятиугольным дефектом. При этом сильнее всего с дефектами взаимодействует ион кобальта, тогда как взаимодействие с бездефектным графеном для этого иона слабое. Таким образом, в процессе синтеза в присутствии этого иона образуются композиты с повышенной дефектностью, меньшей длины. Присутствие металла или дефекта увеличивает вероятность присоединения ОН-группы к графеновой оболочке и усиливает водородную связь гидроксильной группы с молекулой воды. Таким образом, наноккомпозит изменяет структуру водной среды и приводит к изменению свойств материалов, полученных на ее основе. Частицы наноккомпозита способны адсорбировать излишки воды в почве, постепенно возвращая ее в среду при понижении влажности.

Список литературы

1. Воеводин, Вл. В. Практика суперкомпьютера «Ломоносов» / Вл. В. Воеводин, С. А. Жуматий, С. И. Соболев и др. // Открытые системы. – 2012. – № 7. – С. 36–39.
2. Дидик, А. А. Низкотемпературный способ получения углеродных нанотрубок / А. А. Дидик, В. И. Кодолов, А. Ю. Волков и др. // Неорганические материалы. – 2003. – Т. 39. – № 6. – С. 693–697.
3. Кадырова, А. И. Сравнительная реакция сортов овса на предпосевную обработку семян фунгицидами, биопрепаратами и микроудобрениями: монография / А. И. Кадырова, В. Г. Колесникова, И. Ш. Фатыхов. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – 130 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. Кубашева, А. И. Реакция сортов овса на предпосевную обработку семян микроудобрениями в наноразмерной форме / А. И. Кубашева, В. Г. Колесникова, И. Ш. Фатыхов // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: мат. Всеросс. научно-практ. конф., посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2013. – С. 15–20.
6. Липанов, А. М. Влияние малых количеств металл-углеродных нанокомпозитов на свойства полимерных материалов / А. М. Липанов, В. И. Кодолов, М. Я. Мельников и др. // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 466. – № 1. – С. 45–47.
7. Пономарев, А. Н. Нанобетон: концепция и проблемы. Синергизм наноструктурирования цементных вяжущих и армирующей фибры / А. Н. Пономарев // Строительные материалы. – 2007. – №6. – С. 69–71.
8. Тринеева В. В. Применение оксидов металлов для синтеза углеродных металлсодержащих наноструктур / В. В. Тринеева, В. И. Кодолов, В. А. Денисов // Цветные металлы. – 2010. – № 3. – С. 76–78.
9. Тринеева, В. В. Основные способы получения металлуглеродных нанокомпозитов различной морфологии и состава / В. В. Тринеева, В. И. Кодолов, Т. М. Махнева // Нанотехника. – 2013. – №4 (36). – С. 3–8.
10. Хохряков, Н. В. Квантовохимические исследования комплексов переходных металлов с ароматическими углеводородами / Н. В. Хохряков, В. И. Кодолов, В. С. Карпова // Химическая физика и мезоскопия. – 2014. – Том 16. – № 4. – С. 622–626.
11. Хохряков, Н. В. Взаимодействие оксидов переходных металлов с циклопентадиенилом. Расчёты методом функционала плотности / Н. В. Хохряков Н.В. // Вестник Ижевской ГСХА. – 2017. – Том 51. – № 2. – С. 64–70.
12. Яковлев, Г. И. Структурная модификация новообразований в цементной матрице дисперсиями углеродных нанотрубок и нанокремнеземом / Г. И. Яковлев, И. С. Полянских, Г. Н. Первушин и др. // Строительные материалы. – 2016. – № 1–2. – С. 16–20.
13. Granovsky, A. A. Firefly version 8. / A. A. Granovsky. – URL: WWW <http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html>.
14. Iijima, S. Helical microtubules of graphitic carbon / S. Iijima // Nature. – 1991. – Vol. 354. – P. 56–58.
15. Kroto, H. W. C60: Buckminsterfullerene / H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, et. al. // Nature. – 1985. – V. 318. – P. 162–163.
16. Liu, M. Graphene-supported nanoelectrocatalysts for fuel cells: synthesis, properties, and applications / M. Liu, R. Zhang, W. Chen // Chem. Rev. – 2014. – Vol. 114. – P. 5117–5160.
17. Mitin, A. V. An improved 6–31G* basis set for first-row transition metals / A. V. Mitin, J. Baker, P. Pulay // J. Chem. Phys. – 2003. – Vol. 118. – № 17. – P. 7775–7782.
18. Naderi, M. R. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture / M. R. Naderi, A. Danesh-Shahraki // International Journal of Agriculture and Crop Sciences. – 2013. – Vol. 5. – № 19. – P. 2229–2232.
19. Nanotechnologies in Food and Agriculture / Editors: M. Rai, C. Ribeiro, L. Mattoso et al – Springer International Publishing. – 2015. – 347 p.
20. Novoselov, K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films / K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov et al // Science. – 2004. – Vol. 306. – P. 666–669.
21. Rameshaiah, G. N. Nano fertilizers and nano sensors – an attempt for developing smart agriculture / G. N. Rameshaiah, J. Pallavi, S. Shabnam // International Journal of Engineering Research and General Science. – 2015. – Vol. 3. – № 1. – P. 314–320
22. Schmidt, M. W. General atomic and molecular electronic structure system / M. W. Schmidt, K. K. Baldridge, J. A. Boatz et al // J. Comput. Chem. – 1993. – Vol. 14. – № 11. – P. 1347–1363.
23. Simon, S. How does basis set superposition error change the potential surfaces for hydrogen bonded dimers? / S. Simon, M. Duran, J. J. Dannenberg // J. Chem. Phys. – 1996. – Vol. 105. – P. 11024–11031.
24. Valiev, M. NWChem: a comprehensive and scalable open-source solution for large scale molecular simulations / M. Valiev, E. J. Bylaska, N. Govind et al // Comput. Phys. Commun. – 2010. – Vol. 181. – P. 1477–1489.

Spisok literaturey

1. Voevodin, Vl.V. Praktika superkomp'yutera «Lomonosov» / Vl.V. Voevodin, S. A. ZHumatij, S. I. Sobolev i dr. // Otkrytye sistemy. – 2012. – № 7. – S. 36 – 39.
2. Didik, A. A. Nizkotemperaturnyj sposob polucheniya uglerodnykh nanotrubok / A. A. Didik, V. I. Kodolov, A.YU. Volkov i dr. // Neorganicheskie materialy. – 2003. – T. 39. – № 6. – S. 693–697.

3. Kadyrova, A. I. Sravnitel'naya reaktsiya sortov ovsa na predposevnyuyu obrabotku semyan fungitsidami, biopreparatami i mikroudobreniyami: monografiya / A. I. Kadyrova, V. G. Kolesnikova, I.Sh. Fatykhov. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2016. – 130 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. Kubasheva, A. I. Reaktsiya sortov ovsa na predposevnyuyu obrabotku semyan mikroudobreniyami v nanorazmernoj forme / A. I. Kubasheva, V. G. Kolesnikova, I.Sh. Fatykhov // Nauchnoe obespechenie APK. Itogi i perspektivy: mat. Vseross. nauchno-prakt. konf., posvyashhennoj 70-letiyu FGBOU VPO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk, 2013. – S. 15–20.
6. Lipanov, A. M. Vliyanie malyx kolichestv metall-uglerodnykh nanokompozitov na svoystva polimernykh materialov / A. M. Lipanov, V. I. Kodolov, M. Ya. Mel'nikov i dr. // Doklady Akademii nauk. – 2016. – T. 466. – № 1. – S. 45–47.
7. Ponomarev, A. N. Nanobeton: kontseptsiya i problemy. Sinergizm nanostrukturirovaniya tsementnykh vyazhushhikh i armiruyushhej fibry / A. N. Ponomarev // Stroitel'nye materialy. – 2007. – №6. – S. 69–71.
8. Trineeva V. V. Primenenie oksidov metallov dlya sinteza uglerodnykh metallsoedyneniy nanostruktur / V. V. Trineeva, V. I. Kodolov, V. A. Denisov // Tsvetnye metally. – 2010. – № 3. – S. 76–78.
9. Trineeva, V. V. Osnovnye sposoby polucheniya metalluglerodnykh nanokompozitov razlichnoj morfologii i sostava / V. V. Trineeva, V. I. Kodolov, T. M. Makhneva // Nanotekhnika. – 2013. – №4 (36). – S. 3–8.
10. Khokhryakov, N. V. Kvantovokhimicheskie issledovaniya kompleksov perekhodnykh metallov s aromatischeskimi uglevodorodami / N. V. Khokhryakov, V. I. Kodolov, V. S. Karpova // Khimicheskaya fizika i mezoskopiya. – 2014. – T. 16. – № 4. – S. 622–626.
11. Khokhryakov, N. V. Vzaimodejstvie oksidov perekhodnykh metallov s tsiklopentadienilom. Raschyoty metodom funktsionala plotnosti / N. V. Khokhryakov N.V. // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2017. – T. 51. – № 2. – S. 64–70.
12. Yakovlev, G. I. Strukturnaya modifikatsiya novoobrazovaniy v tsementnoj matritse dispersiyami uglerodnykh nanotrubok i nanokremnezemom / G. I. Yakovlev, I. S. Polyanskikh, G. N. Pervushin i dr. // Stroitel'nye materialy. – 2016. – № 1–2. – S. 16–20.
13. Granovsky, A. A. Firefly version 8. / A. A. Granovsky // URL: WWW <http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html>.
14. Iijima, S. Helical microtubules of graphitic carbon / S. Iijima // Nature. – 1991. – Vol. 354. – P. 56–58.
15. Kroto, H. W. C60: Buckminsterfullerene / H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, et. al. // Nature. – 1985. – V. 318. – P. 162–163.
16. Liu, M. Graphene-supported nanoelectrocatalysts for fuel cells: synthesis, properties, and applications / M. Liu, R. Zhang, W. Chen // Chem. Rev. – 2014. – Vol. 114. – P. 5117–5160.
17. Mitin, A. V. An improved 6–31G* basis set for first-row transition metals / A. V. Mitin, J. Baker, P. Pulay // J. Chem. Phys. – 2003. – Vol. 118. – № 17. – P. 7775–7782.
18. Naderi, M. R. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture / M. R. Naderi, A. Danesh-Shahraki // International Journal of Agriculture and Crop Sciences. – 2013. – Vol. 5. – № 19. – P. 2229–2232.
19. Nanotechnologies in Food and Agriculture / Editors: M. Rai, C. Ribeiro, L. Mattoso et al – Springer International Publishing. – 2015. – 347 p.
20. Novoselov, K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films / K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov et al // Science. – 2004. – Vol. 306. – P. 666–669.
21. Rameshaiah, G. N. Nano fertilizers and nano sensors – an attempt for developing smart agriculture / G. N. Rameshaiah, J. Pallavi, S. Shabnam // International Journal of Engineering Research and General Science. – 2015. – Vol. 3. – № 1. – P. 314–320.
22. Schmidt, M. W. General atomic and molecular electronic structure system / M. W. Schmidt, K. K. Baldrige, J. A. Boatz et al // J. Comput. Chem. – 1993. – Vol. 14. – № 11. – P. 1347–1363.
23. Simon, S. How does basis set superposition error change the potential surfaces for hydrogen bonded dimers? / S. Simon, M. Duran, J. J. Dannenberg // J. Chem. Phys. – 1996. – Vol. 105. – P. 11024–11031.
24. Valiev, M. NWChem: a comprehensive and scalable open-source solution for large scale molecular simulations / M. Valiev, E. J. Bylaska, N. Govind et al // Comput. Phys. Commun. – 2010. – Vol. 181. – P. 1477–1489.

Сведения об авторах

Хохряков Николай Владимирович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел. 8(3412)772–724; e-mail: khv70@mail.ru)

Иванова Анна Михайловна – ассистент кафедры высшей математики Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11)

N. V. Khokhriakov, A. M. Ivanova
Izhevsk State Agricultural Academy

INTERACTION OF TRANSITION METALS OXIDES WITH A CYCLOPENTADIENYL. CALCULATIONS BY DENSITY FUNCTIONAL METHOD.

Mathematical models of metal - carbon nanocomposites are considered which are used as a perspective microfertilizer for preseedling processing of seeds. Geometrical model of a nanocomposite is selected which formed by the graphite like carbon shell interacting with an ion of transition metal. Calculations of interaction energies and geometrical parameters of a model system are executed by methods of quantum chemistry with use of various basic sets. The method was approved earlier for calculations of chemically similar systems with available experimental data. The results for interaction energies are completely correspond to experimental data. Calculations of interaction energies between graphene clusters and transition metal ions show that the strongest interaction is observed for graphene sheet containing heptagonal defect and pentagonal defect with the ion located outside of a carbon shell. At the same time interaction is the strongest in the case of complexes of cobalt ion and defective graphene. Thus, presence of this ion during the synthesis of nanotubes should lead to formation of more defective and short nanoparticles. Further the possibility of hydroxylation of nanocomposites and interaction of hydroxylated systems with water were investigated. Calculations show that the presence of metal or structure defect increase the probability of joining of OH group to a graphene shell. Besides, the presence of metal strengthens interaction of a nanoparticle with water. For nickel nanocomposite the interaction energy with a water exceeds by 40 % the hydrogen bond energy in water dimer.

Key words: mathematical modelling, quantum chemistry, graphene, defects, transition metals, microfertilizers, hydrogen bond.

Autors:

Khokhriakov Nikolaj Bladimirovich – Candidate of Physical and Mathematical sciences, Associate Professor of High Mathematics Department Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya Street, Izhevsk, Russian Federation, 426069, tel.: 8 (3412) 77–27–24; e-mail: khv70@mail.ru).

Ivanova Anna Mikhajlovna – assistant of the Department of Higher mathematics Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya Street, Izhevsk, Russian Federation, 426069; tel.: 8 (3412) 77–27–24).

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. К публикации принимаются соответствующие основным научным направлениям журнала статьи, содержащие новые, ранее не опубликованные результаты научных исследований, разработки, готовые к практическому применению, а также материалы, представляющие познавательный интерес.

2. Автор предоставляет редакции журнала «Вестник Ижевской ГСХА» неисключительные права на статью для ее опубликования. Шаблон лицензионного договора размещен на странице журнала в сети Интернет (<http://izhgsha.ru>).

3. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (в т. ч. электронной) в виде компьютерной распечатки с приложением носителя (диск CD-R или CD-RW, USB-носитель) с записанным текстом (в формате Microsoft Word 2003 с расширением файла *.rtf или *.doc) и иллюстрационным материалом.

Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

4. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman. Размер шрифта 14 (для основного текста), 12 – для дополнительного текста (текста таблиц, списка литературы и т. п.). Междустрочный интервал для текста полуторный; режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Формат бумаги А4 (210x297 мм). Поля: сверху, снизу, слева – 2,0 см, справа – 2,5. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 или 1,5 см). Номера страниц ставятся внизу и посередине.

5. Таблицы должны быть созданы в Microsoft Word. Шрифт шапки таблицы – 11 (жирн.), текста таблицы – 12. Междустрочный интервал для таблиц одинарный. Ширина таблицы должна совпадать с границами основного текста, горизонтальные таблицы необходимо поместить в отдельные файлы.

6. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

7. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

8. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

9. Сведения об авторе должны содержать: фамилию, имя, отчество, ученую степень, ученое звание, должность, полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языках); E-mail для каждого автора, корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

10. Название статьи приводится на русском и английском языках.

11. Аннотация приводится на русском и английском языках и повторяет структуру статьи: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования, выводы. Аннотация должна содержать не менее 200 слов.

12. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

13. Статья должна быть подписана всеми авторами.

14. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ 7.1–2003. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. В список литературы желательно включать статьи из периодических источников: научных журналов, материалов конференций, сборников научных трудов и т. п., нельзя ссылаться на неопубликованные работы. Источники (не менее 7) в списке литературы размещаются строго в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы авторов на русском языке, затем на других языках. Все работы одного автора необходимо указывать по возрастанию годов издания. Авторы несут ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы, а также за точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных. Пристатейный список литературы приводится на русском языке.

15. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

16. К статье прилагается рецензия (внешняя), составленная доктором наук по направлению исследований автора (формат jpg). Рецензия должна содержать: полное название статьи; должность автора статьи; его фамилию, имя, отчество; краткое описание проблемы, которой посвящена статья; степень актуальности предоставляемой статьи; наиболее важные аспекты, раскрытые автором в статье; рекомендацию к публикации; сведения о рецензенте (ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя отчество, подпись, гербовая печать). Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.

AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. The author gives non-exclusive rights for the article publication to the editorship of "Vestnik of Izhevsk SAA". A license agreement template is published on the journal website (<http://izhgsha.ru>).

3. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail) in the printed form with an electronic version of the article (Microsoft Word 2003, *.rtf file or *.doc file) on CD-R, CD-RW, Flash drive.

The article should include the following structural parts: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results (supporting data and illustrative material are desirable: tables, drawings), conclusions.

4. The print size type of the text is Times New Roman, font size 14 is for the main part, 12 – for the additional text (tables, literature references etc.). Line spacing is one-and-a-half; justified alignment; automatic hyphenation. The article must be printed on paper with format of A4 (210×297). The sidelines: above, below and left – 2 cm, right – 2.5 cm. The paragraph break must be the same in the whole text (1.27 or 1.5 cm). Page numbers are put in the centre below.

5. Tables must be executed in Microsoft Word. The font of table heading is 11 (bold), table texts – 12; single space. The width of the table must be the same as the main text lines, horizontal tables should be placed in a separate file.

6. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without halftones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

7. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

8. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

9. Information about the author should contain: the surname, first name and patronymic; science degree, academic rank, position, full name of organization – place of work of every author, city and country (in the Russian and English languages); e-mail of every author, correspondent postal address and contact telephone number (may be one for all authors).

10. The title of the article is given in Russian and English.

11. The annotation of the article is given in Russian and English and it should reflect the structure of the article: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results, conclusions. The annotation should contain minimum 200 words.

12. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

13. The article must be signed by all its authors.

14. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST 7.0.1–2003. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. The reference list should include articles from periodicals: peer-reviewed journals, conference proceedings, collection of scientific papers etc., unpublished papers should not be put on the literature reference list.

The reference sources (not less than 7) must be listed in the references in alphabetical order. First the papers of authors are given in Russian, further in other languages. All the papers of one author should be indexed in ascending order of the years of publishing.

The authors are responsible for the correctness of data given in the literature reference list of the article, as well as for the accuracy of citations, facts, statistical information provided in the manuscript. The literature reference list is printed in the Russian language.

15. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

16. The article is enclosed with the review (external) of Doctor of Sciences in the author's research field (format jpg). The review should contain: a full title of the article; a position of the article's author, his/her surname, first name and patronymic; a brief description of the article's problem; a degree of relevance of the article; the most significant issues revealed by the author in the article; a recommendation for the article publication; information about the reviewer (science degree, academic rank, position and place of work, surname, first name and patronymic, signature, official stamp). Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.

